

T

H



Analyse

É



M

A

Commissariat général au développement durable



Les milieux humides et aquatiques continentaux

Mars 2018



sommaire

EFESE

Les milieux humides et aquatiques continentaux

4 – Avant-propos

5 – Messages clés à l'attention des décideurs

9 – Introduction

11 – Les milieux humides et aquatiques continentaux

45 – Etat et tendances d'évolution

79 – Biens et services écosystémiques

171 – Apports aux politiques publiques

185 – Références

199 – Annexes

Document édité par :

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

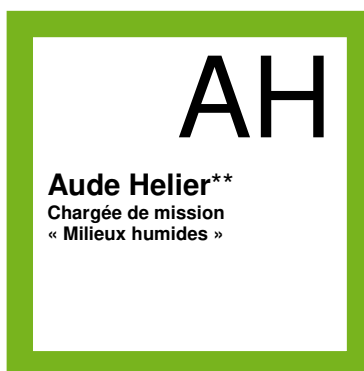
Remerciements :

Aux membres du Conseil scientifique et technique de l'EFESE : **Harold Levrel** (Agroparistech), **Martine Antona**, **Lilian Blanc**, **Bruno Locatelli** (Cirad), **Jerôme Chave**, **Sandra Lavorel**, **Jean-Michel Salles** (CNRS), **Nicolas Viovy** (CEA), **Jean-Pierre Sarthou** (Ensat), **Sébastien Barot** (IRD), **Isabelle Doussan**, **François Lefevre**, **Claude Napoléone**, **Alexia Stokes**, **Muriel Valentin-Morison** (Inra), **Nathalie Bertrand**, **Stéphanie Gaucherand**, **Frédéric Gosselin** (Irstea), **Denis Couvet** (MNHN), **Eric Thiébaud** (Station biologique de Roscoff), **Marc Dufrêne** (Université de Gembloux - Belgique), **Nicolas Dendoncker** (Université de Namur - Belgique).

Aux membres de l'équipe projet de l'EFESE : **Guéhanne Beaufaron***, **William Beyou***, **Enora Bruley***, **Carmen Cantuarias-Villesuzanne**, **Capucine Crosnier***, **Ophélie Darses**, **Patrick Degeorges***, **Christel Fiorina***, **Yann Kervinio**, **Maryvonne Phanharangsi***, **Philippe Puydarrieux***, **Antonin Vergez** (MTES).

(*) poste occupé au moment de leur contribution au rapport

contributeurs



La production de ce rapport a bénéficié de l'appui scientifique de l'Irstea, sous le pilotage de : Philippe Boët et Sylvie Morardet.

Cet appui scientifique s'est articulé autour d'échanges avec plusieurs experts : Christine Argillier, Jeanne Garric, Jérémy Piffady, Philip Roche, Julien Tournebize, Sylvie Vanpeene (Irstea).

La production de ce rapport a bénéficié de plusieurs contributions écrites originales : Bertrand Morandi (CNRS), Stéphanie Gaucherand (Irstea), Carole Sylvie Campagne (Irstea), Carmen Cantuarias-Villesuzanne, Sophie Unanoa* (MTES), Clotilde Sagot, Aude Soureilat (Réseau Lacs sentinelles), Bertrand Sajaloli (Université d'Orléans), Etienne Grésillon (Université Paris Diderot).

La production de ce rapport s'est appuyée sur les réflexions menées dans le cadre d'un groupe de travail ayant réuni les experts suivants : Estelle Chevillard (Agence de l'eau Artois-Picardie), Laurent Vienne (Agence de l'eau Loire-Bretagne), François Chambaud (Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse), Bastien Pellet (Agence de l'eau Seine-Normandie), Blandine Lemerrier (Agrocampus ouest), Floriane Di Franco, Bertrand Dury, Nathalie Galiri (Chambre d'agriculture), Gilbert Miossec (Forum des marais atlantiques), Aurélien Carré, Justine Delangue (Comité français de l'UICN), Patricia Detry, Théo Duquesne* (Cerema), Ghislaine Ferrere, Christian Feuillet, Maude Jolly, Luc Mauchamp, Emmanuel Thiry*, Adèle Veerabadren* (MTES), Monique Dehaut (MAA), Geneviève Barnaud, Guillaume Gayet (MNHN), Jeanne Defoi, Loïc Mangeot, Gaëlle Hiélard (Office de l'eau de la Martinique), Guillaume, Body, Nirmala Seon-Massin (ONCFS), Pascale Mercier (ONF), Julien Gauthey, Caroline Penil, Nicolas Poulet, Yorick Reyjol (Onema / AFB), Denis Berlemont, Florence Thinzilal* (Pôle-relais mares, zones humides intérieures et vallées alluviales), Bastien Coïc (Association Ramsar France), Coralie Beltrame, Laurent Chazée (Tour du Valat).

Les messages clés de ce rapport ont par ailleurs fait l'objet de discussions et d'une validation au sein du Comité national des parties prenantes de l'EFESE.

(*) poste occupé au moment de leur contribution au rapport

(*) poste occupé au CGDD au moment de la rédaction du rapport

avant-propos



éfinis comme les portions du territoire, naturelles ou artificielles, caractérisées par la présence d'eau, les milieux humides et aquatiques continentaux présentent une grande diversité biologique.

Ils fournissent notamment de l'eau, de la nourriture et un abri à un grand nombre d'espèces telles que les amphibiens et les poissons mais également à de nombreux oiseaux, mammifères et insectes.

Ces écosystèmes fournissent également des services aux sociétés humaines, que ce soit pour l'alimentation, les possibilités de loisirs et de tourisme ou la maîtrise des crues, etc.

S'inscrivant dans le cadre l'évaluation française des écosystèmes et des services écosystémiques (EFESE), le présent rapport vise à documenter les principales évolutions récentes et à venir de l'état des milieux humides et aquatiques continentaux, les facteurs à l'origine de leur évolution, et à en traduire les implications en termes de bien être et de soutenabilité. Destinés au gestionnaire public mais également au citoyen, ses résultats fournissent des références nécessaires permettant d'éclairer les décisions concernant ces milieux.

Laurence Monnoyer-Smith

COMMISSAIRE GÉNÉRALE AU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Messages clefs à l'attention des décideurs



Les milieux humides et aquatiques continentaux recouvrent un ensemble très varié de milieux, naturels ou artificiels. Ils sont caractérisés par la présence d'eau, permanente ou temporaire : cours d'eau, étangs, marais, canaux, retenues d'eau, etc. L'eau peut y être stagnante ou courante, douce, salée ou saumâtre.

Situation en France

- 1. À l'heure actuelle, aucun inventaire national ne permet d'évaluer de manière précise et parfaitement exhaustive la surface des milieux humides et aquatiques continentaux sur l'ensemble du territoire français métropolitain et ultramarin¹.** Les travaux cartographiques les plus récents estiment que les milieux potentiellement humides couvrent environ 23 % du territoire métropolitain, soit près de 13 millions d'hectares².
¹ Bien établi et accepté (Chapitre 1)
² Bien établi et accepté (Chapitre 1)
- 2. On estime qu'environ la moitié des zones humides françaises a disparu entre 1960 et 1990³.** Cette disparition est en partie due à l'urbanisation et aux nombreux drainages de terres, dans le but d'améliorer la régularité des productions céréalières, ou encore pour transformer des prairies en grandes cultures⁴. La reconnaissance des différents intérêts que peuvent revêtir ces milieux a permis un ralentissement de cette régression depuis 1990⁵.
³ Bien établi et accepté (Chapitre 4)
⁴ Bien établi et accepté (Chapitre 5)
⁵ Bien établi et accepté (Chapitre 4)

Etat écologique des milieux humides et aquatiques continentaux

- 3. Les milieux humides et aquatiques continentaux présentent une biodiversité d'une grande richesse grâce à leurs habitats essentiels pour un grand nombre d'espèces.** En métropole, ceux-ci abritent plus du tiers des espèces recensées sur le territoire⁶. Au sein des départements ultramarins, ils abritent une biodiversité parfois endémique⁷.
⁶ Bien établi et accepté (Chapitre 4)
⁷ Bien établi et accepté (Chapitre 4)
- 4. Les milieux humides et aquatiques continentaux font partie des écosystèmes les moins bien conservés à l'échelle nationale, ce qui les place au cœur des enjeux de conservation⁸.** Ces milieux abritent en effet près de 45 % des espèces menacées en France métropolitaine⁹. Cette situation peut être nuancée par le fait que les populations d'oiseaux d'eau, en France métropolitaine, sont, de manière générale, dans un bon état de conservation¹⁰.
⁸ Bien établi et accepté (Chapitre 4)
⁹ Bien établi et accepté (Chapitre 4)
¹⁰ Bien établi et accepté (Chapitre 4)
- 5. Dans l'ensemble, moins de la moitié des masses d'eau françaises étaient jugées en bon, ou très bon, état écologique en 2013 au sens de la Directive cadre sur l'eau¹¹.** Ce bilan recouvre des réalités contrastées selon les paramètres considérés¹². Alors que les teneurs en nitrates dans ces milieux sont restées stables et demeurent à des niveaux susceptibles de perturber le fonctionnement de ces milieux depuis le milieu des années 2000¹³, la pollution des cours d'eau par les matières organiques et phosphorées, source de perturbations de l'équilibre biologique, a nettement diminué sur la même période¹⁴.
¹¹ Bien établi et accepté (Chapitre 4)
¹² Bien établi et accepté (Chapitre 4)
¹³ Bien établi et accepté (Chapitres 4 & 5)
¹⁴ Bien établi et accepté (Chapitres 4 & 5)

Pressions et facteurs de changements

6. **Les milieux humides et aquatiques continentaux sont le réceptacle de pollutions anthropiques telles que l'azote, le phosphore, les métaux lourds et les micropolluants organiques (PCB, pesticides, etc.), générées au sein des écosystèmes agricoles et urbains qu'ils transfèrent en partie vers les milieux marins.** Des travaux récents font ainsi état du fait qu'environ 80 % des pollutions marines sont d'origines terrestre et anthropique¹⁵. **Outre la pollution des eaux, la fragmentation et la destruction des habitats apparaissent comme les facteurs de changement ayant le plus fort impact sur les milieux humides et aquatiques continentaux**¹⁶. Ainsi, à l'échelle du territoire, les 80 000 obstacles recensés sur les cours d'eau ont un impact significatif sur la continuité écologique¹⁷. Enfin, le développement d'espèces exotiques envahissantes (ragondin, ambroisie, jussie, moustique tigre, etc.) dont la fréquence d'introduction est en hausse, affecte la biodiversité et impacte la santé et l'économie.
7. **Le développement de certaines cultures très consommatrices en eau (par exemple le maïs irrigué) peut être source de stress hydrique dans certaines régions françaises lors d'épisodes de sécheresse et affecter le fonctionnement des milieux humides et aquatiques continentaux**¹⁸. **Ces situations de stress hydrique s'accroîtront dans les années à venir du fait du changement climatique**¹⁹. Les modélisations récentes sur le sujet estiment en effet que la réduction des précipitations estivales combinée à l'augmentation des températures favorisera les périodes de sécheresse.

¹⁵ Bien établi et accepté (Chapitre 3)

¹⁶ Bien établi et accepté (Chapitre 5)

¹⁷ Bien établi et accepté (Chapitre 5)

¹⁸ Bien établi et accepté (Chapitre 5)

¹⁹ Bien établi et accepté (Chapitre 5)

Biens et services écosystémiques

8. **Les biens prélevés dans les milieux humides et aquatiques continentaux, principalement des poissons, représentent une valeur commerciale de l'ordre de 240 millions d'euros**²⁰. Le prélèvement de poissons réalisé par les professionnels de la pêche est à l'origine d'une activité économique qui génère un chiffre d'affaires supérieur à 10 millions d'euros²¹. À cela s'ajoute la valeur des prélèvements réalisés dans un cadre de loisir et non-commercialisés, qui peut être estimée à près de 105 millions d'euros²². Par ailleurs, la pisciculture continentale donne lieu à la production de biens dont la valeur s'élève à plus de 125 millions d'euros²³. À ces chiffres s'ajoutent des biens qui peuvent revêtir une forte valeur patrimoniale malgré une valeur commerciale plus faible (certains gibiers d'eau, osier, etc.).
9. **Les milieux humides et aquatiques continentaux permettent de réguler la qualité des eaux de surface par leur capacité de rétention de l'azote, du phosphore, des matières en suspension et des micropolluants organiques**²⁴. Ces fonctions revêtent un intérêt économique dans la mesure où elles permettent d'alléger les coûts de traitement et d'épuration des eaux en stations²⁵. Elles permettent également d'améliorer la qualité de l'eau des milieux, avec des conséquences positives en termes sanitaires et de pérennité de certaines activités commerciales (pisciculture, conchyliculture, pêche professionnelle, y compris maritime) et récréatives²⁶. Sur le seul rôle de rétention de l'azote par les rivières, la valeur du service dépasse les 2 milliards d'euros annuels à l'échelle nationale²⁷.
10. **Certains milieux humides et aquatiques continentaux permettent un stockage de l'eau et un ralentissement des écoulements, jouant ainsi un rôle d'atténuation des phénomènes de crues**²⁸. En limitant les impacts potentiels sur les installations humaines situées en aval, ce rôle d'écroulement des crues des milieux humides est à l'origine de bénéfices économiques importants à l'échelle nationale²⁹.

²⁰ Bien établi et accepté (Chapitre 6)

²¹ Bien établi et accepté (Chapitre 6)

²² Bien établi et accepté (Chapitre 6)

²³ Bien établi et accepté (Chapitre 6)

²⁴ Bien établi et accepté (Chapitre 7)

²⁵ Bien établi et accepté (Chapitre 7)

²⁶ Bien établi et accepté (Chapitre 7)

²⁷ Bien établi et accepté (Chapitre 7)

²⁸ Bien établi et accepté (Chapitre 7)

²⁹ Bien établi et accepté (Chapitre 7)

11. **Les milieux humides et aquatiques continentaux sont le support de nombreux sports d'eau douce, qui s'accompagnent de retombées économiques importantes, et parfois d'impacts négatifs sur ces écosystèmes**³⁰. Au niveau national, on dénombre notamment plus de 2,6 millions de pratiquants occasionnels de canoë-kayak et de canyoning et plus de 400 000 licenciés, dont les dépenses dépassent les 150 millions d'euros³¹.
12. **Grâce au plus important réseau d'Europe (8 500 km de voies navigables), la France métropolitaine a développé depuis une trentaine d'années une importante offre de tourisme fluvial** (bateaux-promenade, paquebots fluviaux, péniches-hôtels, locations de bateaux), avec plus de 10 millions d'utilisateurs et un chiffre d'affaires supérieur à 500 millions d'euros chaque année³².
13. **Les milieux humides et aquatiques continentaux accueillent plusieurs autres types d'activités : pédagogiques, observations naturalistes, ressourcement, chasse et pêche de loisir**³³. Seules les dépenses de chasse aux gibiers d'eau et de pêche ont été évaluées. Les chasseurs consentent annuellement à des dépenses de l'ordre de 380 millions d'euros³⁴. **Avec 1,4 million d'adhérents, la pêche de loisir en eau douce constitue une activité de grande valeur**³⁵. Les dépenses des pêcheurs en eau douce sont ainsi comprises, annuellement, entre 0,8 et 1,2 milliard d'euros³⁶.
14. **Au-delà de la dimension utilitaire pour les sociétés humaines de la nature, que transcrit l'évaluation des biens et services écosystémiques, les milieux humides et aquatiques continentaux recouvrent une dimension patrimoniale**³⁷. Celle-ci s'exprime notamment via différents statuts de protection réglementaire (Réseau Natura 2000, Plans nationaux en faveur d'espèces menacées, etc.) et labels (Sites Ramsar, Patrimoine mondial de l'Unesco, etc.)³⁸. Dans le cadre de la convention de Ramsar, la France compte, en 2017, 46 sites de zones humides d'importance internationale³⁹.

³⁰ Bien établi et accepté (Chapitre 8)

³¹ Bien établi et accepté (Chapitre 8)

³² Bien établi et accepté (Chapitre 8)

³³ Bien établi et accepté (Chapitre 8)

³⁴ Bien établi et accepté (Chapitre 8)

³⁵ Bien établi et accepté (Chapitre 8)

³⁶ Bien établi et accepté (Chapitre 8)

³⁷ Bien établi et accepté (Chapitre 9)

³⁸ Bien établi et accepté (Chapitre 9)

³⁹ Bien établi et accepté (Chapitre 9)

Besoins de connaissance

15. **Les suivis et les connaissances existantes demeurent incomplets pour établir un panorama exhaustif chiffré des biens et services écosystémiques produits par les milieux humides et aquatiques continentaux**⁴⁰. L'évaluation de nombreux services de régulation jugés essentiels (régulation de la qualité de l'eau et régulation des débits de crues principalement) et leur cartographie nationale requièrent un effort de recherche et de modélisation conséquent mais indispensable pour une prise en compte dans la décision⁴¹. L'évaluation de plusieurs services culturels nécessite un recueil de données et l'établissement de référentiels⁴². La conduite d'une étude nationale portant sur l'ensemble des services culturels propres aux milieux humides pourrait s'avérer pertinente pour renseigner de manière rapide de premières estimations des valeurs de ces derniers⁴³.

⁴⁰ Bien établi et accepté (Partie 3)

⁴¹ Bien établi et accepté (Chapitre 13)

⁴² Bien établi et accepté (Chapitre 13)

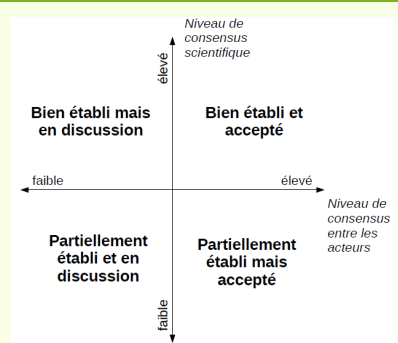
⁴³ Bien établi et accepté (Chapitre 13)

Modalités d'évaluation des messages clefs à l'attention des décideurs

Les messages clefs ont été évalués selon :

- Leur degré de consensus scientifique (élevé ou faible). Cette évaluation a fait l'objet d'une proposition des auteurs puis d'un arbitrage du Conseil scientifique et technique de l'EFESE
- Leur degré de consensus entre les acteurs (élevé ou faible). Cette évaluation a fait l'objet d'un arbitrage du Comité national des parties prenantes de l'EFESE.

Cette double évaluation donne ainsi lieu à quatre formulations :



Introduction

Depuis plusieurs années, le constat alarmant de l'érosion de la biodiversité, s'exprimant via l'extinction d'espèces et la fragmentation des habitats naturels, est reconnu par l'ensemble de la communauté scientifique. Or, la biodiversité réunit le vivant dans toute sa complexité et sa diversité et est également le support direct ou indirect de nombreuses activités humaines et de bénéfices dont nous tirons parti. Sa préservation est donc indispensable car elle participe au bon fonctionnement et à l'équilibre de nos sociétés, de nos systèmes économiques et à la stabilité de notre patrimoine naturel et culturel. Une part importante de ces bénéfices est délivrée par les écosystèmes. On parle alors de services écosystémiques. La reconnaissance de la valeur de notre patrimoine naturel est donc essentielle afin de favoriser les mesures de conservation, voire de restauration si nécessaire.

Le projet, mis en place par le Ministère en charge de l'Environnement, de l'Evaluation française des écosystèmes et des services écosystémiques (EFESE) doit permettre d'évaluer cette contribution des écosystèmes à satisfaire les intérêts des populations humaines en produisant des valeurs caractéristiques des écosystèmes et des services produits. Ce projet doit également permettre de faciliter et d'améliorer la prise en compte à tous les niveaux de l'impact des décisions sur les écosystèmes et la biodiversité. Ce programme doit en outre constituer la réponse de la France à ses engagements européens dans le cadre de la Stratégie européenne pour la biodiversité ainsi qu'à l'atteinte de ses objectifs internationaux vis-à-vis de la Convention pour la diversité biologique (CDB). Il contribue également à la Plateforme intergouvernementale sciences-politiques sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES) et au groupe de travail européen MAES (*Mapping and assessment of ecosystems and their services*).

Le programme EFESE s'étend à tous les écosystèmes terrestres et marins de France métropolitaine et des Outre-mer. Afin de répondre à une évaluation à l'échelle nationale et de conserver une cohérence avec le projet européen MAES, six grands types d'écosystèmes ont été retenus :



La présente étude porte sur les milieux humides et aquatiques continentaux. Définis au sein de l'EFESE comme les portions du territoire, naturelles ou artificielles, caractérisées par la présence d'eau, ces écosystèmes recouvrent un panel très varié de milieux aquatiques et de zones humides (cours d'eau, étangs, marais, canaux, retenues d'eau, etc.) et présentent une grande diversité biologique. Ils fournissent notamment de l'eau, de la nourriture et un abri à un grand nombre d'espèces telles que les amphibiens et les poissons mais également à de nombreux oiseaux, mammifères et insectes. Les milieux humides et aquatiques continentaux fournissent également des services aux sociétés humaines, que ce soit pour l'alimentation, les possibilités de loisirs et de tourisme, la maîtrise des crues, etc.

L'évaluation des milieux humides et aquatiques continentaux réalisée dans le cadre de l'EFESE, et dont le présent rapport restitue les résultats, s'est concentrée sur les milieux dits de surface¹.

Les milieux humides littoraux, au regard de leur lien direct avec la mer et des spécificités que cela engendre, ont été étudiés dans le cadre de l'étude EFESE consacrée aux milieux marins et littoraux. Toutefois, certaines analyses développées dans le présent rapport peuvent également concerner ces types spécifiques de milieux d'interface.

Les données disponibles n'ont pas permis de prendre en compte de manière pleinement satisfaisante plusieurs dimensions de l'évaluation, notamment en ce qui concerne l'Outre-mer. Les priorités de recherche devront donc porter, entre autres, sur ces territoires.

¹ Des travaux d'analyse de la contribution des eaux souterraines à l'expression de l'ensemble des biens et services écosystémiques produits par les milieux humides et aquatiques continentaux sont actuellement conduits par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM). S'inscrivant dans le cadre conceptuel de l'EFESE, de premiers résultats relatifs à ces travaux seront publiés dans le courant de l'année 2018.

Partie 1

Les milieux humides et aquatiques continentaux

Sommaire

12 – Chapitre 1 – Définition, typologie et cartographie

16 – Chapitre 2 – Fonctionnement écologique

26 – Chapitre 3 – Interactions avec les autres grands types d'écosystèmes



Chapitre 1

Définition, typologie et cartographie

DEFINITION DES MILIEUX HUMIDES ET AQUATIQUES CONTINENTAUX

La définition des milieux humides et aquatiques continentaux retenue pour l'EFESE est la suivante : « *Un milieu humide est une portion du territoire, naturelle ou artificielle, caractérisée par la présence d'eau. Un milieu humide peut être ou avoir été (d'après la carte de Cassini²) en eau, inondé ou gorgé d'eau de façon permanente ou temporaire. L'eau peut y être stagnante ou courante, douce, salée ou saumâtre³* » (issue du Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau (Sandre), 2014).

Cette définition met l'accent sur le caractère hydrologique de ces milieux. Elle n'évoque pas la végétation comme critère de délimitation, ce qui permet, conformément aux objectifs de l'EFESE, d'inclure des milieux tels que les rivières ou les lacs en tant que masses d'eau.

Les milieux humides et aquatiques continentaux, tels que définis dans l'EFESE, sont ainsi composés des milieux aquatiques et des zones humides.

D'autres définitions des milieux humides coexistent. Compilées au sein de l'Annexe 3, celles-ci n'étaient pas compatibles avec les objectifs poursuivis par l'EFESE.

À titre d'exemple, la définition des zones humides fournie par l'article L.211-1 du Code de l'Environnement (« *on entend par zone humide les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles* pendant au moins une partie de l'année* ») ne permettait pas de prendre en compte les masses d'eau comme les lacs et les rivières et comprenait une dimension réglementaire non-souhaitable à faire apparaître dans l'EFESE.

La définition de la convention internationale de Ramsar (1971) (« *des étendues de marais, de fagnes*, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres* ») n'a, quant à elle, pas été retenue dans la mesure où elle englobe les récifs coralliens et milieux littoraux, écosystèmes traités, dans l'EFESE, au sein de l'évaluation consacrée aux « milieux marins et littoraux » et non dans celle consacrée aux « milieux humides et aquatiques continentaux ».

TYPLOGIE DES MILIEUX HUMIDES ET AQUATIQUES CONTINENTAUX

Pour répondre aux besoins de l'EFESE, la typologie des milieux humides et aquatiques continentaux retenue devait permettre :

- de relier les services et les habitats ;
- de mieux relier pressions, modes de gestion et gestionnaires concernés ;
- une cartographie des milieux humides à différentes échelles ;
- une utilisation à différentes échelles ;
- d'articuler la perception du public et la réalité juridique / écologique.

La typologie suivante, inspirée de la typologie proposée en 1996 dans les Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (Sdage)⁴ pour la mise en œuvre de la Loi sur l'eau de 1992 (cf. Annexe 4), a ainsi été retenue.

² Première carte topographique et géométrique établie à l'échelle de la France au XVIII^e siècle par l'Académie des sciences.

³ Les termes marqués d'une astérisque sont définis au sein du glossaire du présent rapport.

⁴ Documents d'orientations en matière de gestion de l'eau, établis à l'échelle des 6 grands bassins hydrographiques français.

Figure 1 – Typologie des milieux humides et aquatiques continentaux retenue pour l'EFESE

Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Milieux humides et aquatiques métropolitains et ultramarins	1 – Vallées alluviales	1.1 – Ripisylves 1.2 – Prairies inondables 1.3 – Roselières, Cariçaies 1.4 – Cultures inondables 1.5 – Forêts alluviales
	2 – Hauts de bassins versants	2.1 – Marais d'altitude 2.2 – Tourbières 2.3 – Prairies humides 2.4 – Forêts humides
	3 – Régions d'étangs, lacs et zones humides associées	3.1 – Etangs 3.2 – Bordures d'étangs 3.3 – Lacs 3.4 – Bordures de lacs 3.5 – Prairies inondables 3.6 – Roselières, Cariçaies
	4 – Marais et landes humides de plaines et plateaux	4.1 – Landes humides 4.2 – Prairies tourbeuses 4.3 – Tourbières
	5 – Cours d'eau	5.1 – Torrents 5.2 – Rivières 5.3 – Fleuves et ravines 5.4 – Sources 5.5 – Annexes hydrauliques
	6 – Milieux humides artificiels	6.1 – Etangs 6.2 – Réservoirs, barrages, retenues 6.3 – Carrières en eau 6.4 – Canaux

Des éléments de définition et de caractérisation des différents sous-types de milieux humides et aquatiques continentaux présents au sein de cette typologie sont regroupés en Annexe 5.

CARTOGRAPHIE DES MILIEUX HUMIDES ET AQUATIQUES CONTINENTAUX

Les travaux cartographiques existants

Dans le cadre des Sdage et des Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (Sage)⁵ et à l'initiative de services déconcentrés de l'Etat et de plusieurs établissements publics (Agences de l'Eau et Onema notamment), plusieurs inventaires et cartographies de milieux humides ont été réalisés ces dernières années. Peuvent, par exemple, être cités : 1) un travail cartographique produit par le Service de l'Observation et des Statistiques (SOeS) du Ministère en charge de l'Environnement sur la répartition des zones humides et des surfaces en eau par canton selon Corine Land Cover 2006 ; 2) la carte des zones à dominante humide du bassin Seine-Normandie réalisée pour l'Agence de l'eau Seine-Normandie ; 3) la carte des milieux à composante humide réalisée par le SOeS et le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) (cf. Annexe 6).

L'ensemble des travaux existants a toutefois été réalisé avec des objectifs variables et selon des méthodologies et échelles différentes, ce qui ne permet pas de disposer de données homogènes et d'une cartographie nationale précise de l'ensemble des milieux humides. La nécessité de disposer d'informations spatiales à cette échelle globale avait ainsi été identifiée dans le 2^e plan national d'action pour les zones humides (2010-2012)⁶.

Pour pallier cela, un travail de construction d'une carte de référence à l'échelle nationale des milieux potentiellement humides a été lancé par la Direction Eau et Biodiversité (DEB), avec l'appui de l'Institut

⁵ Déclinaisons plus locales des Sdage.

⁶ Plan national ayant, entre autres, comme objectifs d'améliorer les pratiques sur les zones humides, de développer des outils robustes pour une gestion gagnant-gagnant des zones humides, de répondre de façon plus forte et plus concrète aux engagements de la France quant à la mise en œuvre de la convention de Ramsar.

National de Recherche Agronomique (Inra) et d'AgroCampus Ouest. Le 3^e plan national d'action pour les zones humides (2014-2018) promeut l'utilisation de cette carte, achevée en 2014, en tant qu'outil d'information, notamment dans des domaines tels que la connaissance (projet CarHab⁷), le suivi (Observatoire national des milieux humides⁸) ou encore l'évaluation (EFESE).

Focus sur la carte des milieux potentiellement humides

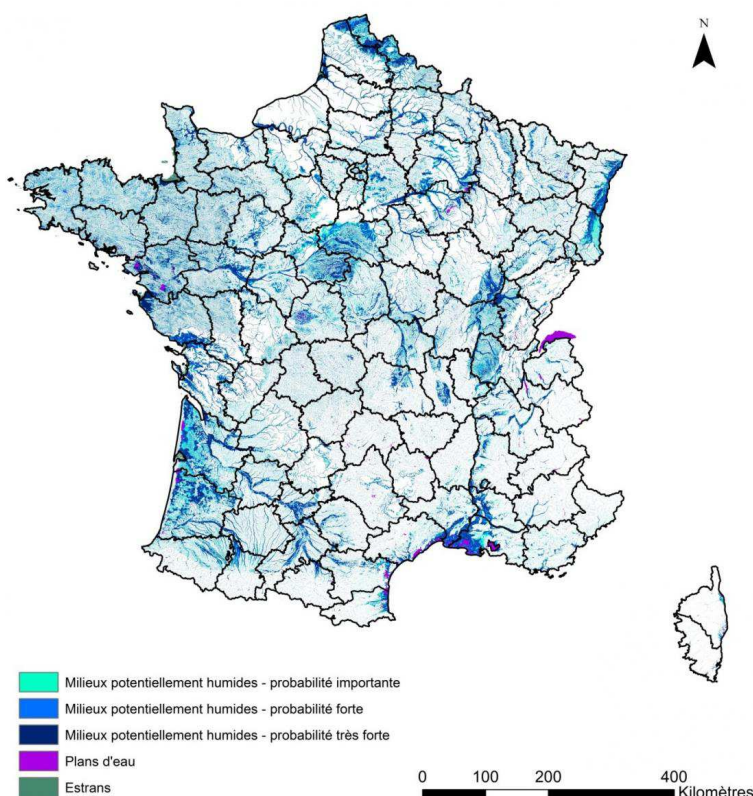
La carte des milieux potentiellement humides (cf. Figure 2) modélise au 1/100 000^e les enveloppes qui, selon les critères géomorphologiques et climatiques, sont susceptibles de comporter des zones humides⁹.

La méthodologie développée pour la construction de cette cartographie ne tient pas compte des aménagements comme le drainage, l'assèchement ou le comblement des milieux humides, ni de l'occupation des sols que ce soit par des cultures ou de l'urbanisation, ni des processus hydrologiques et/ou pédologiques au niveau local qui pourraient limiter le caractère effectivement humide de la zone.

Ce travail cartographique a permis d'identifier 12 987 000 hectares de milieux potentiellement humides en métropole, soit 23,2 % du territoire.

Les enveloppes produites combinent 3 indices qui permettent de caractériser correctement les hauts de bassins versants, les marais côtiers et les grandes vallées fluviales mais sont moins efficaces pour caractériser certains secteurs comme les zones humides de plateau, de pente et de zones karstiques.

Figure 2 – Carte des milieux potentiellement humides (DEB, AgroCampus Ouest et Inra, 2014)



⁷ Projet lancé en 2011 par le Ministère en charge de l'environnement afin de disposer d'une cartographie des végétations naturelles et semi-naturelles du territoire français à l'échelle du 1/25 000^{ème}.

⁸ Intégré à l'Observatoire national de la biodiversité, l'Observatoire national des milieux humides doit permettre d'évaluer, au niveau national, comment évoluent les milieux humides (occupation du sol, pressions subies, services rendus, action publique en leur direction, etc.) à partir d'une batterie d'indicateurs.

⁹ Au sens de l'arrêté du 24 juin 2008 modifié, précisant les critères de définition et de délimitation des zones humides en application des articles L. 214-7-1 et R. 211-108 du code de l'environnement.

Afin de s'assurer de la validité de cette carte par rapport à d'autres données existantes, celle-ci a été comparée avec 5 autres travaux cartographiques :

- la carte des plans d'eau et des zones humides probables de certains départements des Pays-de-Loire ;
- la carte de pré-localisation des zones humides des Vosges ;
- la carte des zones humides prioritaires de l'agence de l'eau Artois-Picardie ;
- la carte des zones à dominante humides d'Alsace ;
- la carte des territoires et corridors humides de Basse-Normandie.

Ces comparaisons ont montré une concordance comprise entre 71,9 % et 84,7 %, soit une assez bonne corrélation. Les raisons des différences constatées sont multiples et proviennent principalement de la méthodologie employée selon les régions. À titre d'exemple, l'Alsace et la Basse-Normandie ont utilisé des données ou des modèles locaux plus fins ; les Pays-de-Loire ont pris en compte uniquement les zones présentant une flore de zone humide ; les Vosges ont ajoutés une « zone-tampon » autour des cours d'eau et l'Agence de l'eau Artois-Picardie a supprimé les zones utilisées en grandes cultures.

D'autres cartes (naturalistes ou d'occupation du sol) de niveau national ont été comparées avec la carte des milieux potentiellement humides :

- Avec la carte Corine Land Cover 2006, il existe une différence de l'ordre de 0,4 %, 51 493 hectares identifiés en zones humides ou surfaces en eau dans Corine Land Cover ne se retrouvant pas dans la couche des milieux potentiellement humides ;
- Le parallèle avec les inventaires de tourbières réalisés par la Fédération des Conservatoires d'Espaces Naturels (FCEN) montre que 50 % de ces tourbières n'apparaissent pas dans la couche des milieux potentiellement humides, probablement à cause de la petite taille des tourbières et de leur emplacement en position de plateau ou en montagne (mal caractérisés par la méthode) ;
- La comparaison avec la carte des milieux à composante humide réalisée par le SOeS et le MNHN de 2009 montre que 24 % des milieux ne se retrouvent pas dans la couche des milieux potentiellement humides. Ce chiffre, qui peut paraître important, s'explique par le fait que les milieux à composante humide sont de larges polygones qui ne contiennent pas uniquement des zones humides.

De manière plus globale, ces différences peuvent également s'expliquer par le fait qu'il n'y a pas de vérification de terrain ni de correction manuelle d'ajustement pour la modélisation au sein de la carte des milieux potentiellement humides. Cette carte se veut être un travail de modélisation national le plus homogène possible. Selon les contextes et de par sa construction, elle peut surestimer ou sous-estimer les surfaces de milieux humides.

Opportunité d'utilisation de la carte des milieux potentiellement humides pour l'EFESE

La carte des milieux potentiellement humides donne une estimation globale nationale ou à l'échelle d'un bassin hydrographique des surfaces en jeu et de leurs caractéristiques. Elle peut donc servir à des fins de pré-localisation, de réalisation de statistiques ou de construction de stratégies d'actions à l'échelle du bassin.

Le croisement avec des données sur l'aménagement du territoire peut permettre de mettre en évidence les différents usages des milieux humides, les enjeux économiques et de conservation de leur gestion afin de définir des politiques publiques valorisant les services rendus par ces milieux.

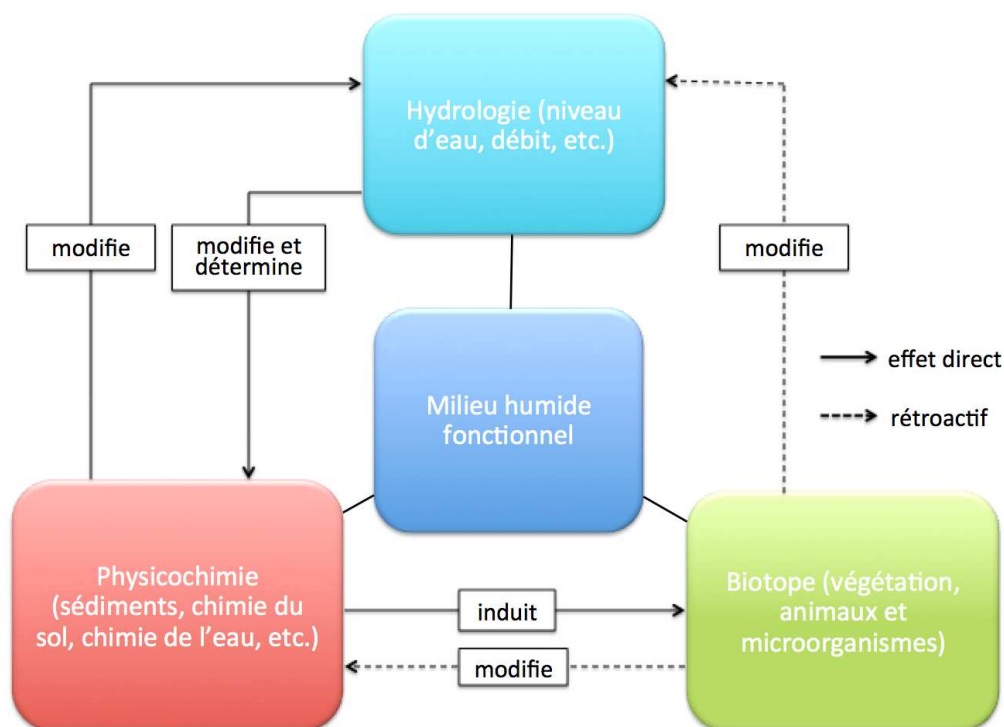
En revanche, cette cartographie n'a pas pour objectif de répondre à des besoins opérationnels ou à des planifications locales comme les Sage ou les Plans Locaux d'Urbanisme (PLU). Il faudra, dans ces cas précis, avoir recours à des cartes établies à une échelle plus fine, comme celle du bassin hydrographique réalisées à partir de relevés de terrain.

Chapitre 2

Fonctionnement écologique

Les conditions hydrologiques sont très importantes pour le maintien des fonctions et de la structure des milieux humides. De nombreux facteurs abiotiques*, déterminants pour le développement de la biodiversité, dépendent de ces conditions, comme l'anaérobiose* des sols ou la disponibilité des nutriments. La biodiversité (facteur biotique) peut, à son tour, augmenter la productivité du milieu à travers différents mécanismes ou modifier l'hydrologie et d'autres caractères physico-chimiques des milieux (cf. Figure 3). Lorsque le fonctionnement hydrologique n'est pas perturbé pendant plusieurs années, une intégrité structurelle et fonctionnelle des milieux humides peut s'installer (Mitsch et Gosselink, 2015).

Figure 3 – Schéma de fonctionnement d'un milieu humide (d'après Mitsch & Gosselink, 2015)



HYDROLOGIE

D'après le schéma représentant les paramètres impactant le fonctionnement d'un milieu humide, l'hydrologie a un impact direct sur la physico-chimie du milieu, en particulier sur la disponibilité en oxygène, en nutriments, sur le pH ou encore sur la toxicité. L'hydrologie assure également le transport des sédiments et des nutriments ainsi que de certains éléments toxiques ce qui influence encore davantage l'environnement physico-chimique. Dans la plupart des systèmes, les apports en eau sont les principales sources de nutriments pour les milieux humides. Le fonctionnement hydrologique des milieux humides dépend du climat, de leur localisation au sein du bassin versant, de leur forme, de leur taille et de l'importance de leurs connexions avec les eaux de surface et souterraines. Les climats froids ayant moins de perte d'eau par évapotranspiration et les climats humides ayant un excès de précipitations, les milieux humides sont présents principalement dans ces deux zones climatiques. Concernant la géomorphologie, les terrains très escarpés ont tendance à former moins de milieux humides que les zones plates ou à faible pente (Mitsch et Gosselink, 2015).

Hydropériode

L'hydropériode est la tendance saisonnière du niveau d'eau pour un milieu humide donné. Elle résulte de la combinaison de plusieurs paramètres que sont l'équilibre entre les entrées et les sorties d'eau (bilan hydrologique), la géomorphologie du bassin versant et le type de sol. Celle-ci peut subir des variations saisonnières ou d'une année à l'autre car, si la présence de l'eau est la norme pour tous les milieux humides, l'hydropériode est caractéristique d'un type de milieu (on parle de signature hydrologique du milieu) (Cowardin et al., 1979). Par exemple, le niveau d'eau d'une prairie humide alimentée principalement par les précipitations variera chaque année en fonction du climat (humide ou sec) alors que d'autres milieux humides alimentés au contraire par des eaux souterraines auront des niveaux d'eau moins variables au cours des saisons. L'hydropériode des rivières de grande taille dépend quant à elle des précipitations à l'échelle du bassin versant et non pas des précipitations locales ce qui la rend plus prévisible et distincte selon les saisons. La détermination de l'hydropériode, de l'équilibre hydrique et du temps de renouvellement des milieux humides peut permettre de mieux comprendre les fonctions qui dépendent de l'hydrologie des milieux : la production primaire, la composition des sols, les cycles de nutriments et les habitats dont dépend la diversité spécifique.

Bilan hydrologique

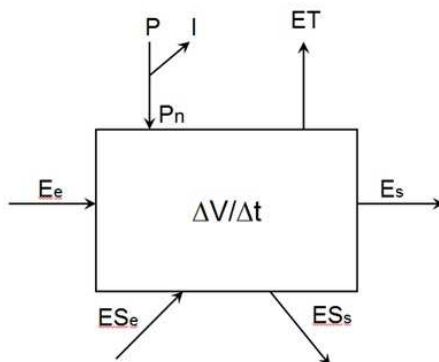
Les principaux paramètres du bilan hydrologique sont les précipitations, l'évapotranspiration, les entrées et les sorties d'eau de surface et les flux d'eau souterraine (cf. Figure 4). Ces paramètres sont d'importance variable selon le type de milieu et tous ne s'appliquent pas forcément à tous les milieux. Il y a en particulier une grande variabilité pour certains flux comme les entrées et les sorties d'eau en surface, en fonction de l'ouverture des milieux.

Figure 4 – Principaux paramètres du bilan hydrique dans les milieux humides (Mitsch et Gosselink, 2015)

Paramètre	Comportement	Milieux humides concernés
Précipitation	Varie avec le climat et dépend des saisons (humide ou sèche)	Tous
Entrée et sortie d'eau de surface	Varie selon les saisons, souvent identifiées avec les précipitations ou le dégel du printemps. Peut se trouver sous une forme canalisée comme l'écoulement fluvial ou non canalisée comme le ruissellement	Potentiellement tous les milieux humides excepté certaines tourbières
Eaux souterraines	Moins saisonnières que les flux de surface, et pas toujours présentes dans le milieu	Potentiellement tous les milieux humides excepté ceux situés en haute altitude
Évapotranspiration*	Saisonnière avec des pics en été et plus faible en hiver. Dépend des conditions météorologiques, physiques et biologiques dans le milieu	Tous sous condition de présence de végétaux

La condition la plus importante pour définir le bilan hydrologique d'un milieu humide est sa capacité à stocker de l'eau. Le schéma ci-dessous illustre les entrées et sorties d'eau pouvant exister dans un milieu humide.

Figure 5 – Bilan hydrologique général pour un milieu humide



P = précipitations; I = interception; Pn = précipitations nettes; ET = évapotranspiration; Ee = entrée d'eau de surface; Es = sortie d'eau de surface; ESs = entrée d'eau souterraine; ESs = sortie d'eau souterraine ; $\Delta V/\Delta t$ = variation du stockage d'eau par unité de temps. L'unité de l'ensemble des variables est en m^3/an . Dans certaines situations les valeurs Ee, Es, ESs peuvent être égales à zéro.

Il est également important de définir le temps de résidence de l'eau dans le milieu humide car les propriétés chimiques et biotiques sont souvent déterminées par l'ouverture du milieu et le taux de renouvellement en est un indicateur car il détermine à quelle vitesse l'eau se renouvelle dans le milieu. Ce taux de renouvellement est égal au taux de flux total divisé par le volume moyen du stock d'eau dans le milieu. La réciproque de ce taux de renouvellement donne le temps de résidence qui est une mesure du temps moyen pendant lequel l'eau reste dans le milieu. Mais cette valeur théorique estime souvent un temps de séjour plus long que la réalité (Mitsch et Gosselink, 2015).

Précipitations

Le terme précipitation englobe les précipitations et les chutes de neige. Celles-ci peuvent être en partie retenues par la végétation, on parle alors d'interception. Cette interception dépend de plusieurs facteurs, tels que la quantité totale de précipitation, l'intensité de la précipitation et les caractéristiques de la végétation notamment son stade de développement et le type de végétation (arbres, arbustes, macrophytes*, etc.). Dans une forêt riveraine, par exemple, le pourcentage d'interception varie entre 8 et 35 % (Cosandey, 2003). La localisation du milieu est importante car cela conditionne le volume, la durée et la fréquence des précipitations qui l'alimentent. Mais quelle que soit la région, les plateaux, les collines et les massifs montagneux sont plus souvent soumis aux précipitations que les milieux en dépression (Veyret, 2003).

Entrée et sortie d'eau de surface

Les milieux humides peuvent recevoir des eaux de surfaces situées en amont ou bien des ruisseaux peuvent provenir des milieux humides pour alimenter les systèmes situés en aval. Ces zones sont souvent importantes pour la régulation du débit d'eau des rivières en aval et certaines ont des sorties d'eau de surface uniquement lorsque leur niveau d'eau dépasse un niveau critique. Les milieux humides sont soumis à plusieurs types d'entrées d'eau de surface, par exemple, par le ruissellement, qui est un écoulement non canalisé et qui se produit habituellement pendant et immédiatement après des précipitations ou un dégel. L'importance de ces apports diffus dépend du volume, de la durée et de l'intensité des pluies sur le versant mais également du mode d'occupation des sols, de leur état de surface et de leur niveau de saturation (Barnaud, 2007). Un milieu humide peut aussi être influencé par un bassin de drainage et donc recevoir cette fois-ci un écoulement canalisé pendant la majeure partie ou la totalité de l'année. Un cas particulier de l'écoulement de surface se produit dans les milieux humides qui se trouvent dans les plaines inondables en bordure de rivières ou de cours d'eau et qui sont parfois inondées par ceux-ci. L'inondation de ces milieux humides varie en intensité, en durée et en nombre d'une année sur l'autre (Mitsch et Gosselink, 2015).

Eaux souterraines

Les eaux souterraines peuvent fortement influencer certains milieux humides et ne pas avoir d'effet du tout sur d'autres. L'influence des milieux humides sur la réalimentation et le déversement de ressources dans les eaux souterraines est souvent citée comme l'un des services les plus importants des milieux humides mais ce n'est pas valable pour tous les types de milieux (Golet et al., 1993).

Évapotranspiration

La quantité totale d'eau transférée à partir du sol vers l'atmosphère (évaporation) ajoutée à celle émise par les plantes à travers les stomates (transpiration) est appelée évapotranspiration. Le taux d'évapotranspiration est proportionnel à la différence de pression entre la vapeur à la surface du sol ou de la feuille et la vapeur d'eau atmosphérique environnante. Les facteurs météorologiques influençant l'évaporation et la transpiration sont identiques à condition qu'il y ait suffisamment d'humidité ce qui est le cas dans la plupart des milieux humides. Le rayonnement solaire ou la température peuvent ainsi augmenter la pression de vapeur surfacique alors qu'une diminution du taux d'humidité ou une augmentation de la vitesse du vent vont diminuer la pression de vapeur atmosphérique. Même si cela est rare dans un milieu humide, un stress hydrique limitera également le phénomène d'évapotranspiration. Les plantes peuvent également fermer leurs stomates à la surface des feuilles pendant une période de stress, par exemple d'anoxie, malgré un taux d'humidité satisfaisant et ainsi limiter physiologiquement la transpiration. De plus, le couvert végétal, de par sa structure aérienne et son effet d'ombrage, offre une certaine résistance au transfert de la vapeur d'eau vers l'atmosphère (Guyot, 1997).

SOLS

Les sols qui composent les milieux humides sont anaérobies dans leur partie supérieure car ils se sont en général formés dans des conditions de saturation hydrique ou d'inondation. L'engorgement des sols rend ceux-ci plus sensibles au tassement bien que cela dépende également de la texture du sol car les sols sableux se tasseront moins que les sols limoneux ou argileux qui sont naturellement très compacts. Compacté, le sol sera plus dense, moins poreux. Cette situation limite la croissance des racines, provoque une stagnation de l'eau dans les couches supérieures, provoque une carence en oxygène pour les racines et favorise donc les réactions d'oxydoréduction. Ces sols peuvent être d'origine organique ou minérale et plusieurs transformations chimiques ou biologiques ont lieu à partir de ces réactions d'oxydoréduction. La nature des sols conditionne la fonction de décomposition dans les milieux humides.

Les sols des milieux humides peuvent être de deux types : minéraux ou organiques. La fraction solide de la terre fine comprend généralement 2 à 5 % de matière organique et 95 à 98 % de matière minérale sauf dans certaines situations (milieux tourbeux, etc.) où la fraction organique peut être très importante et dépasser 35 %. La fraction minérale d'un sol est constituée de la terre fine du sol dont on a éliminé les cailloux et graviers de plus de 2 mm. Elle est constituée de sable, de limon et d'argile dont on peut connaître les proportions respectives grâce à l'analyse granulométrique, qui les classe selon leur taille. Cette fraction minérale permet de déterminer le comportement physique du sol. La matière organique du sol est la fraction comprenant les constituants issus, pour l'essentiel, de la transformation des résidus végétaux du sol, des résidus animaux et des corps microbiens. Le figure ci-dessous présente les différences de propriétés physico-chimiques entre ces deux types de sols.

Figure 6 – Comparaison des caractéristiques physico-chimiques des sols minéraux et organiques (Mitsch et Gosselink, 2015)

Propriétés physico-chimiques	Sol minéral	Sol organique
Teneur en matière organique	Moins de 35 %	Plus de 35 %
Teneur en carbone	Moins de 20 %	Plus de 20 %
pH	Entre 6,5 et 7,5 (neutre)	Inférieur à 6 (acide)
Densité	Elevée	Faible
Porosité	Faible (45-55 %)	Elevée (80 %)
Conductivité	Elevée (hormis les argiles)	Faible à élevée
Capacité de rétention d'eau*	Faible (hormis les argiles)	Elevée
Disponibilité des nutriments	Généralement élevée	Souvent faible
Capacité d'échange cationique	Faible	Elevée

* La quantité totale d'eau retenue dépend essentiellement de la texture du sol et de sa profondeur. Les sols argileux présentent par exemple une capacité au champ importante.

Réactions d'oxydoréduction

Tous les sols, qu'ils soient organiques ou minéraux, contiennent de l'eau et de l'air. Lorsqu'ils sont engorgés pendant de longues périodes, l'eau sature la porosité du sol et induit des conditions anaérobies. Lorsque ceci se produit, la vitesse de diffusion de l'oxygène à travers le sol est considérablement réduite. La vitesse d'appauvrissement de l'oxygène dans les sols dépend de la température ambiante, de la disponibilité en substrats organiques (pour la respiration microbienne), et parfois de la demande en oxygène de réducteurs tel que l'ion ferreux (Fe^{2+}). Le manque d'oxygène résultant de cet appauvrissement empêche les plantes de respirer par les racines en condition d'aérobie et affecte fortement la disponibilité des éléments nutritifs nécessaires aux plantes et des matières toxiques du sol. Ce phénomène se passe dans les 50 premiers centimètres de la couche de sol qui est oxydée au niveau de l'interface eau-sol. Cette fine couche oxydée a souvent un rôle important dans les transformations chimiques et les cycles des éléments nutritifs. Cependant, les traces d'hydromorphie (traces d'oxydoréductions) ne renseignent pas systématiquement sur la fonctionnalité du milieu humide. Certaines traces peuvent être fossiles et présentent alors une morphologie particulière avec des contours nets au contraire des traces d'hydrologie active dont les contours

sont diffus. Par ailleurs, certains milieux humides peuvent, ne pas présenter de traces d'oxydoréductions sur des sols de matériau contenant très peu de fer, de matériaux contenant du fer sous forme peu mobile (sols très calcaires, sols très argileux ou très organiques), de matériaux ennoyés dans une nappe circulante bien oxygénée (sols alluviaux). (Mitsch et Gosselink, 2015).

Sols minéraux

Les sols minéraux, engorgés pendant de longues périodes, développent certaines caractéristiques permettant leur identification. On parle généralement de fluvisols. Ces caractéristiques sont définies par la réduction, la translocation et/ou l'oxydation du fer et des oxydes de manganèses (Vepraskas, 1995) qui dépendent de procédés microbiologiques. La vitesse à laquelle sont formés ces sols dépend de trois conditions devant toutes être présentes : condition anaérobie soutenue, température suffisante du sol (> 5°C (Rabenhorst, 2005)) et présence de matière organique (substrat pour l'activité microbienne). La plupart des sols qui sont engorgés en semi-permanence ou en permanence sont de couleur noir, gris, ou parfois verdâtre ou bleu-grisâtre, résultat du processus de gleyification* qui provient de la réduction chimique du fer. La présence d'une rhizosphère* oxydée est également une caractéristique des sols minéraux de milieux humides. Cette acidité résulte de la capacité de nombreuses plantes hydrophytes* à transporter de l'oxygène à travers leurs tiges jusqu'aux racines. Lorsqu'il y a un excès d'oxygène (au-delà des besoins métaboliques des racines), il est diffusé à la matrice du sol environnant, ce qui forme des dépôts de fer oxydé le long de ces racines (Mitsch et Gosselink, 2015).

Sols organiques

Ils sont principalement composés de restes de plantes à divers stades de décomposition et s'accumulent dans les milieux humides en raison des conditions d'anaérobie créées par l'eau stagnante. Les deux caractéristiques les plus importantes pour un sol organique sont l'origine botanique de la matière organique et le taux de décomposition de celle-ci. L'indicateur du degré d'évolution de la décomposition de la matière organique est le rapport C/N. Plus ce rapport est élevé plus la matière organique du sol se décompose lentement et plus l'humus obtenu est stable. Un sol minéral a ainsi un C/N plus faible qu'un sol organique.

L'origine botanique de la matière organique peut être les mousses, les herbes, le bois ou les feuilles mortes selon l'emplacement et le type du milieu humide. Par un processus de décomposition qui est souvent très lent en condition inondée, la plante d'origine est modifiée physiquement et chimiquement jusqu'à ce que le produit de cette décomposition ressemble peu au matériau d'origine. Lorsque les débris végétaux se décomposent, la densité augmente, la conductivité diminue et le matériau est de plus en plus fragmenté, les détritiques peuvent alors perdre une grande quantité de ses composés organiques par lessivage. Ces composés organiques sont très solubles et peuvent être facilement métabolisés dans les milieux humides adjacents (Mitsch et Gosselink, 2015).

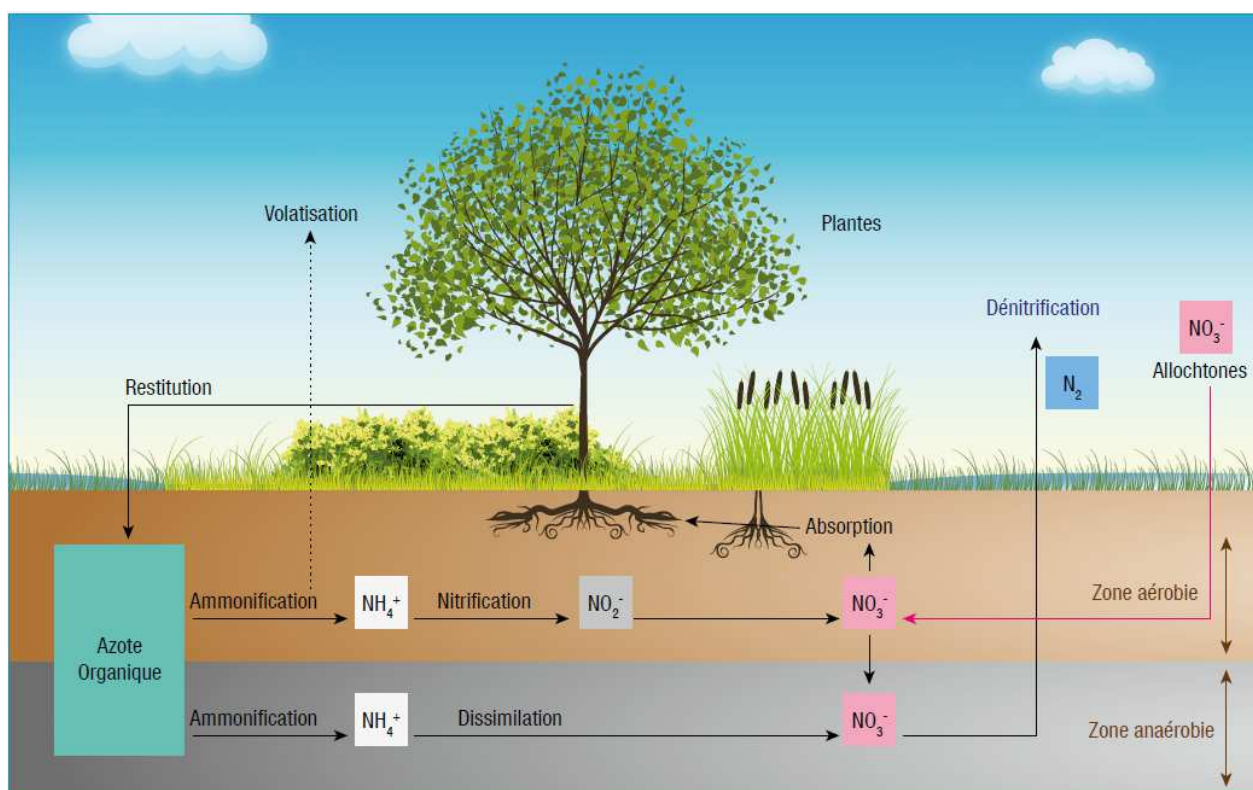
CYCLES BIOGEOCHIMIQUES

Les caractéristiques biochimiques des milieux humides résultent d'une combinaison de la transformation de molécules chimiques et du transport de celles-ci à travers différents compartiments du milieu. De nombreuses transformations de l'azote, du soufre, du fer, du manganèse, du carbone, du phosphore et d'autres produits chimiques se produisent dans les milieux humides du fait des conditions aérobies et anaérobies qui y sont présentes simultanément. Ces transformations permettent d'assurer certaines fonctions, telles que la sédimentation, la dénitrification ou encore la séquestration du carbone. Beaucoup de transformations ayant lieu dans les milieux humides, en particulier les cycles de l'azote, de soufre et de carbone, sont dépendantes des populations microbiennes qui sont adaptées à l'environnement anaérobie des milieux humides, tandis que d'autres processus, tels que ceux du cycle du phosphore, sont chimiques et physiques. Les différentes conditions hydrologiques et les deux types de sol des milieux humides influencent fortement les processus biogéochimiques. Ces processus entraînent non seulement des changements dans les formes chimiques des éléments, mais aussi dans le mouvement spatial, par échange entre l'eau et les sédiments ou absorption par les plantes. Ces processus sont donc déterminants pour la productivité globale des milieux humides. Un écosystème est considéré comme ouvert lorsqu'il y a un échange abondant de matériaux avec son environnement. Quand il y a peu de mouvement à travers la frontière de l'écosystème, il est fermé. Les milieux humides peuvent se trouver dans l'une ou l'autre catégorie. Par exemple, les

ripisylves échangent des minéraux avec leur environnement à travers la rivière. Au contraire, les tourbières ont généralement de faibles échanges de matière avec leur environnement, sauf par les précipitations et les gaz qui passent dans ou hors de l'écosystème. Les milieux humides peuvent être des sources, des puits ou des lieux de transformation d'éléments chimiques ou de nutriments selon leur type, leurs conditions hydrologiques et leur durée d'exposition à des éléments chimiques. Lorsque le milieu est un puits pour certains produits chimiques, la viabilité de cette situation à long terme dépend des conditions hydrologiques et géomorphologiques, de la répartition spatiale et temporelle des composés chimiques et du stade de développement de l'écosystème. Après un certain nombre d'années le milieu peut se trouver saturé par certains éléments chimiques, en particulier si les flux d'entrée sont élevés, et ainsi devenir des sources ou des transformateurs des composés chimiques (Mitsch et Gosselink, 2015).

Cycle de l'azote

Figure 7 – Schéma du cycle de l'azote en milieu humide (UICN, 2015)



Le cycle de l'azote est l'un des plus importants dans les milieux humides (cf. Figure 7). L'azote peut être présent sous différents états d'oxydation dont plusieurs sont importants pour la biogéochimie de ces milieux. Dans des sols engorgés pendant de longues périodes, l'azote est souvent le nutriment le plus limitant même dans des zones agricoles comme les rizières. L'azote est principalement perdu par ces milieux sous forme gazeuse à cause de la dénitrification microbienne qui a lieu en raison de la présence de conditions anoxiques. Lorsque le milieu est appauvri en oxygène, les nitrates sont les principaux accepteurs d'électrons dans les sols, ce qui fait de l'azote un produit chimique important dans l'oxydation de la matière organique présente dans le sol des milieux humides. Plusieurs procédés microbiologiques sont impliqués dans la transformation de l'azote dont certains le rendent moins disponibles pour son absorption par les plantes. Dans les sols les plus inondés, l'ion ammonium (NH_4^+) est la forme la plus courante d'azote minéralisée mais l'azote peut également se trouver sous forme organique dans des sols riches en matière organique. La présence d'une zone oxydée et d'une zone réduite dans un même sol est essentielle pour plusieurs étapes du cycle de l'azote (Mitsch et Gosselink, 2015).

Cycle du carbone

La photosynthèse et la respiration aérobie des microorganismes sont des processus dominants lorsque l'oxygène n'est pas limitant. La dégradation de la matière organique par la respiration aérobie est assez efficace en termes de transfert d'énergie. Toutefois, en raison de la nature anoxique des milieux humides, des processus anaérobies, moins efficaces en termes de transfert d'énergie, se produisent à proximité de procédés aérobies. Deux des principaux procédés anaérobies dans les milieux humides sont la fermentation et la méthanisation (Mitsch et Gosselink, 2015).

Cycle du phosphore

Le phosphore est limitant dans les milieux humides de type tourbières et marais d'eau douce. Dans les autres types de milieux humides, le phosphore sous forme minérale est un élément important mais n'est pas considéré comme limitant en raison de son abondance relative et de sa stabilité biochimique. Les milieux humides naturels et artificiels sont importants pour la rétention du phosphore notamment ceux concernés par la pollution diffuse ou le rejet des eaux usées. Dans les sols des milieux humides, organiques ou minéraux, le phosphore se présente sous la forme de complexe soluble ou insoluble. Le phosphore a plutôt un cycle sédimentaire contrairement à l'azote, au soufre et au carbone qui ont des cycles plutôt gazeux. En effet, une proportion majeure de phosphore est retenue dans la litière organique et la tourbe ainsi que dans les sédiments inorganiques. Le phosphore est rendu relativement indisponible pour les plantes et les microorganismes par :

- La précipitation de phosphates insolubles avec le fer, le calcium, l'aluminium dans des conditions aérobies ;
- L'adsorption du phosphate sur des particules d'argile par l'intermédiaire d'un pont calcique, la tourbe organique et les hydroxydes et oxydes de fer et d'aluminium ;
- La fixation du phosphore dans la matière organique à la suite de son incorporation dans la biomasse* vivante des bactéries, algues et macrophytes (Mitsch et Gosselink, 2015).

Chimie de l'eau

Les flux d'entrée d'éléments chimiques dans les milieux humides peuvent se produire par les voies géologiques, biologiques et/ou hydrologiques. L'entrée issue de l'altération géologique de la roche mère est un phénomène mal compris mais qui peut être important pour certains milieux humides. Les entrées biologiques comprennent l'absorption du carbone par photosynthèse et la fixation de l'azote par les végétaux et le transport de matériaux biotiques par les animaux. Les intrants élémentaires pour les milieux humides sont généralement dominés par les apports hydrologiques hormis lors des échanges gazeux comme la fixation de l'azote ou l'absorption du carbone. Lorsque les précipitations atteignent le sol dans un bassin versant, elles s'infiltrent à travers des horizons du sol, retournent dans l'atmosphère par évapotranspiration ou ruissellent à la surface des sols. Lorsqu'une quantité suffisante d'eaux de ruissellement se rassemble en écoulement canalisé, parfois combiné avec les eaux d'écoulement souterraines, la teneur en minéraux est différente de celle des précipitations d'origine. La variabilité des concentrations des éléments chimiques dans les eaux de ruissellement et de l'écoulement fluvial dépend de cinq facteurs : l'influence des eaux souterraines, le climat, la géographie, le débit et l'influence anthropique (Mitsch et Gosselink, 2015).

Cycle des nutriments

Une description quantitative des entrées, des sorties, et le cycle interne de matière dans un écosystème est appelé un bilan de masse. Pour les milieux humides, les entrées de nutriments ou d'éléments chimiques passent principalement par des voies hydrologiques, telles que les précipitations, les eaux de surface ou les eaux souterraines. Les voies biotiques concernent le carbone avec la fixation par photosynthèse et l'azote avec la fixation par les végétaux également. Les sorties (ou pertes) hydrologiques se font à la fois par les eaux de surface et les eaux souterraines sauf lorsque le milieu est un bassin isolé qui n'a pas de sortie comme une tourbière. Le stockage à long terme des éléments chimiques dans les sédiments est également considéré comme une sortie bien que la différence de profondeur entre le cycle interne et un enfouissement permanent est incertaine. La profondeur des éléments chimiques disponibles est déterminée par la zone racinaire de la végétation du milieu. Les sorties par voie biotique dans l'atmosphère concernent le cycle de

l'azote (dénitrification) et le cycle du carbone (partie respiratoire de CO₂). Les autres types de pertes dans l'atmosphère telles que la volatilisation de l'ammoniac, du méthane ou du soufre peuvent être des voies potentiellement importantes pour les milieux humides isolés ainsi que pour le cycle global des minéraux. Le cycle interne du système implique des échanges entre les différents réservoirs d'éléments chimiques dans un milieu. Ce cycle comprend également des voies annexes telles que la production de déchets, la reminéralisation et diverses transformations chimiques. La translocation des éléments nutritifs à travers les tiges et les feuilles à partir des racines est un autre processus important du mouvement physique des éléments chimiques au sein d'un milieu humide. (Nixon et Lee, 1986). Malgré la différence qui peut exister entre des bilans de masse de différents types de milieux humides, quatre grandes idées ressortent généralement (Mitsch et Gosselink, 2015) :

- Les fluctuations saisonnières de l'absorption des nutriments et la libération sont caractéristiques de nombreux milieux humides. Dans les climats tempérés, la rétention de certains éléments chimiques, tels que les nutriments, est plus grande pendant la saison de croissance, principalement en raison de l'activité microbienne plus élevée dans la colonne d'eau et les sédiments et secondairement en raison d'une plus grande productivité des macrophytes. Par exemple, les tendances saisonnières distinctes de rétention des nitrates sont évidentes dans de nombreux cas, avec une plus grande rétention pendant les mois d'été lorsque les températures plus chaudes accélèrent à la fois l'activité microbienne et la croissance des algues et macrophytes.
- Les milieux humides sont souvent associés à des écosystèmes adjacents (*cf.* Chapitre 3 du présent rapport). Les zones humides tendent à pouvoir retenir certains éléments chimiques et donc préserver les milieux en aval. Les cours d'eau peuvent quand à eux accumuler les éléments chimiques et les transporter vers les écosystèmes situés en aval.
- Les cycles des éléments nutritifs dans les milieux humides diffèrent des écosystèmes marins et terrestres à la fois dans les dimensions temporelles et dans les dimensions spatiales. Les nutriments sont plus facilement retenus dans les sédiments et la tourbe des milieux humides que dans la plupart des écosystèmes terrestres et les écosystèmes marins qui ont une activité autotrophe sont plus dépendants des nutriments présents dans la colonne d'eau que ceux présents dans les sédiments.
- Les modifications anthropiques ont entraîné des changements considérables dans le cycle chimique de nombreux milieux humides. Bien que les milieux humides soient très résistants à de nombreux intrants chimiques, la capacité de ces milieux à assimiler les déchets anthropiques de l'atmosphère ou de l'hydrosphère n'est pas illimitée.

HABITATS

Diversité des habitats et connexions

Les milieux humides et aquatiques continentaux se rencontrent dans des conditions climatiques et géologiques très variables et présentent une large gamme de conditions physico-chimiques propices à la création d'une grande diversité d'habitats. Les modifications de ces conditions physico-chimiques peuvent avoir un impact direct sur la biodiversité des milieux humides. En effet, même lorsque les conditions hydrologiques changent légèrement, la réponse du biotope* peut se faire par des changements importants dans la composition et la richesse spécifique* ainsi que dans la productivité des écosystèmes :

- La quantité de nutriments présents dans les sédiments est déterminante pour la productivité et la présence d'espèces dominantes ;
- Les espèces animales adaptées aux eaux peu profondes et à la végétation associée prospéreront en cas de grandes quantités de nutriments disponibles ;
- Les micro-organismes survivront dans une mince couche de sédiments oxydés si ils sont aérobies ou dans des couches de sédiments réduits pour ceux capables de métaboliser dans des conditions anoxiques.

La biodiversité peut à son tour avoir un effet sur l'environnement du milieu par un phénomène de rétroaction :

- Les micro-organismes catalysent la quasi-totalité des modifications chimiques dans les sols humides et sont donc capables de contrôler la disponibilité des nutriments pour les plantes ;

- Les plantes provoquent également des modifications dans leur environnement à travers des processus tels que la formation de tourbe, le piégeage des sédiments, la rétention des nutriments ou encore la transpiration. Les sédiments et la matière organique ainsi accumulés peuvent, à leur tour, interrompre les flux hydriques et ainsi diminuer éventuellement la durée et la fréquence auxquelles les milieux humides sont inondés ;
- Certaines espèces animales sont également connues pour leur impact sur leur environnement et sont qualifiées d'espèces ingénieures de leur écosystème. Le castor (*Castor canadensis*) illustre cela par la destruction mais également la création d'habitat en milieu humide car il construit des barrages sur les cours d'eau ce qui maintient l'eau sur de grandes surfaces et donc participe à la création de milieux humides (Mitsch et Gosselink, 2015).

Le long des cours d'eau, des connexions peuvent s'établir entre les milieux humides riverains et les eaux courantes. L'existence de corridors entre différents milieux humides permet à différents groupes floristiques et zoologiques (en particulier les oiseaux et les mammifères) de circuler entre les différents lieux nécessaires à leur cycle de vie. Des connexions de surface peuvent également s'établir lors des crues entre les cours d'eau et les milieux riverains. Ces connexions permettent à certaines espèces de poissons d'accéder à divers milieux qui leur sont nécessaires et favorisent le transfert de semences vers les milieux humides associés aux cours d'eau.

Biodiversité

Le large éventail de conditions physico-chimiques est favorable à l'implantation d'une grande diversité d'espèces végétales dont la plupart ont développé des adaptations en réponse aux contraintes qui caractérisent ces milieux. En effet, ces contraintes entraînent une distribution des végétaux en bandes ou ceintures successives le long de gradients d'hydromorphie et/ou de salinité. Les variations topographiques au sein des différents milieux humides conduisent également à une répartition des communautés végétales en mosaïques qui constituent autant de niches écologiques* pour différentes populations animales. La diversité des structures spatiales que forment les végétaux (strates herbacées, semis, arbustes, etc.) accentue l'hétérogénéité des habitats et offre ainsi une grande variété de ressources alimentaires, de sites de repos, d'observation et de reproduction aux espèces animales. Dans les systèmes d'eaux stagnantes, une diversité des espèces végétales plus faible peut être observée car ces milieux peuvent être envahis par des plantes dominantes sur la quasi-totalité de la surface disponible. C'est, par exemple, le cas des roselières qui restent pourtant des habitats attractifs pour de nombreuses espèces ou des tourbières à sphaignes.

Les amphibiens et reptiles

Les milieux humides forment aussi des habitats conformes aux besoins des amphibiens et de certains reptiles. En effet, toutes les espèces d'amphibiens, représentées en France par les Grenouilles, Crapauds, Tritons et Salamandres, se reproduisent dans l'eau et y demeurent le plus souvent au stade larvaire. La grande majorité des espèces vivent en eau douce et se rencontrent dans les eaux stagnantes, les mares et les étangs riches en végétation ou les cours d'eau à faible courant. Concernant les Crocodiliens, la Cistude d'Europe est la seule tortue aquatique présente dans les étangs à végétation abondante, dans certains marais et dans des rivières à faible courant. Des serpents, telles que la Couleuvre à collier et la Couleuvre vipérine, vivent dans les rives des cours d'eau, de marais, de mares et d'étangs où ils se nourrissent d'amphibiens, de poissons et de lombrics.



Grenouille (Occitanie, 2010)
© Arnaud Bouissou - Terra

Les invertébrés

Les milieux humides offrent une grande diversité de micro-habitats aquatiques, semi-aquatiques et terrestres (à travers les différentes strates de végétation mais également en surface et à l'intérieur des sédiments et des sols) pour la faune d'invertébrés (insectes, nématodes, mollusques, crustacés, etc.) qui y est très riche et variée. Des insectes (Odonates, Lépidoptères et Coléoptères), des écrevisses et des mollusques sont signalés comme d'intérêt européen et font l'objet d'un suivi de l'état de leurs populations.

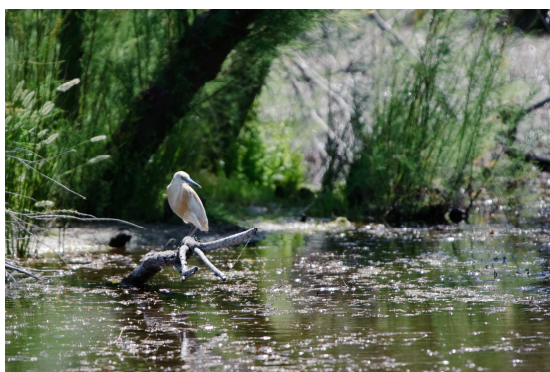
Les poissons

La diversité des populations de poissons est liée à l'existence d'un gradient amont-aval dans les cours d'eau, le long duquel la diversité des habitats augmente ainsi que le nombre d'espèces. Il existe également une diversité latérale liée à la diversification des milieux annexes ainsi qu'à l'importance et à la durée de leurs connexions avec le cours d'eau principal. Les annexes hydrauliques connectées durablement accueillent principalement des espèces d'eaux vives tandis que les espèces qui préfèrent les eaux calmes et plus chaudes s'installent préférentiellement dans les milieux les plus éloignés qui ne sont parfois en relation avec le cours d'eau qu'au moment des crues.

Les oiseaux

Les espèces d'oiseaux emblématiques des milieux humides regroupent les Anatidés (oies, canards, cygnes), des grands échassiers (hérons, aigrettes, spatule blanche, cigognes, etc.), des petits échassiers ou limicoles* (vanneaux, pluviers, chevaliers, bécasseaux, bécassines, huîtrier pie, courlis, etc.), des Rallidés (poules d'eau, râles, foulques, etc.) et des Laridés (goélands, mouettes, etc.). Dans tous les milieux humides on peut observer ces « oiseaux d'eau » qui y accomplissent une ou plusieurs phases de leur cycle de vie car ils y trouvent nourriture, abri et/ou site de reproduction. Certaines espèces vivent toute l'année sur le même plan d'eau mais la plupart se déplacent d'un site à un autre, parfois sur de longues distances. Chaque espèce a des exigences particulières et plusieurs facteurs déterminent le choix de l'habitat : la superficie et la morphologie du milieu humide, la structure de la végétation, l'hydrologie et la richesse trophique du milieu et de son environnement.

Le dénombrement d'oiseaux d'eau en période hivernale confirme les capacités d'accueil des milieux humides. En 2002, sur l'ensemble du territoire, 2,45 millions d'oiseaux d'eau ont été dénombrés.



Crabier chevelu (Occitanie, 2010)
© Arnaud Bouissou - Terra



Flamant rose (Occitanie, 2010)
© Arnaud Bouissou - Terra

Les mammifères

De nombreux mammifères vivent dans les milieux humides, notamment des petits rongeurs comme le Campagnol amphibie, le Crossope aquatique ou encore la Musaraigne de Miller qui sont des espèces inféodées aux milieux aquatiques et à leurs berges où ils se nourrissent de petits crustacés, d'insectes aquatiques, de grenouilles ou de petits poissons.

Par ailleurs, trois espèces strictement inféodées aux milieux aquatiques et aux milieux humides adjacents font l'objet de mesures de protection nationales et européennes car elles avaient pratiquement disparu dans la plupart des pays européens : le Castor d'Europe, la Loutre d'Europe et le Vison d'Europe.

Chapitre 3

Interactions avec les autres grands types d'écosystèmes

Les écosystèmes constituent des entités caractérisées par une biocénose et un biotope qui leur sont propres et échangeant avec d'autres écosystèmes présents dans leur environnement (Barnaud, 2007). Il existe des zones d'interface (de contact) entre les différents écosystèmes, qui représentent des zones de transition appelées écotones. Celles-ci sont caractérisées par des gradients spatiaux et/ou une hétérogénéité temporelle des paramètres abiotiques principaux de ces écosystèmes.

Une forte biodiversité existe dans ces zones de transition (effet lisière*) avec d'une part, la fraction commune des espèces de chaque écosystème capable de supporter ces gradients, et d'autre part, des espèces endémiques de ces écotones (Ramade, 2009).

Dans le présent chapitre sont abordées les interactions entre les milieux humides et aquatiques continentaux et les autres grands types d'écosystèmes nationaux tels que définis dans l'EFESE (écosystèmes agricoles, écosystèmes urbains, milieux marins et littoraux, écosystèmes forestiers, zones rocheuses et de haute montagne)¹⁰.

Les réflexions du groupe de travail de l'EFESE portant sur les milieux humides et aquatiques continentaux ont permis d'identifier un certain nombre de constituants de ces interactions aussi bien en termes d'interfaces, de flux de matières que d'espèces. Non exhaustive, la liste issue de ces réflexions est synthétisée dans la figure suivante.

Figure 8 – Synthèse des principales interactions entre mes milieux humides et aquatiques continentaux et les autres grands types d'écosystèmes présents au niveau national

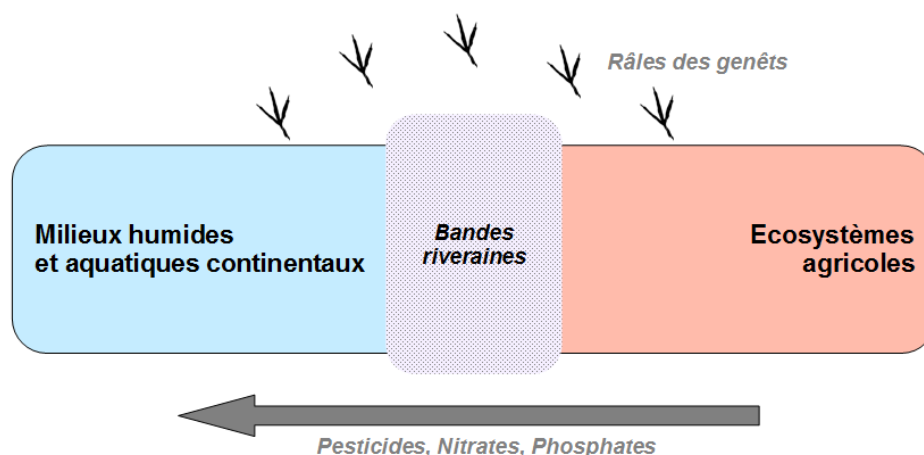
	Milieux humides et aquatiques continentaux
Ecosystèmes agricoles	<u>Flux de matières</u> : Pesticides, Nitrates, Phosphates <u>Interfaces</u> : Bandes riveraines <u>Espèces</u> : Râles des genêts
Ecosystèmes urbains	<u>Flux de matières</u> : Matières organiques, Micropolluants, Métaux, Dioxyde de soufre <u>Interfaces</u> : Berges de cours d'eau urbains <u>Espèces</u> : Agrions élégants, Cygnes tuberculés
Milieux marins et littoraux	<u>Flux de matières</u> : Matières en suspension, Micropolluants, Nutriments <u>Interfaces</u> : Vasières, Mangroves, Marais estuariens et côtiers <u>Espèces</u> : Poissons migrateurs
Ecosystèmes forestiers	<u>Flux de matières</u> : Nutriments, Matière organique <u>Interfaces</u> : Mangroves <u>Espèces</u> : Amphibiens, Castors
Zones rocheuses et de haute montagne	<u>Flux de matières</u> : Matières solides <u>Interfaces</u> : Zones humides d'altitude <u>Espèces</u> : Chauves-souris

¹⁰ Les milieux humides sont généralement eux-mêmes désignés comme des milieux d'interface car leur structure et leur fonctionnement se situent entre milieu terrestre et milieu aquatique. Dans la présente étude, nous qualifierons d'interfaces uniquement les milieux résultant d'une interaction entre un milieu humide et un autre grand type d'écosystème identifié au sein de l'EFESE.

INTERACTIONS MILIEUX HUMIDES / ECOSYSTEMES AGRICOLES

Les eaux de surface sont soumises à l'influence des écosystèmes agricoles par un jeu d'interactions plus ou moins directes, notamment par des transferts de pollutions diffuses d'origine agricole. On note ainsi la présence excessive de certains polluants (pesticides, nitrates, phosphates, etc.) dans de nombreux milieux aquatiques en France (cf. Chapitre 4). Dans ce contexte, les bandes riveraines, milieux d'interface situés entre les champs agricoles et les cours d'eau, peuvent jouer un rôle significatif.

Figure 9 – Schéma non exhaustif des interactions entre milieux humides et écosystèmes agricoles



Flux de matières

Les activités agricoles sont à l'origine d'apports de nutriments ou de produits chimiques de traitement, diversement distribués dans l'espace et dans le temps. Ces substances participent, de manière souvent diffuse, à la pollution de milieux humides situés à l'aval. Elles peuvent être mobilisées dans le bassin versant lors des transferts d'eau, stockées localement ou subir des transformations biogéochimiques au cours de leur transfert, avant d'atteindre les milieux humides.

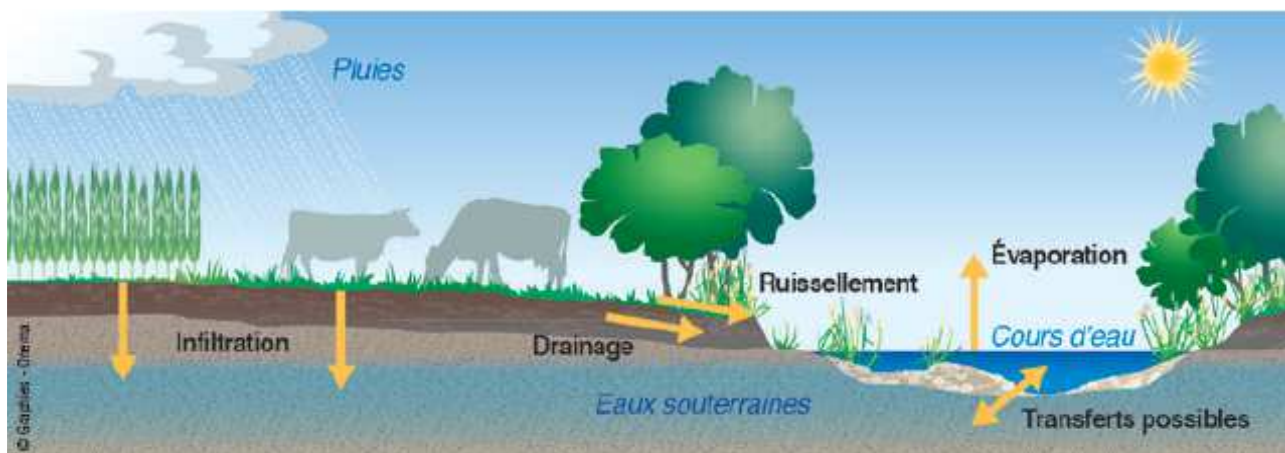
On identifie dans le bassin versant des zones sources-émettrices (parcelles cultivées ou bâtiments d'élevage), les milieux humides étant les zones réceptrices. Pour rejoindre les milieux humides, les polluants peuvent emprunter deux grandes voies de transfert : la nappe de subsurface qui contribue majoritairement aux écoulements dans les massifs anciens et affleure une grande partie de l'année en aval des versants ; le ruissellement à la surface du sol qui se produit lorsque la capacité d'infiltration du sol est inférieure à l'intensité de la pluie (sols peu perméables ou sols saturés en eau) et sur pente forte.

C'est dans ce contexte hydrologique que les flux d'eau et de polluants sont potentiellement en forte interaction avec les structures paysagères à la surface du sol. La distance des zones sources aux milieux humides est importante à considérer. Elle conditionne les temps de transfert qui présentent deux temporalités : les temps de transfert sont beaucoup plus longs en passant par la nappe (infiltration verticale dans le sol puis écoulement de la nappe) ; les temps de transfert sont plus courts lors de ruissellements produits pendant les fortes pluies (Grimaldi, 2012).

Parmi les polluants transférés des écosystèmes agricoles vers les milieux humides, on retrouve notamment :

- Les **pesticides**, qui sont des produits phytosanitaires rassemblant notamment les insecticides, les fongicides et les herbicides, majoritairement utilisés en agriculture pour la protection des cultures. Tous les pesticides épandus ne remplissent pas leur fonction, une partie d'entre eux étant dispersée dans l'atmosphère, soit lors de leur application, soit par évaporation ou par envol à partir des plantes ou des sols sur lesquels ils ont été répandus. Disséminés par le vent, parfois loin de leur lieu d'épandage, ils retombent avec les pluies directement sur les plans d'eau et sur les sols d'où ils sont ensuite lessivés jusque dans les milieux humides par les eaux de pluie (ruissellement et infiltration) (cf. Figure 10).

Figure 10 – Mécanisme de transfert des produits phytosanitaires (Onema, 2014)



Les pesticides sont aujourd'hui à l'origine d'une pollution diffuse qui contamine toutes les eaux continentales : cours d'eau, eaux souterraines et zones littorales (cf. Chapitre 4).

- Les **nitrites***, qui proviennent principalement de l'emploi d'engrais azotés ou d'engrais organiques en excès comme les épandages de lisiers.

Les **phosphates**, qui proviennent principalement de l'utilisation d'engrais phosphatés (SOeS, 2014).

La pollution des milieux humides par l'azote et le phosphore est principalement due aux eaux de ruissellement et à l'érosion dans les zones agricoles ou fortement anthropisées. Lorsqu'il n'y a pas de sources locales d'effluents anthropiques, une proportion importante d'azote et de phosphore peut être amenée par les précipitations (Galloway, 2012).

Interfaces, habitats, espèces

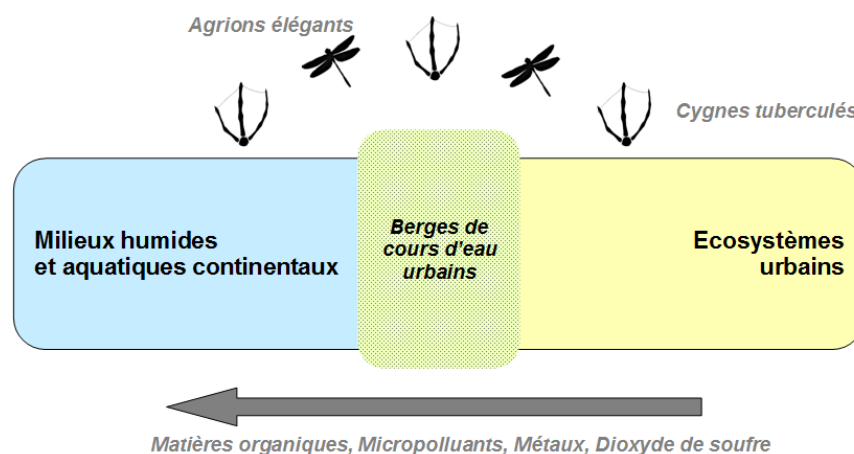
- De manière générale, les activités agricoles limitant la quantité d'intrants chimiques auront un moindre impact sur les milieux humides situés à l'aval. Un système d'élevage extensif permet ainsi le maintien d'une biodiversité ordinaire et remarquable, *via* notamment le maintien de l'ouverture du milieu humide indispensable à la préservation d'un habitat propice à la nidification de certaines espèces d'intérêt communautaire. Ceci est notamment le cas du **Rôle des genêts** (*Crex crex*).
- Dans une logique de limitation des transferts de polluants des écosystèmes agricoles vers les milieux humides, la présence de **bandes riveraines**, zones d'interfaces situées entre un cours d'eau et un champ cultivé, peut également jouer un rôle prépondérant. Ces zones peuvent notamment permettre le développement d'une biodiversité par l'assurance de l'accomplissement de cycles vitaux de nombreux organismes qui affectionnent ce type de milieu (Gélinas, 1996). Elles peuvent soutenir les besoins alimentaires et fournir des abris ainsi que des sites de refuge à de nombreuses espèces animales, ces dernières pouvant participer à la prédation, au parasitisme d'organismes ou à la pollinisation de végétaux des champs cultivés (Hansson, 1998). Plusieurs facteurs peuvent concourir au développement et au maintien de communautés propres à chaque type de bande riveraine. Parmi ces facteurs, la largeur de la bande, sa topographie, son exposition au cours d'eau et au champ voisin et la nature de son sol sont les principaux (Johnson et Beck, 1988).

INTERACTIONS MILIEUX HUMIDES / ECOSYSTEMES URBAINS

Les milieux humides peuvent être soumis à des pressions venant des écosystèmes urbains : rejets des stations d'épuration, ruissellement des eaux de pluies, pollutions diffuses dues à des retombées atmosphériques, etc. L'impact de ces différentes pressions se traduit par la présence notable, dans les milieux humides, d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)* et de polychlorobiphényles (PCB)*, mais également de dérivés azotés et phosphorés, de pesticides et de métaux lourds.

En 2013, la France comptait environ 19 750 stations de traitement des eaux usées urbaines. La quasi-totalité des volumes rejetés après traitement avaient pour destination les eaux de surface (SOeS, 2014).

Figure 11 – Schéma non exhaustif des interactions entre milieux humides et écosystèmes urbains



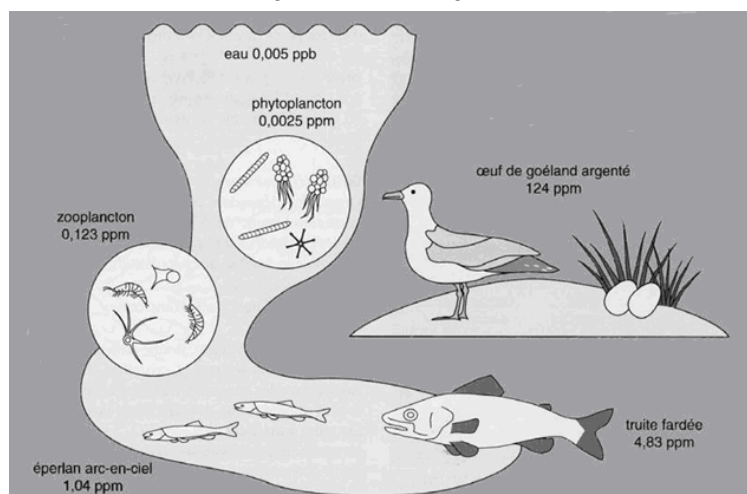
Flux de matières

- Les **matières organiques** provenant des rejets d'eaux usées domestiques ou industrielles (papeteries, tanneries, etc.) sont à l'origine d'une pollution organique primaire. Comme l'indiquent Dejoux et al. (1981), les résidus organiques se minéralisent dans les masses d'eau réceptrices et les éléments nutritifs (**azote** et **phosphore**) qui résultent de cette minéralisation stimulent la production végétale, ce qui engendre un phénomène d'eutrophisation (cf. processus détaillé dans le paragraphe « Interactions milieux humides / écosystèmes agricoles »).
- Les **pesticides** ne sont pas utilisés seulement en milieu agricole. Ils le sont également par les collectivités locales et les particuliers pour l'entretien des jardins et des infrastructures de transports. Suite à l'adoption, le 22 juillet 2015, par l'Assemblée nationale, de la loi de transition énergétique pour la croissance verte, l'État, les collectivités locales et établissements publics ont interdiction, depuis le 1^{er} janvier 2017, d'utiliser des produits phytosanitaires pour l'entretien des espaces verts, promenades, forêts et voiries. Dorénavant, seuls sont acceptés les produits autorisés en agriculture biologique, les produits de bio-contrôle et les produits à faible risque. La même interdiction s'appliquera aux particuliers à compter du 1^{er} janvier 2019 (Ministère en charge de l'environnement). Cette interdiction ne s'appliquant pas aux organismes chargés d'entretenir les infrastructures de transport, les milieux humides resteront potentiellement menacés par des effets toxiques aigus et/ou chroniques des pesticides (cf. processus détaillé dans le paragraphe « Interactions milieux humides / écosystèmes agricoles »).

Outre les pesticides, les milieux humides sont également le réceptacle de transferts d'autres **micropolluants** en provenance des milieux urbains. Outre la présence des **HAP** et des **PCB**, on trouve ainsi dans les milieux humides des **solvants chlorés**, des **phtalates*** mais également des **médicaments**, **hormones**, etc. provenant des rejets industriels, d'activités de services et des ménages. Ces composés arrivent soit directement dans les cours d'eau par l'intermédiaire des stations d'épuration soit après avoir été émis dans l'atmosphère. Leurs effets et leur toxicité sont variables selon les substances. Cependant, les micropolluants organiques les plus présents dans les cours d'eau sont essentiellement des HAP. Parmi les 10 substances les plus quantifiées en

métropole, 7 appartiennent à cette famille, dont 3 sont classées comme prioritaires et dangereuses par la DCE. Si la concentration totale en HAP dans les cours d'eau est généralement faible, la forte toxicité de ces substances et les processus de « bioconcentration » et de « bioamplification » (cf. Encadré 1) qui leur sont associés suscitent l'inquiétude. Le processus de bioamplification joue ainsi un rôle majeur pour les PCB, ces molécules ayant une quasi-absence de biodégradabilité et une grande stabilité chimique et étant donc lentement dégradées par des processus physico-chimiques, comme la photolyse par exemple. L'étude de la contamination par les PCB des grands lacs au Canada (cf. Figure 12) a ainsi mis en évidence des phénomènes de bioamplification d'ampleur inégalée par toute autre substance et dans tous autres écosystèmes (Ramade, 2011).

Figure 12 – Bioamplification des PCB dans la chaîne trophique des goélands des grands lacs (Ramade, 2011)



- Les **métaux** présents dans les milieux humides peuvent provenir des rejets industriels ou urbains. Les effets toxicologiques varient suivant le métal et sa forme chimique. 73 % des quantités de métaux rejetées dans l'eau par l'industrie manufacturière proviennent du secteur « métallurgie / fabrication de produits métalliques » et 24 % des industries chimiques et pharmaceutiques. Les émissions massives principales concernent le fer (69 %) et l'aluminium (14 %) (SOeS, 2014). Les milieux humides sont très sensibles aux traces d'éléments métalliques, notamment au travers de la coexistence des processus de bioaccumulation et de bioamplification.
- Les émissions de **dioxyde de soufre** (SO₂) résultent principalement de l'utilisation de combustibles fossiles soufrés (charbon, fioul, gazole) et de certains procédés industriels ; 84 % des émissions ont pour origine l'industrie (le terme industrie est à prendre au sens large et regroupe les secteurs de l'industrie manufacturière et de la transformation d'énergie) (SOeS, 2014). Cette pollution par le dioxyde de soufre est principalement responsable des pluies acides dans lesquelles le pH est bien inférieur au pH des précipitations non acides (pH=5,00). Ces pluies acides provoquent des dommages sur les écosystèmes aquatiques comme les lacs en les acidifiant ce qui empêche par exemple le développement normal des poissons et peut entraîner des modifications de l'équilibre écologique du milieu (Schindler, 1988).

Encadré 1 – Bioaccumulation, bioamplification et bioconcentration

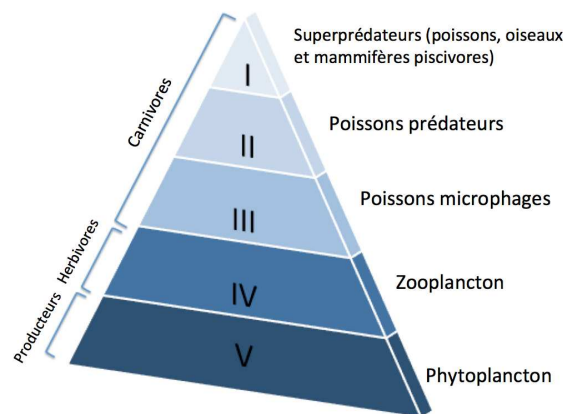
On désigne par bioaccumulation le processus d'absorption par lequel les êtres vivants peuvent accumuler dans leur organisme un polluant, quelle que soit la voie de pénétration considérée. Pour les organismes aquatiques, la bioaccumulation est la résultante des absorptions par contact, par ingestion et par voie transbranchiale (homologue de la voie respiratoire chez les animaux terrestres). La bioaccumulation n'implique pas obligatoirement un accroissement de la concentration du polluant quand il passe du biotope à l'organisme considéré. La bioamplification est un phénomène qui se déroule à l'échelle des réseaux trophiques et qui découle du phénomène de bioconcentration propre à chaque être vivant.

.../...

.../...

On désigne par bioconcentration le processus par lequel une substance prélevée dans un biotope par un être vivant va se retrouver dans son organisme à des concentrations supérieures à celles auxquelles il se trouve dans les eaux, l'air et/ou les sols. De ce fait, il apparaîtra des phénomènes d'amplification biologique des polluants dans tout écosystème contaminé. On parlera alors de bioamplification lorsqu'il se produit un phénomène de bioconcentration de polluants peu ou pas biodégradables dans toute la chaîne trophique, le long de laquelle la concentration du toxique s'élèvera à chaque niveau trophique (cf. Figure 13). De ce fait, ce sont généralement les superprédateurs, situés au sommet de la pyramide trophique, qui présenteront un taux de contamination le plus élevé. Toutefois, il existe des exceptions à cette règle en milieux humides qui s'observent lorsqu'un polluant persistant se rencontre à de très faibles concentrations, ceci étant le cas pour les métaux lourds. Les processus de bioaccumulation par voie de contamination percutanée et transbranchiale prennent alors le pas sur ceux de bioconcentration par voie alimentaire. L'absorption par contact étant plus forte par unité de masse corporelle chez un petit organisme que chez un grand, on pourra alors observer de plus fortes concentrations en polluants chez les organismes situés aux maillons inférieurs du réseau trophique.

Figure 13 – Schéma général de la contamination des chaînes trophiques dans les eaux lacustres (d'après Ramade, 2007)



De manière générale, on constate que les facteurs de bioamplification entre deux organismes atteignent leur valeur maximale dans les réseaux trophiques aquatiques. Cela résulte de la conjonction de deux caractéristiques qui leur sont propres : les chaînes trophiques aquatiques possèdent un nombre moyen de niveaux trophiques supérieur à celles des chaînes terrestres et les organismes situés à la base de ces réseaux trophiques aquatiques (phytoplancton et zooplancton) possèdent une forte aptitude à la bioconcentration ce qui induit un niveau élevé de contamination pour les organismes des niveaux supérieurs (Ramade, 2007).

Interfaces, habitats, espèces

- Les **berges de cours d'eau urbains** abritent différentes espèces, souvent généralistes, qui se sont acclimatées au milieu urbain.

Parmi celles-ci, on peut citer l'**agrion élégant** (*Ischnura elegans*), une libellule observée fréquemment dans les mares urbaines dont les larves sont aquatiques et qui se nourrit notamment de larves de moustiques.

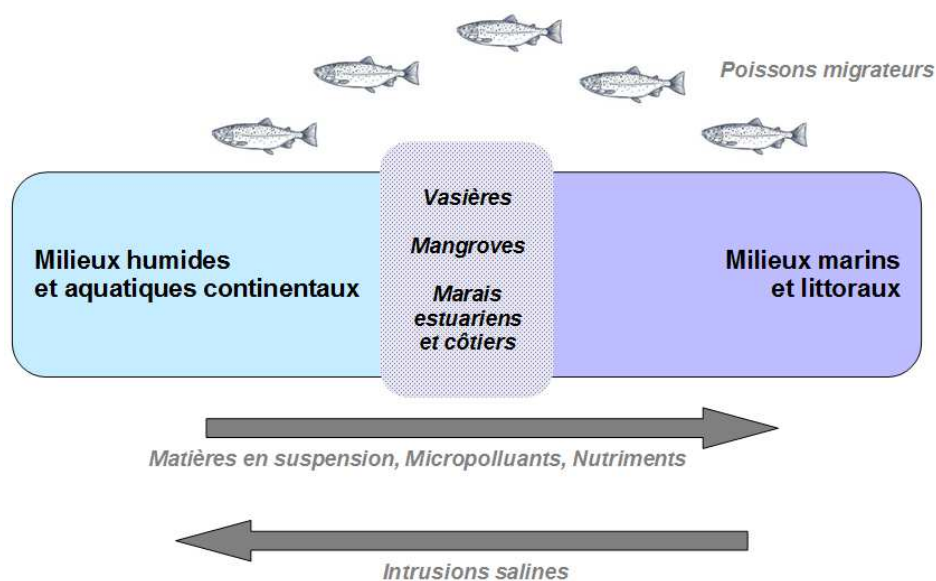
On peut également citer le **cygne tuberculé** (*Cygnus color*), dont le long cou lui permet de trouver sa nourriture au sol mais aussi sous l'eau où il recherche des plantes aquatiques et des invertébrés enfouis dans la vase (Williamson, 2001).

INTERACTIONS MILIEUX HUMIDES / MILIEUX MARINS ET LITTORAUX

Plusieurs types d'habitats se situent à l'interface entre milieux humides et milieux marins (vasières, mangroves, marais estuariens et côtiers, etc.). L'effet du contact entre les eaux douces continentales et les eaux salées océaniques y est particulièrement marqué et a abouti à la formation de milieux saumâtres.

Outre ces zones d'interface, les interactions entre milieux humides et milieux marins recouvrent des problématiques de transferts de pollutions, les polluants provenant des cours d'eau et des eaux de ruissellement pouvant être transportés jusqu'aux milieux marins. Des travaux récents font ainsi état du fait qu'environ 80 % des pollutions marines sont d'origines terrestres et anthropiques (Colas, 2011).

Figure 14 – Schéma non exhaustif des interactions entre milieux humides et milieux marins et littoraux



Flux de matières

Les différents **polluants d'origine agricole et urbaine** transférés vers les milieux humides (cf. paragraphes consacrés aux interactions « milieux humides / écosystèmes agricoles » et « milieux humides / écosystèmes urbains », par voie de transferts également se retrouver *in fine* dans les milieux marins et littoraux. Les conséquences de ces transferts de polluants peuvent être diverses :

- Les **matières en suspension** peuvent étouffer des écosystèmes de grand intérêt. Les **macro-déchets** peuvent être ingérés et tuer les mammifères marins comme les tortues ou les oiseaux.
- Les **micropolluants** peuvent perturber la physiologie des espèces et se concentrer dans les sédiments et le long des chaînes trophiques, jusqu'à l'Homme.
- Les **nutriments** peuvent provoquer la prolifération de macro-algues et de phytoplancton opportunistes (Colas, 2011). Les marées vertes se produisent toujours dans des secteurs enclavés du linéaire côtier où tend à régner une conjonction d'apports excessifs en sels nutritifs (zones d'exutoires des rivières), de faibles profondeurs (favorables à la croissance des algues) et de conditions d'hydrodynamisme favorables à la rétention de ces sels nutritifs et des algues produites (renouvellement lent de la masse d'eau côtière, courants de marée et houle accumulant les algues sous faibles profondeurs) (CEVA, 2009).
- Des problématiques de contamination peuvent également survenir en sens inverse, des milieux marins vers les milieux



Algues vertes (Bretagne, 2009)
© Arnaud Bouissou - Terra

humides, en zone côtières. Des **intrusions salines** peuvent, en effet, venir altérer la qualité de l'eau stockée dans des aquifères proches du littoral, avec des conséquences potentiellement importantes d'un point de vue sanitaire. Ces mêmes intrusions salines peuvent endommager gravement certains types de zones humides et rendre non cultivables des terres agricoles si celles-ci deviennent alors irriguées par des aquifères chargés en sel (Longuepee, 2007).

Interfaces, habitats, espèces

De nombreux sous-types d'écosystèmes sont à l'interface entre milieux humides et milieux marins et littoraux, notamment :

- Les **vasières** sont propices au développement du microphytobenthos riche en diatomées*, permettant d'entretenir un réseau trophique dont la productivité est une des plus fortes à l'échelle planétaire. En effet, ce phytoplancton est très utile pour l'ostréiculture et la mytiliculture car il permet notamment la reproduction et la croissance de moules, d'huîtres et également de certains poissons. Les vasières sont également des lieux de repos et de nourrissage pour de nombreux oiseaux limicoles, consommateurs de petits invertébrés vivant dans la vase (Faurie, 2012).
- Les **marais estuariens et côtiers**, très productifs, hébergent une grande diversité d'espèces d'oiseaux nicheurs qui ont besoin de ressources alimentaires suffisantes et accessibles, mais le sel peut avoir une influence négative : le nombre de colonies de hérons vivant dans les deltas* et le succès de leur reproduction augmentent avec la proportion de milieux d'eau douce à proximité (Barnaud, 2007).
- Les **mangroves**, milieux typiques d'Outre-mer (cf. Encadré 2), reçoivent une quantité importante de matière organique allochtone terrestre dépendant des apports continentaux du bassin versant (Molnar, 2011). De ce fait, les mangroves sont caractérisées par une grande variabilité des conditions physico-chimiques due à l'alternance des phases d'émersion et d'immersion pendant les marées et aux apports d'eau douce par les eaux de rivières et de ruissellement. À titre d'exemple, la salinité est fortement liée aux apports d'eau douce et il existe des stratifications verticales consécutives à d'importantes arrivées d'eau douce (Thollot, 1992). Les rivières adjacentes alimentent cet écosystème en sédiments terrigènes appelés alluvions pour les mangroves alluvionnaires ou en particules terrigènes appelées colluvions pour les mangroves dites colluvionnaires (Joseph, 2009).

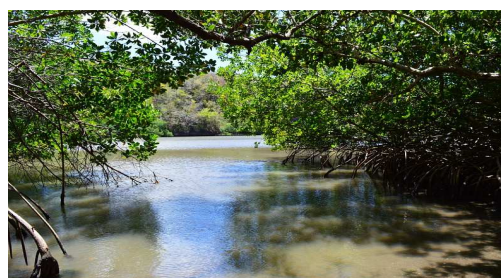
Encadré 2 – Focus sur les mangroves (Binet et al., 2016)

Ecosystèmes complexes couvrant entre deux tiers et trois quarts des littoraux tropicaux entre les latitudes 32°N et 39°S (Roussel et al., 2010), les mangroves s'inscrivent à l'interface entre milieux marins, écosystèmes forestiers et milieux humides. Au sein de l'EFESE, leur traitement détaillé sera réalisé dans les groupes de travail consacrés aux milieux marins et aux écosystèmes forestiers.

De nombreux éléments compilés au sein de l'article *Les bénéfices de la protection des mangroves de l'outre-mer français par le Conservatoire du littoral : évaluation économique à l'horizon 2040* (Binet et al., 2016) permettent de rendre compte de l'importance et du fonctionnement des mangroves. Un certain nombre de ces éléments sont repris ci-dessous.

« Les palétuviers qui peuplent les mangroves se développent dans la zone intertidale de balancement des marées. La France, grâce à ses départements, régions et collectivités d'outre-mer (Guyane, Nouvelle-Calédonie, Guadeloupe, Martinique, Mayotte, Iles Eparses, Wallis et Futuna, Polynésie française, Saint-Martin et Saint-Barthélemy) concentre plus de 100 000 ha de mangroves, dont environ 68 % pour la Guyane seule. » (Roussel et al., 2010)

Palétuvier de la Mangrove de Sainte-Luce (Martinique, 2014) © Daniel Joseph-Reinette



.../...

.../...

Guyane

La Guyane possède 300 km de côtes, couvertes à 80 % par des mangroves qui s'étendent sur environ 70 000 hectares (Fromard et al., 2004). Les mangroves côtières guyanaises ont la particularité d'être mouvantes sous l'action des courants littoraux issus de l'Amazonie qui déplacent les sédiments sur lesquels elles reposent (Baltzer et al., 2004 ; Fromard et al., 1998). L'espèce de palétuviers *Avicennia* est dominante avec des peuplements organisés en bandes parallèles au trait de côte regroupant des individus de même âge et taille. Les *Rhizophora* constituent une strate en sous-bois au sein des *Avicennia*, et plus rarement des peuplements dominants dans les mangroves d'estuaire bénéficiant d'apports importants en eau douce. Les *Laguncularia* ne sont présentes que dans les chenaux qui drainent les vasières* à marée basse, et dans les peuplements jeunes où *Avicennia* n'est pas encore dominante. Les mangroves de Guyane sont donc peu riches en biodiversité végétale, avec 5 espèces seulement appartenant à 3 familles. Elles abritent en revanche une faune exceptionnelle, notamment pour les vers, mollusques, crustacés, poissons, oiseaux et reptiles, et constituent des paysages à haute valeur patrimoniale (Artigas et al., 2003 ; Roussel et al., 2010).

Guadeloupe et Saint-Martin

Les estimations des surfaces de mangroves sur l'archipel de la Guadeloupe varient entre 2 325 et 3 983 ha, les données les plus récentes indiquant plutôt 2 950 ha (FAO, 2005 ; Spalding et al., 1997). Saint-Martin en possède 26 ha (Pascal, 2011). Les peuplements de mangroves guadeloupéennes s'organisent en quatre grandes ceintures de végétation : une ceinture côtière étroite formée presque uniquement de *Rhizophora*, une ceinture arbustive dominée par des formes naines de *Rhizophora* et quelques individus d'*Avicennia*, une ceinture forestière interne plurispécifique dominée par *Rhizophora* avec *Avicennia* et *Laguncularia* présents mais minoritaires, et une ceinture distale non dominée par *Rhizophora* (Imbert et al., 1988). Globalement, la présence de 6 espèces de palétuviers de 4 familles différentes est attestée.

Martinique

Les mangroves de Martinique couvriraient entre 1 800 et 2 100 ha (Brossard et al., 1991 ; Gayot and Laval, 2006), principalement dans la baie de Fort-de-France (1 000 à 1 200 ha) et la baie du Galion à Trinité. Deux ensembles de mangroves peuvent être distingués. Les mangroves sur sédiments argileux présentent une structure similaire aux mangroves de la Guadeloupe : une ceinture interne monospécifique à *Rhizophora*, une ceinture intermédiaire à peuplements mélangés (*Avicennia*, *Laguncularia* et *Rhizophora*) et une ceinture externe à *Avicennia* souvent réduite. Les mangroves sur sédiments argilo-sableux sont localisées essentiellement dans le Sud et sur la côte atlantique sous forme de massifs dispersés non homogènes, dont les arrières mangroves se confondent parfois avec la forêt (Gayot and Laval, 2006). Les espèces de palétuviers sont les mêmes qu'en Guadeloupe (6 espèces de 4 familles).

Mayotte

Mayotte compte 735 ha de mangroves réparties sur 50 à 120 sites zones selon les études les plus récentes (Laulan et al., 2006 ; Rolland et al., 2005). Les mangroves de Mayotte sont de deux types : les mangroves d'estuaire ou de « fond de baie », et les mangroves littorales ou de « front de mer ». Globalement, les peuplements de palétuviers présentent une zonation parallèle à la côte. Le front de mangroves est essentiellement composé de *Sonneratia* et parfois d'*Avicennia*. La zone centrale, inondée deux fois par jour pour les marées, est surtout colonisée par *Rhizophora*, *Bruguiera* et *Cerriops*. La zone interne est dominée par *Avicennia* et l'arrière mangrove est très hétérogène. Les mangroves de Mayotte sont plus riches que celles de Guyane, Guadeloupe et de Martinique, avec au moins 7 espèces de 5 familles différentes (Roussel et al., 2010). »

De nombreuses espèces de **poissons migrateurs** transitent entre eaux douces et eaux salées afin d'accomplir leur cycle biologique. Parmi ces espèces dites « amphihalines », on retrouve les espèces dites « thalassotoques » qui grandissent en rivière et se reproduisent en mer (anguille européenne, mulot porc) et les espèces dites « potamotoques » qui grandissent en mer et se reproduisent en rivière (saumon atlantique, aloses, lamproies).

Devant accomplir sa ponte en rivière, le saumon atlantique (*Salmo salar*) met, selon la longueur du cours d'eau, l'importance des obstacles et les niveaux d'eau, de quelques semaines à plus d'un an pour remonter jusqu'aux zones de frayères (Imbert, 2013). La vitesse de migration est également fortement dépendante des conditions de température et des conditions hydrauliques. Une migration sera, par exemple, fortement réduite puis stoppée lorsque la température est supérieure à 20°C. Le retard de la migration peut avoir un impact sur la survie des poissons ou sur l'accès aux meilleures zones de reproduction (Martin, 2011).

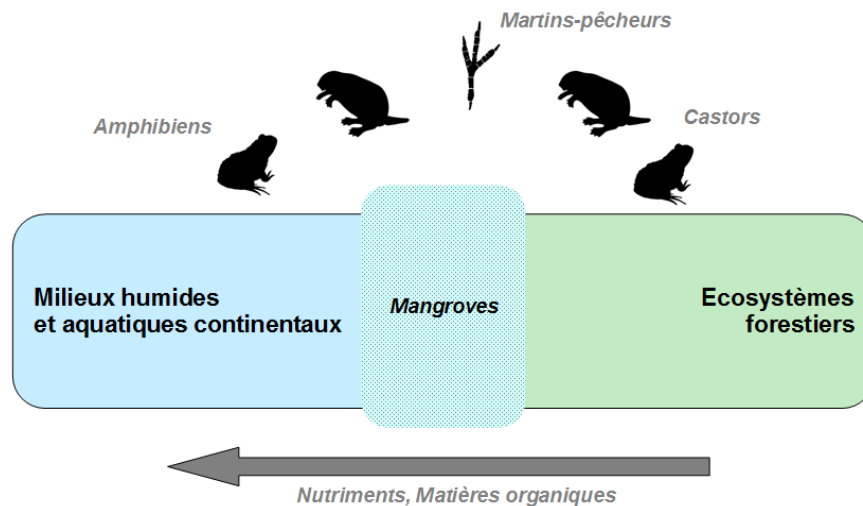
INTERACTIONS MILIEUX HUMIDES / ECOSYSTEMES FORESTIERS

Plusieurs espèces animales vivent à l'interface entre les écosystèmes forestiers et les milieux humides et aquatiques continentaux afin d'accomplir l'ensemble des étapes de leur cycle de vie.

Déjà abordées dans le paragraphe consacré aux interactions « milieux humides et aquatiques continentaux / milieux marins et littoraux », les mangroves relèvent également des écosystèmes forestiers.

En termes de flux de matières, les habitats forestiers apportent un ensemble de nutriments, notamment de la matière organique, qui permet d'assurer le fonctionnement du réseau trophique du milieu humide voisin.

Figure 15 – Schéma non exhaustif des interactions entre milieux humides et écosystèmes forestiers



Flux de matières

- Les formations boisées proches des cours d'eau fournissent des **nutriments** et des **éléments minéraux**. Ces derniers proviennent des eaux de pluie et des dépôts atmosphériques secs lavés sur les feuillages.

La **matière organique** est, quant à elle, apportée par les petites branches et les feuilles qui tombent dans les cours d'eau. Ces apports sont influencés par les espèces arborées (la décomposition des feuilles de saules est meilleure que celle des feuilles d'aulne par exemple), l'hétérogénéité spatiale et l'importance de la colonisation par des macro-invertébrés des petits débris dans des conditions aérobies*. Les débris ligneux participent également, de façon directe ou indirecte, au fonctionnement trophique des cours d'eau : 1) Les produits de leur décomposition augmentent la quantité de nutriments disponibles ; 2) Ils capturent, retiennent et stockent des éléments fins de matière organique qui peuvent ensuite être consommés par certains organismes ; 3) Ils sont directement consommés par certaines espèces d'invertébrés ; 4) Ils fournissent des substrats aux micro-organismes qui les décomposent (algues, bactéries, champignons) (Piégay, 2003).

Interfaces, habitats, espèces

- Toutes les espèces d'**amphibiens** (grenouilles, crapauds, tritons, salamandres), se reproduisent dans l'eau et y demeurent au stade larvaire. La plupart des espèces doivent demeurer dans des milieux potentiellement humides tels que des boisements humides pour éviter la déshydratation mais certaines, comme les crapauds ou les tritons, rejoignent l'eau uniquement pour s'y reproduire (Barnaud, 2007). À titre d'exemple, le Triton crêté (*Triturus cristatus*) est une espèce dont les larves sont aquatiques alors que les adultes mènent principalement une vie terrestre, leur phase aquatique étant limitée à 3 ou 4 mois dans l'année, au moment de la reproduction. Cette espèce fréquente principalement les mares relativement profondes (0,5 à 1 mètre), pourvues d'une végétation abondante et bien ensoleillées. Leur pourtour doit présenter des berges en pentes douces, de manière à permettre les déplacements (Guyétant, 1997).

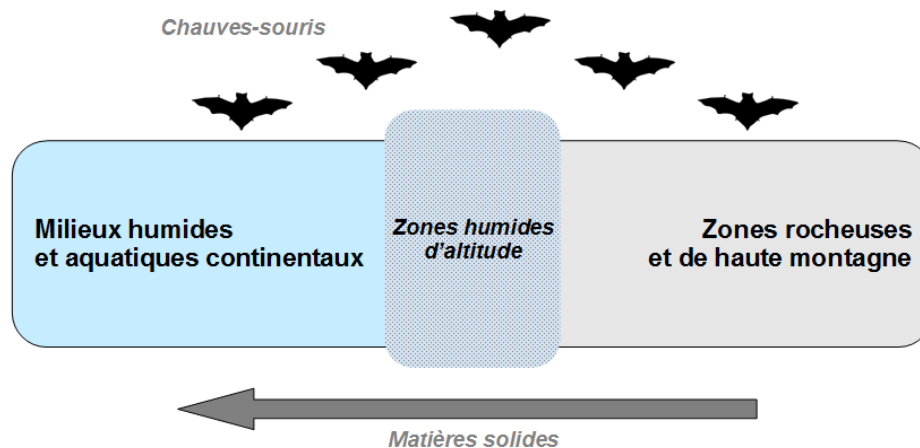
- L'activité du **castor d'Europe** (*Castor fiber*) s'accomplit principalement entre le milieu humide et le milieu terrestre. L'eau lui permet de faire ses déplacements et l'entrée de son gîte est toujours immergée. Celle-ci doit être présente en permanence sur une faible pente (inférieure à 1 %) pour limiter la vitesse du courant et avec une profondeur d'au moins 60 cm. Elle doit par ailleurs être entourée de formations boisées rivulaires avec une prédominance de jeunes salicacées (saules et peupliers) et il ne doit pas y avoir d'ouvrages hydroélectriques infranchissables et incontournables. Le domaine terrestre et notamment forestier lui procure sa nourriture (écorce, feuilles et jeunes pousses de plants ligneux) jusqu'à une distance de 20 mètres de l'eau (Blanchet, 1977).
- Tous les abords de rivières bordées par une forêt abritent à la fois des espèces d'**oiseaux** observées couramment dans ce milieu (pics, fauvettes, etc.) et d'autres plus spécifiques comme le martin-pêcheur qui dépend pour son alimentation et sa nidification de la proximité de l'eau (Maridet, 1995).

INTERACTIONS MILIEUX HUMIDES / ZONES ROCHEUSES ET DE HAUTE MONTAGNE

Les zones rocheuses et de haute montagne abritent différentes espèces de chauve-souris qui nichent dans des cavités mais qui ont besoin de plans d'eau pour se nourrir.

Le principal échange de matières se produisant entre les milieux humides et les milieux montagnards se fait à travers les torrents qui peuvent transporter de grandes quantités de charges solides.

Figure 16 – Schéma non exhaustif des interactions entre milieux humides et zones rocheuses et de haute montagne



Flux de matières

- Les concentrations solides sont beaucoup plus élevées dans les cours d'eau de montagne qu'en plaine. En effet, en montagne, les cours d'eau étant plus proches des sources de matériaux, la granulométrie est généralement étendue et grossière. L'apport de charges provient d'éboulis, d'avalanches ou de glissements de terrain.

Dans les torrents, les pentes fortes sont responsables d'un **transport solide** par charriage intense de granulométrie très étendue. Le charriage est entendu comme le déplacement par roulement, glissement et saltation du matériau le plus grossier. Ce processus a un rôle critique pour la stabilité et la morphologie des cours d'eau. Des flux intenses de charriage modifient profondément la morphologie des torrents (Frey, 2008).

Interfaces, habitats, espèces

- Certaines espèces de **chauve-souris** trouvent refuge dans des milieux rocheux comme des grottes ou des cavités souterraines et chassent dans des milieux humides. Ainsi, le vespertilion de Capaccini (*Myotis capaccinii*) est une espèce de chauve-souris qui choisit des gîtes généralement cavernicole situés à proximité d'une surface d'eau libre car il chasse régulièrement au-dessus des rivières, des étangs ou des lacs et capture principalement des insectes liés aux milieux humides (Médard et Guibert, 1992).

Le vespertilion des marais (*Myotis dasycneme*) est également inféodé aux milieux humides comportant des étendues d'eau dormante ou stagnante de grande superficie avec un faible taux de recouvrement en plantes aquatiques (étangs, lacs ou canaux). Ses gîtes d'hibernation sont des cavités souterraines telles que des grottes ou d'anciennes carrières (Durieux, 1999).

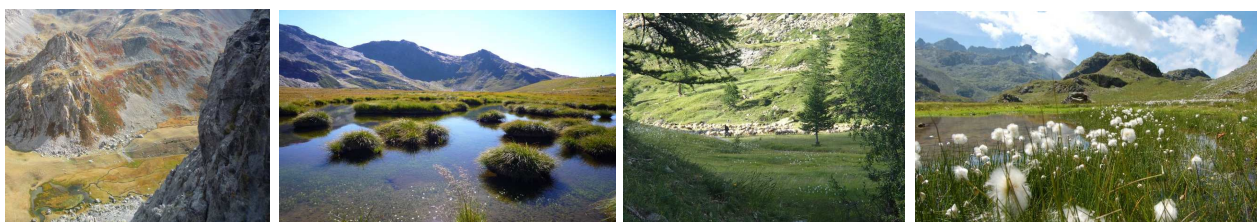
Les interfaces entre milieux humides et zones haute montagne sont directement corrélés à la problématique des glaciers. Selon l'évolution de ces derniers peuvent apparaître ou disparaître de nouveaux milieux très spécifiques (cf. Encadré 3).

Encadré 3 – Zones humides d'altitude (Contribution réalisée par Stéphanie Gaucherand, Irstea, 2017)

En montagne, les conditions de relief et de sol ont été profondément transformées par l'installation puis le retrait des glaciers. L'érosion ne cesse de sculpter la montagne et les dépôts accumulés constituent des obstacles à l'écoulement des eaux. Associé à des processus de colmatage, ils favorisent tous les phénomènes de rétention de l'eau à l'origine des milieux humides. L'interaction entre des conditions de relief et de sol particulières, le mode d'écoulement des eaux et des conditions climatologiques spécifiques (enneigement, températures basses, etc.) est à l'origine des divers types de milieux humides d'altitude (cf. Figure 18).

On distingue ainsi les bordures de lacs, sources et ruisseaux où l'eau déborde puis les milieux où l'eau n'est pas visible mais les sols en sont gorgés : prairies humides fauchées, mégaphorbaies et roselières ainsi que tourbières et marais d'altitude. Plus l'altitude est élevée, plus les milieux humides se simplifient. En haute altitude (2 000 m) la biomasse animale et végétale reste faible, la croissance est lente et le milieu se stabilise à un stade pionnier. À ces altitudes, les milieux humides sont petits et discrets et le nombre d'espèces qu'ils accueillent est réduit. C'est en moyenne montagne que la diversité des espèces au sein des milieux humides est la plus importante (Dupuis et Fischesser 1987).

Quelques exemples de milieux humides de montagne (bas marais, mare, prairie humide et bordure de lac) (crédits photos : S. Gaucherand ou G. Loucougaray - Irstea)



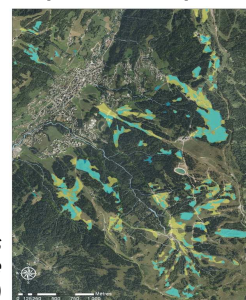
Parmi les zones humides d'altitude, les tourbières constituent des milieux particuliers. Leur développement nécessite un climat et un bilan en eau adapté. Sous nos latitudes, ces conditions sont des températures basses induisant une vitesse de décomposition lente de la matière organique qui s'accumule et devient, en condition anoxique, de la tourbe. D'autres facteurs favorables sont la topographie et la nature du sous-sol minéral : il faut que l'eau entrante soit stockée longtemps, sans s'écouler trop vite vers l'aval ou dans un substrat poreux. En France, ces conditions se trouvent essentiellement dans les zones océaniques et les massifs montagneux (Manneville, 2006). En altitude, les tourbières soumises à des conditions contraignantes (froid, substrat pauvre) ont une flore et une faune proches des régions européennes plus nordiques. Elles offrent ainsi un refuge pour les espèces relictuelles des périodes glaciaires telles que la Saxifrage à fleur jaune (*Saxifraga hirculus*), le bouleau nain (*Betula nana*) ou le papillon Solitaire (*Colias palaeno*), espèces rares, protégées au niveau national et pour certaines menacées.

La tourbière de la réserve naturelle du Luitel (Isère, 1 250 m d'altitude) est un exemple de tourbière acide à sphaignes issu de lacs post-glaciaires. Elle comprend deux systèmes tourbeux : le lac-tourbière caractérisé par des radeaux flottants et la tourbière du col, partiellement boisée par des pins à crochets (Desplanque et Cave, 2011). On y trouve tous les stades d'évolution écologique de ces milieux à sphaignes. L'eau de pluie, plutôt acide et pauvre en minéraux, est le mode d'alimentation principal de la tourbière, elle conditionne la végétation et la production de tourbe (on parle de tourbière ombrotrophe). L'accumulation de tourbe fait progressivement remonter la surface de la tourbière et produit le bombement boisé. La nappe est alors isolée des eaux de ruissellement et fonctionne en vase clos. Des tourbières au fonctionnement similaire existent dans les Vosges et les Pyrénées ainsi que dans le Jura (Manneville, 2017).

Du fait du relief, les milieux humides de montagne sont de petite taille et dispersés. Ils dépendent en partie de la fonte de la neige et des glaciers pour leur alimentation en eau. La modification de la pluviométrie liée au changement climatique, avec notamment une moindre quantité de neige en hiver, et la disparition de certains glaciers menacent leur fragile équilibre. En parallèle, le piétinement par les hommes ou les animaux domestiques modifie les sols (tassement, apport d'azote, etc.) et l'hydrologie de ces milieux, d'où une banalisation de la végétation. Enfin, le développement des stations de ski entraîne fréquemment leur destruction soit directement, par le drainage ou le comblement des dépressions marécageuses pour en occuper l'emplacement (bâtiments, plans d'eau, remontées mécaniques, pistes de ski, pistes VTT, etc.), soit indirectement par la modification des cours d'eau (diversion, surcreusement, qualité de l'eau, etc.), occasionnant la fragmentation des zones humides et des pertes de surfaces souvent importantes (cf. Figure 17).

En bleu : zones humides en 2012, en jaune les surfaces qui étaient des zones humides en 1966 et ne l'étaient plus en 2012, soit 45 % de perte sur cette période (réalisation carte : S. Gaucherand (Irstea), source : ASTERS 2012)

Figure 17 – Régression des surfaces de zones humides entre 1966 et 2012 sur le domaine skiable des Gets (Haute Savoie)



.../...

.../...

Bibliographie

ASTERS (2012) *Les zones humides du domaine skiable : présentation, évolution, plan d'action* -Commune des Gets. Conservatoire des Espaces Naturels de Haute Savoie

Desplanque C. & Cave B. (2011) *Réserve naturelle du Lac Luitel – livret-guide*. ONF-Isère, 14 p.

<http://www.reserves-naturelles.org/lac-luitel>

Dupuis et Fischesser (1987) *Les zones humides d'altitude*. Cemagref groupement de Grenoble

Manneville (2017) *Tourbières et marais, des zones humides remarquables*

<http://www.encyclopedie-environnement.org/vivant/tourbieres-marais-zones-humides-remarquables/>

Manneville O., Vergne V., Villepoux O. et le Groupe d'Etudes des Tourbières (2006) 2^e édition révisée. *Le monde des tourbières et des marais*. Delachaux & Niestle, 320 p.

Afin d'étudier ces types d'écosystèmes très spécifiques à l'interface entre milieux humides et zones de haute montagne et leurs évolutions et afin d'en assurer une bonne gestion, plusieurs programmes ont vu le jour. Le réseau « Lacs sentinelles », notamment, conduit des travaux à cet effet depuis plusieurs années (cf. Encadré 4).

Encadré 4 – Le réseau Lacs sentinelles : suivi à long terme des lacs d'altitude

(Contribution réalisée par Clotilde Sagot, Parc national des Ecrins et Aude Soureilat, Asters, Conservatoire d'espaces naturels de Haute-Savoie, 2017)

Le réseau « Lacs sentinelles », coordonné par Asters, Conservatoire d'espaces naturels de Haute-Savoie, réunit des scientifiques, des gestionnaires d'espaces protégés et des usagers des lacs d'altitude. Les gestionnaires de lacs apportent leur connaissance du terrain, l'historique de la gestion des milieux. Ils réalisent des suivis et une surveillance des lacs sur le long terme. Les scientifiques sont garants de la qualité et de l'analyse des données acquises et permettent à l'ensemble des acteurs de mieux comprendre le fonctionnement de ces systèmes et les enjeux en présence. Le réseau «Lacs Sentinelles» est doté, depuis fin 2013, d'un Groupement d'Intérêt Scientifique.

Un réseau au service de la connaissance et de la gestion des lacs d'altitude



Espaces emblématiques du massif alpin, les lacs d'altitude sont reconnus pour leur « haute valeur environnementale » et par leur « forte sensibilité aux changements environnementaux ». Ces écosystèmes apparaissent comme fortement symboliques de la pureté et de la beauté des Alpes et représentent un enjeu patrimonial fort pour de nombreux acteurs du massif dont, en premier lieu, les populations locales. Pour les scientifiques, ce sont des lieux d'étude hors pair, puits de connaissances à la croisée des disciplines. Ils constituent également un enjeu pour les gestionnaires qui cherchent à acquérir une meilleure compréhension de ces milieux singuliers et à définir des solutions de gestion adaptées.

Soumis à la fois à des perturbations locales et globales, leur fonctionnement est en effet complexe et rend difficile la proposition de programmes de protection et de restauration efficaces, pourtant indispensables à l'atteinte du bon état écologique des masses d'eau imposée par la DCE. Les lacs d'altitude, pourtant très nombreux et riches en biodiversité, ne sont que peu suivis dans le cadre de la directive et restent encore peu étudiés.

Face à ce constat, de grandes questions se posent : Comment évoluent ces milieux ? Quels sont les impacts des activités humaines sur ces écosystèmes ? Quelle place tient le changement climatique dans ces évolutions ? Comment diagnostiquer ces changements et réagir à d'éventuels dysfonctionnements ?

Pour apporter des éléments concrets de réponse à ces questionnements, le réseau Lacs sentinelles s'est structuré, depuis fin 2013, en Groupement d'Intérêt Scientifique dont l'objectif est d'améliorer la connaissance du fonctionnement des lacs d'altitude (programmes de suivis et de recherches interdisciplinaires), de suivre et de qualifier les tendances évolutives de ces milieux (outils et méthodologies), et d'identifier sur quels types de facteurs il est possible d'influer pour proposer, à terme, des mesures de gestion pertinentes de ces milieux.

.../...

.../...

L'observatoire des lacs d'altitude : suivi et qualification des tendances évolutives des lacs

Figure 19 – Localisation des lacs de l'Observatoire

L'Observatoire des lacs d'altitude a pour but d'apporter aux acteurs de la gestion des milieux aquatiques des outils et des méthodologies leur permettant de suivre et de qualifier les tendances évolutives des lacs d'altitude. Il compte à ce jour 22 lacs alpins.

La durée de prise en glace est supérieure à 6 mois de l'année pour tous les lacs du réseau et elle augmente avec l'altitude. Les estimations sont empiriques et pourraient être précisées à l'avenir (par thermistors ou time laps).

La durée de stratification inversée des lacs (c'est-à-dire quand la température de surface est égale ou inférieure à celle du fond) est largement dépendante de l'altitude et de la latitude des lacs suivis (données issues des thermistors installés dans les lacs).

Sur chacun des lacs de l'Observatoire, un protocole commun de suivi est mis en œuvre par les gestionnaires. Les chercheurs sont garants de la validité des données et de leur interprétation.

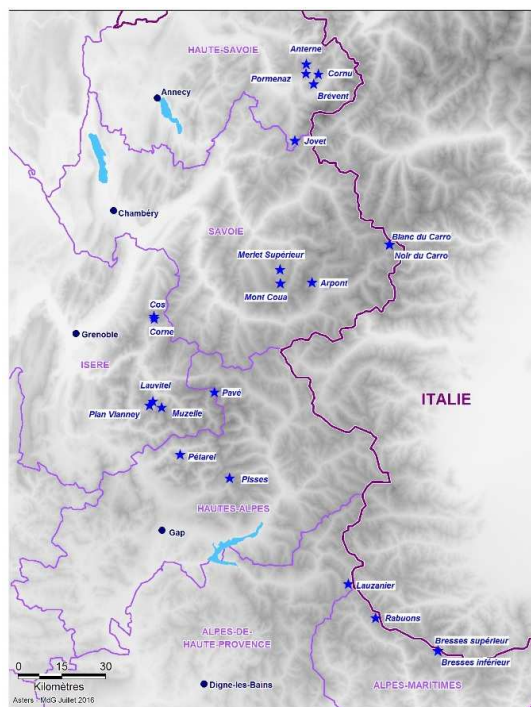
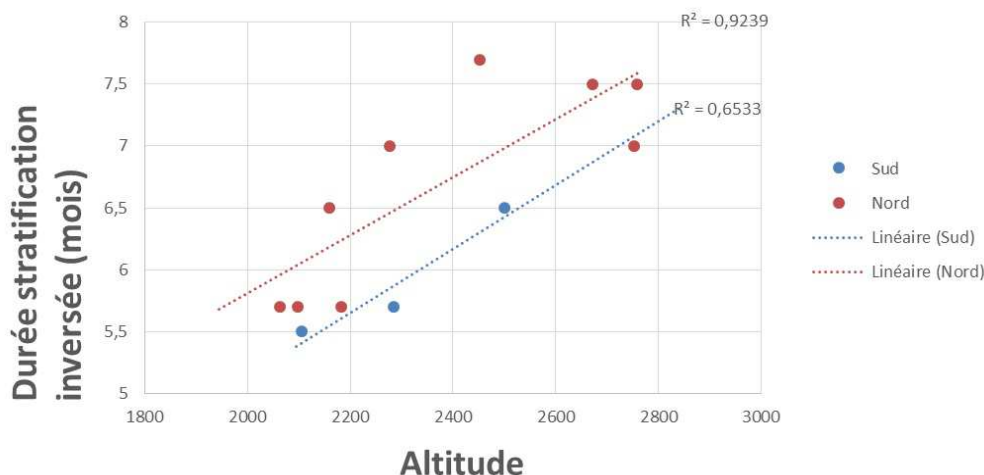


Figure 20 – Durée de prise en glace des lacs de l'observatoire, selon l'altitude



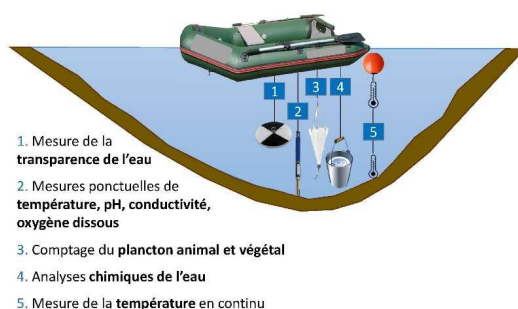
Les acteurs s'engageant dans l'observatoire doivent respecter une charte de mise en œuvre des protocoles de suivi, afin d'assurer une homogénéité des données produites.

S'agissant d'un suivi sur le long terme, les discussions au sein du réseau (séminaires, ateliers techniques, formations, groupes de travail) permettent d'évaluer régulièrement la pertinence des mesures réalisées et, éventuellement, de faire évoluer le protocole commun en fonction des connaissances acquises et des besoins définis. Le protocole commun de suivi prend en compte les difficultés d'accès aux sites, le temps limité des agents de terrain, et la nécessité de réduire les coûts au maximum. Il repose sur une campagne annuelle de terrain, réalisée en septembre (fin de la période de stratification et du pic de production primaire). Les prélèvements et mesures se font à l'aplomb du point le plus profond du lac, identifié au GPS et matérialisé par une chaîne permanente de thermistors (capteurs de températures haute-fréquence). Le suivi comprend des capteurs permanents de températures, des profils de sonde multi-paramètres et, sur certains lacs (paramètres optionnels), un échantillonnage restreint de la masse d'eau (plancton et poissons).

.../...

.../...

Figure 21 – Paramètres suivis dans le cadre du protocole commun



Chaque campagne de terrain fait l'objet d'un rapport de mission standardisé qui alimente la base de données du réseau Lacs Sentinelles (métadonnée). Les données « brutes » produites lors des campagnes de terrain, sont, quant à elles, stockées dans le système d'information (SI) du SOERE OLA (Système d'Observation et d'Expérimentation au long terme pour la Recherche en Environnement), administré par l'Inra de Thonon. Pour être importées dans ce SI, les données brutes sont vérifiées et validées par un scientifique du réseau, puis mises en forme selon des formats de fichiers d'échanges spécifiques.

Depuis 2016, ces données sont intégrées au sein d'un rapport annuel qui constitue un premier travail de mise en forme et d'analyse des résultats du suivi. Ce travail a bien entendu vocation à être reproduit, enrichi et amélioré au cours du temps. Certains lacs du réseau constituent des « sites Ateliers », sur lesquels des efforts de recherche supplémentaires sont mis en œuvre afin d'approfondir la compréhension de leur fonctionnement :

- 1) Lac d'Anterne (Caractérisation des flux de sédiments du bassin versant et leurs impacts sur le lac / traçage de l'occupation des sols depuis l'âge de bronze),
- 2) Lac de la Muzelle (Suivi environnemental / Approche paléocéologique / Ecotoxicologie).

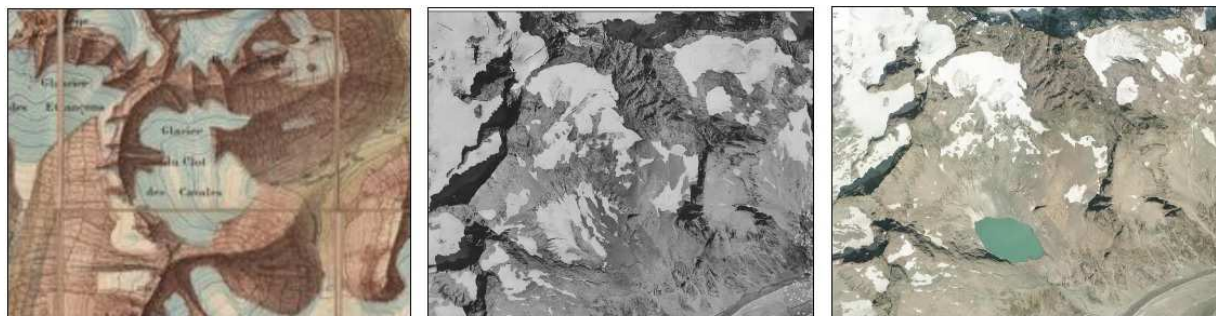
Focus sur le lac du Pavé : lac proglaciaire apparu récemment, au fonctionnement fortement impacté par le climat local

Un lac jeune

Le lac du Pavé est situé à 2 841 m d'altitude dans le cœur du Parc national des Ecrins (commune de Villar d'Arène). Sa profondeur est de 53 m environ. Ce lac est apparu à la fin de la 1^{ère} moitié du 20^e siècle, suite au retrait glaciaire après la fin du Petit Age Glaciaire. La carte topographique du Massif du Mont Pelvoux, établie en 1874 pour le compte du Club Alpin Français par le capitaine Prudent (http://www.bibliotheque-dauphinoise.com/carte_massif_pelvoux_1874.html), représente à cette époque le « glacier du Clot des Cavalles » à l'emplacement du lac actuel. Sur la carte IGN des années cinquante, le glacier Supérieur des Cavales, désormais séparé du glacier du Clot des Cavales, recouvre encore l'emplacement du lac. En revanche sur la photo aérienne de 1952 le glacier Supérieur des Cavales se jette dans le lac du Pavé qui couvre alors une superficie d'environ 2,5 ha, contre 7,9 ha aujourd'hui. Dans les années 1980, le glacier occupait toujours environ 1/3 du lac actuel et on ne pouvait observer de l'eau libre qu'une ou deux semaines en été. À partir de 1999 le glacier a cédé la place à un névé recouvrant une langue de glace morte jusqu'en 2010. Aujourd'hui le lac du Pavé est gelé pendant 10 mois sur 12, il dégèle en août et septembre. Certaines années la banquise reste présente sur une partie du lac, comme en 2013.

Figure 22 – Emplacement du lac du Pavé en 1874, 1952 et 2009

(Bibliothèque Dauphinoise, © IGN - BD Ortho historique ® 1948/1953, © IGN - BD Ortho ® 2009)



.../...

.../...

Des suivis pour observer son évolution

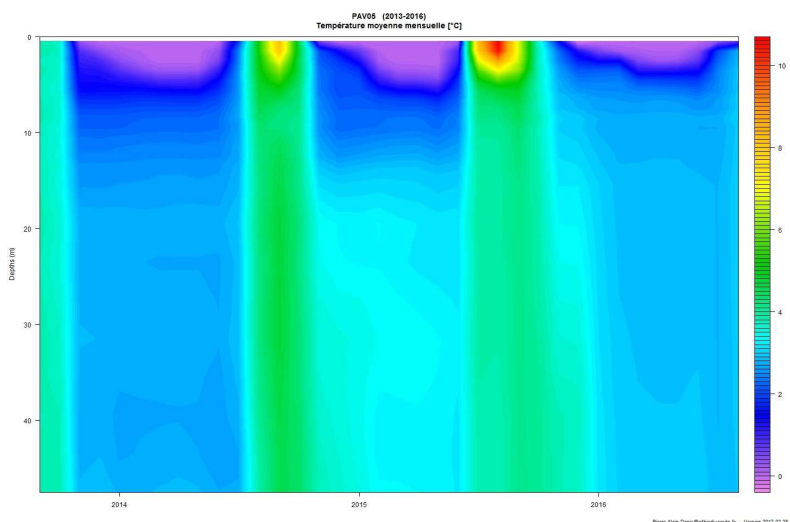
Depuis 2010 l'AFB, avec le soutien de l'IMBE et du Parc national des Ecrins, a entrepris un suivi annuel du lac du Pavé. Les premières mesures ont montré la présence en 2010 de plusieurs espèces de Diatomées et de Copépodes Cyclopiques en densité très faible (<10 individus/m³).

Un premier thermomètre immergé à 2 mètres de profondeur début août 2010 a permis d'enregistrer une température moyenne mensuelle de 4,1°C en août 2010 et de 6,5°C en septembre 2010. Suite à ces premiers résultats, le Pôle de Recherche & Développement AFB-Irstea "Hydroécologie des Plans d'Eau" a équipé le lac de sondes thermiques le long de la colonne d'eau en septembre 2013 dans le cadre du déploiement d'un réseau national de suivi de la température en continu dans les plans d'eau.

Les mesures à ce jour montrent la forte sensibilité du lac à la température locale : en effet, la température moyenne mensuelle en surface atteint 8,3°C en septembre 2014 et se hisse à 10,6°C en août 2015, année particulièrement chaude où le lac a dégelé plus tôt que d'habitude.

Ainsi, ce lac apparu il y a moins de 100 ans et qui reste pris par la glace pendant la plus grande partie de l'année est le siège d'une évolution rapide depuis sa formation et se trouve déjà colonisé par la vie.

Figure 23 – Températures moyennes mensuelles du lac du Pavé (2013-2016)
 (© Pierre-Alain DANIS, Agence française pour la biodiversité, Pôle R&D AFB-Irstea, Aix-en-Provence)



Contacts : Carole Birck (Asters, Conservatoire d'espaces naturels de Haute-Savoie) et Clotilde Sagot (Parc national des Ecrins)

Plus d'informations : www.lacs-sentinelles.org



« Les lacs d'altitude, sentinelles pour le suivi des changements globaux des Alpes françaises », projet financé avec le concours de l'Union Européenne. L'Europe s'engage sur le Massif Alpin avec le Fonds européen de Développement Régional



Partie 2

Etat et tendances d'évolution

Sommaire

46 – Chapitre 4 – Indicateurs d'état et de fonctionnement

62 – Chapitre 5 – Facteurs de changements et tendances d'évolution



Chapitre 4

Indicateurs d'état et de fonctionnement

Synthèse des indicateurs d'état et de fonctionnement des milieux humides et aquatiques continentaux en France développés au sein de ce chapitre

Cours d'eau et masses d'eau

- En 2013, 43,4 % des cours d'eau et masses d'eau français étaient en très bon ou en bon état écologique. 48,2 % étaient en bon état chimique.
- Les teneurs en phosphates dans les cours d'eau ont fortement diminué durant les 15 dernières années. Les teneurs en nitrates dans ces mêmes milieux restent stables sur la même période.
- En 2013, la présence de pesticides est avérée dans 92 % des points de surveillance de la qualité des cours d'eau français.

Milieux humides

- 50 % des milieux humides ont disparu entre 1960 et 1990. La reconnaissance internationale et nationale des différents intérêts que peuvent revêtir les zones humides a permis un ralentissement de cette régression sur la période 1990 à 2010. Les superficies des milieux humides sont ainsi restées stables dans 70 % des cas.
- Les milieux humides font partie des écosystèmes les moins bien conservés à l'échelle nationale.
- Entre 1975 et 2005, la surface des milieux humides artificiels a progressé de 38 % au sein des sites Ramsar de France métropolitaine au détriment des milieux humides naturels et de leurs fonctionnalités.
- Les milieux humides de France métropolitaine présentent une grande biodiversité grâce à leurs habitats essentiels pour un grand nombre d'espèces. Ces milieux abritent plus d'un tiers des espèces recensées sur le territoire et près de 45 % des espèces menacées en France. Les milieux humides des départements ultramarins abritent quant à eux une biodiversité remarquable, parfois endémique, avec également des espèces menacées de disparition.
- Les populations d'oiseaux d'eau, en France métropolitaine, sont, de manière générale, dans un bon état de conservation.

ETATS ECOLOGIQUE ET CHIMIQUE DES MASSES D'EAU ET COURS D'EAU

(Onema / OIEau, 2015)

Définition de l'indicateur

En 2000, la DCE (Directive Cadre sur l'Eau) harmonise la réglementation européenne en matière de gestion de l'eau et instaure l'obligation de protéger et restaurer la qualité des eaux et des milieux aquatiques dans l'ensemble de l'Union européenne. Des objectifs environnementaux sont fixés pour tous les milieux aquatiques (rivières, lacs, eaux littorales, eaux souterraines, etc.) à l'horizon 2015 : l'atteinte du bon état des eaux, la non détérioration des ressources et la réduction ou la suppression des rejets de substances dangereuses. La nouveauté de la notion de « bon état » repose désormais sur le bon fonctionnement des milieux aquatiques prenant en compte l'ensemble des compartiments constitutifs des milieux : l'eau, la faune, la flore et les habitats.

L'état écologique d'une masse d'eau de surface résulte de l'appréciation de la structure et du fonctionnement des écosystèmes aquatiques associés à cette masse d'eau. Il est déterminé à l'aide d'éléments de qualité : biologiques (espèces végétales et animales), hydromorphologiques et physico-chimiques, appréciés par des indicateurs (par exemple les indices invertébrés ou poissons en cours d'eau). Dans ce cas, on parle de bioindication (cf. Encadré 5). Pour chaque type de masse d'eau (par exemple : petit cours d'eau de montagne, lac peu profond de plaine, etc.), il se caractérise par un écart aux « conditions de référence » de ce type, qui est désigné par l'une des cinq classes suivantes par le biais de valeurs-seuils : très bon, bon, moyen, médiocre et mauvais. Les valeurs-seuils de bon et très bon état bénéficient par ailleurs d'un inter-étalonnage entre les différents Etats membres, la France faisant partie de trois groupes d'inter-étalonnage au niveau européen : alpin, méditerranéen et central-baltique. Les conditions de référence d'un type de masse d'eau sont les conditions représentatives d'une eau de surface de ce type, pas ou très peu influencée par l'activité humaine (le plus proche possible de l'état dit « pristine »).

L'état chimique d'une masse d'eau de surface est déterminé au regard du respect des normes de qualité environnementales (NQE) par le biais de valeurs seuils. Deux classes sont définies : bon (respect) et pas bon (non-respect). 41 substances sont contrôlées : 8 substances dites dangereuses (Annexe IX de la DCE) et 33 prioritaires (Annexe X de la DCE)¹¹.

Encadré 5 – La bioindication

L'intégrité écologique d'un milieu est déterminée par son intégrité chimique, physique et biologique. La dégradation d'une ou de plusieurs de ces composantes se manifeste généralement dans les différentes communautés biologiques. En ce sens, les altérations morphologiques, comportementales ou physiologiques, ainsi que l'abondance, le succès de reproduction et la mortalité des espèces animales et végétales constituent des variables observables et mesurables reflétant l'état des milieux.

Un bioindicateur peut donc se définir comme une espèce ou un groupe d'espèces végétales ou animales dont les caractéristiques observées (occurrence, abondance, biomasse, caractéristiques ou « traits » biologiques) fournissent une indication sur le niveau de dégradation du milieu.

Une métrique de bioindication est alors une grandeur calculée qui décrit certains aspects de la structure, de la fonction ou de tout autre caractéristique des assemblages biologiques et qui change de valeur en réponse à une modification de l'impact des activités humaines.

¹¹ La directive 2013/39/UE modifie les directives 2000/60/CE et 2008/105/CE en ce qui concerne les substances prioritaires pour la politique dans le domaine de l'eau. Douze nouvelles substances sont ainsi venues s'ajouter aux 33 déjà listées.

Résultats

Figure 24 – Répartition des masses d'eau de surface selon l'état écologique (Rapportage 2010 / Etats des lieux 2013 – Données Secrétariats techniques de bassin)

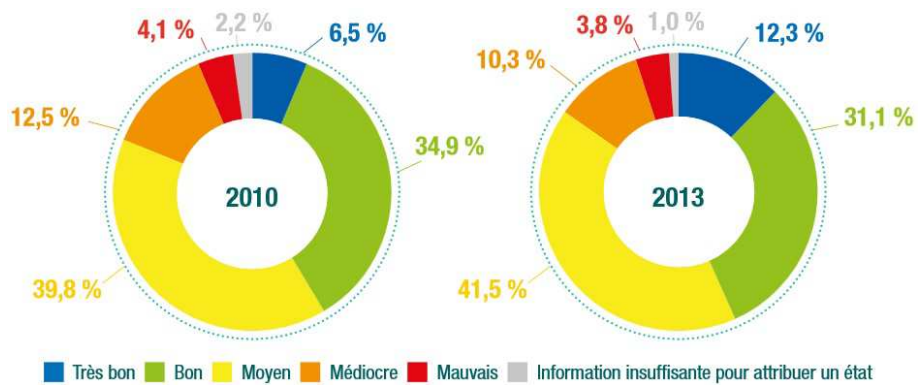


Figure 25 – Etat écologique des masses d'eau « cours d'eau » (Rapportage 2010 / Etats des lieux 2013 – Données Secrétariats techniques de bassin)

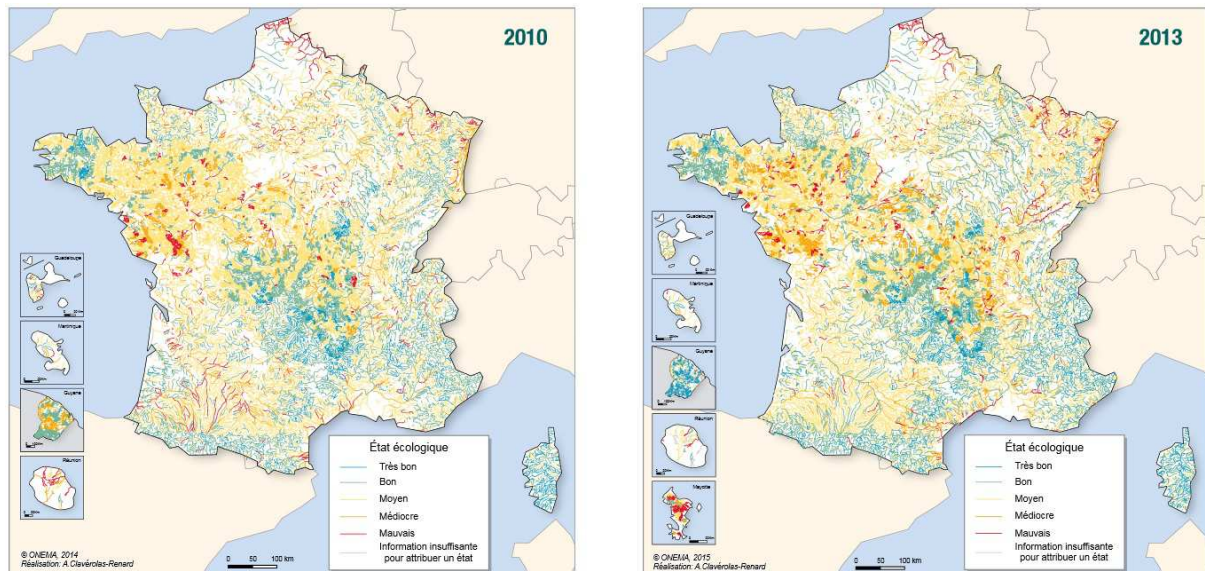


Figure 26 - Répartition des masses d'eau de surface selon l'état écologique en Europe

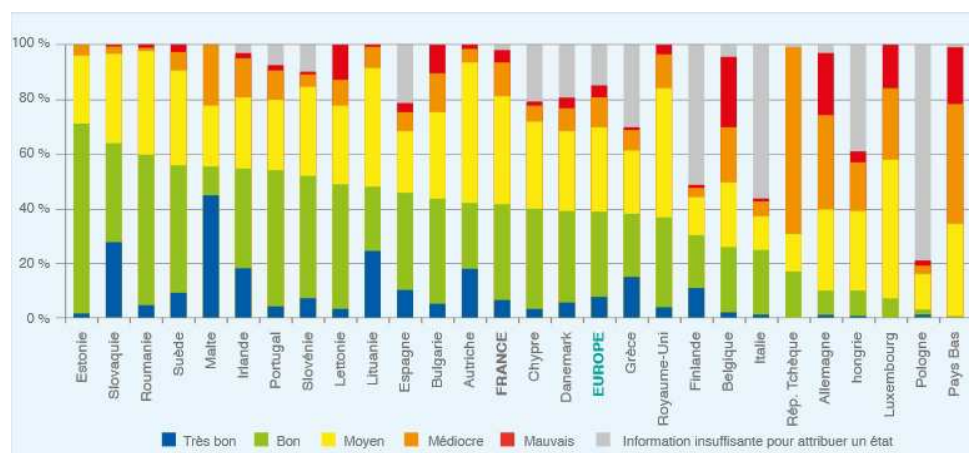


Figure 27 - Répartition des masses d'eau de surface selon l'état chimique (Rapportage 2010 / Etats des lieux 2013 – Données Secrétariats techniques de bassin)

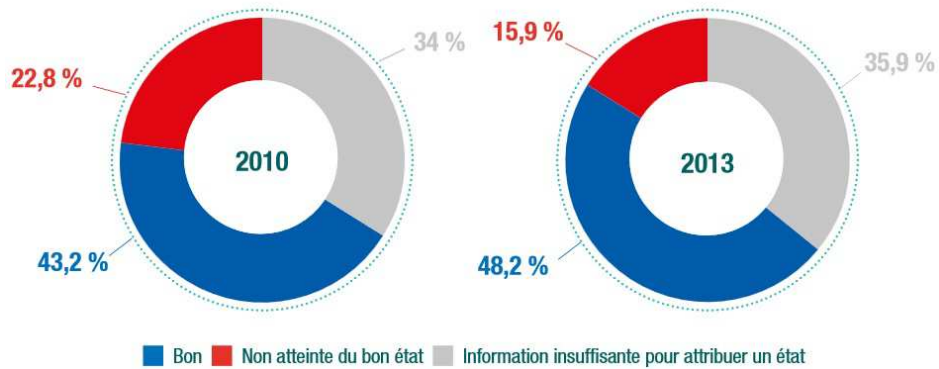


Figure 28 - Etat chimique des masses d'eau « cours d'eau » (Rapportage 2010 / Etats des lieux 2013 – Données Secrétariats techniques de bassin)¹²

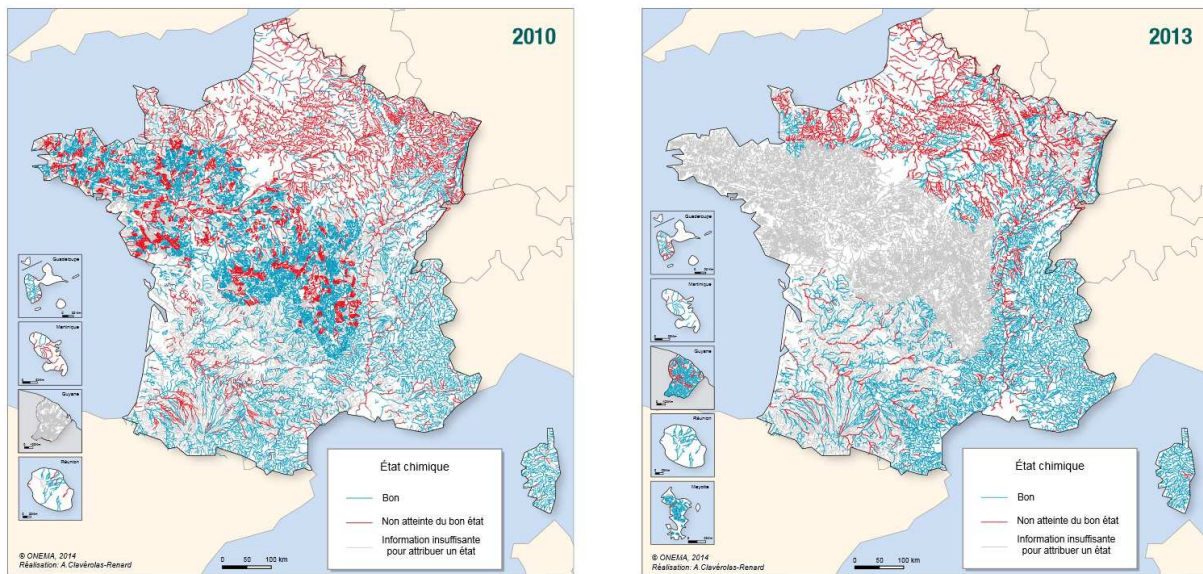
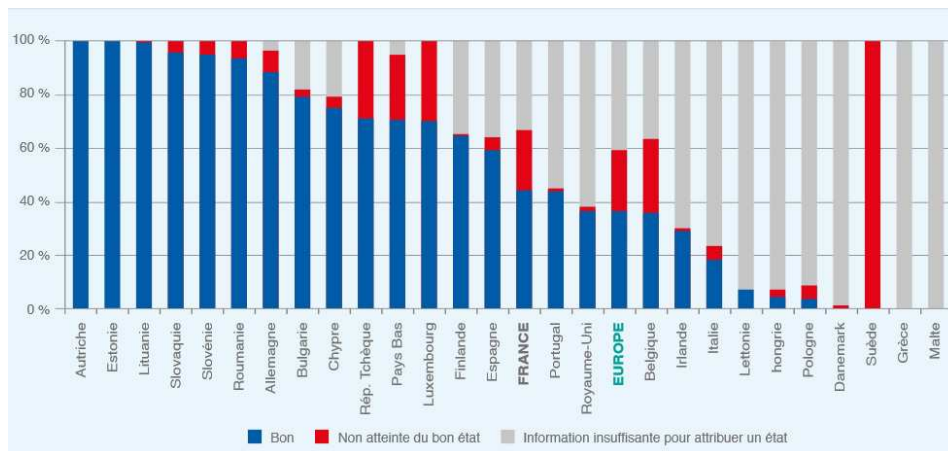


Figure 29 - Répartition des masses d'eau de surface selon l'état écologique en Europe



¹² Le nombre de classes étant limité à deux (« bon » ou « non atteinte du bon état »), les experts privilégient le plus souvent un classement en état « information insuffisante pour attribuer un état » (ou état « indéterminé ») en cas de doute. C'est en particulier le choix qu'a fait le bassin Loire-Bretagne en 2013, ce qui explique que 100 % de ses masses d'eau cours d'eau soient en état indéterminé. A l'inverse, en Guyane, la fiabilisation des données permet désormais de caractériser 83,4 % des masses d'eau cours d'eau en bon état chimique (contre 0 % en 2010).

TENEURS EN NITRATES, PHOSPHATES ET PESTICIDES DES COURS D'EAU (SOeS, 2015-2016)

Définition de l'indicateur

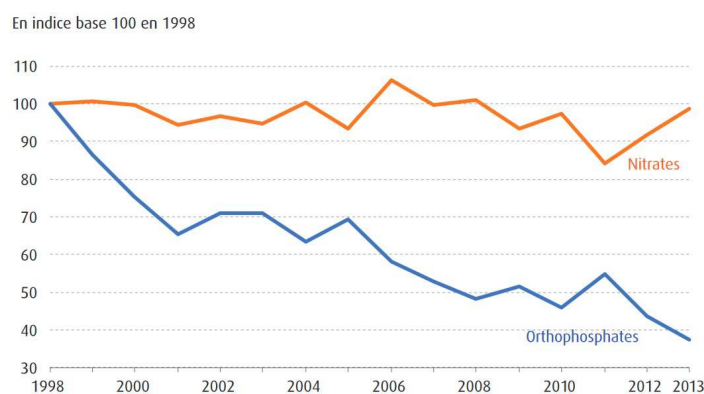
La présence de pesticides, de nitrates et de phosphates dans les cours d'eau est appréciée à partir de données de surveillance physico-chimique collectées par le Ministère en charge de l'environnement auprès des agences et des offices de l'eau.

Résultats

Nitrates et phosphates

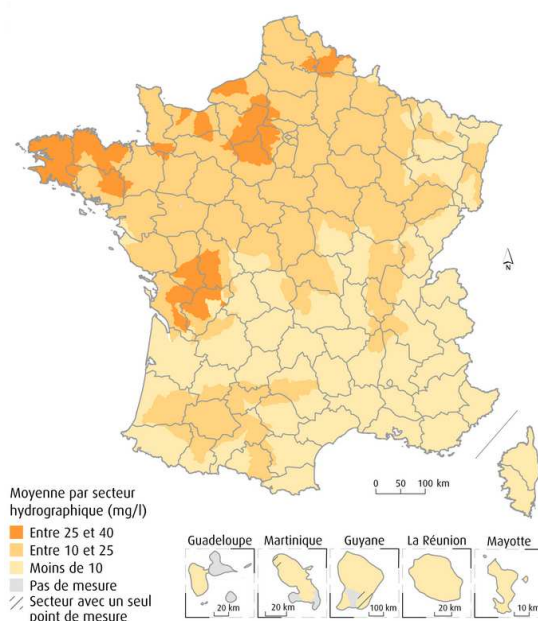
Les teneurs en phosphates dans les cours d'eau ont fortement diminué depuis la fin des années 1990 grâce à l'amélioration du traitement des eaux usées urbaines, à la réduction des teneurs en phosphates des lessives, et à la baisse sensible de l'utilisation des engrais phosphatés. En revanche, la légère baisse du recours aux engrais azotés n'a pas eu d'effet sur les teneurs en nitrates, celles-ci demeurant stables.

**Figure 30 - Evolution de la pollution des cours d'eau par les nitrates et les phosphates
(Source : Agences de l'eau – Traitements : SOeS)**



Note : l'indice est calculé avec des données partielles sur les bassins Seine-Normandie et Adour-Garonne, respectivement pour les années 2008-2009 et 2010-2011, en raison de séries ponctuellement incomplètes.

**Figure 31 - Concentration moyenne en nitrates dans les cours d'eau en 2011
(Source : Agences et Offices de l'eau, SOeS BD Carthage - Traitements : SOeS)**



Pesticides

En 2013, la présence de pesticides est avérée dans 92 % des 2 950 points de surveillance de la qualité des cours d'eau français. Les points de surveillance exempts de pesticides sont principalement situés dans les régions à agriculture peu intensive ou à proximité des zones de relief, dans le quart sud-est de la France métropolitaine à proximité des Alpes, en bordure du Massif central, massifs vosgiens et jurassiens et dans les départements d'outre-mer (DOM), à l'exception des Antilles. Au total, plus de 400 substances ont été retrouvées au moins une fois en 2013 sur les 670 recherchées. Toutes ne sont pas présentes partout, néanmoins, les points touchés font état d'une grande variété de substances : plus de 10 pesticides différents ont été retrouvés dans près de 60 % des cas.

Figure 32 - Nombre de pesticides différents détectés en 2013 par point dans les cours d'eau (Source : Agences et Offices de l'eau – Traitements : SOEs)

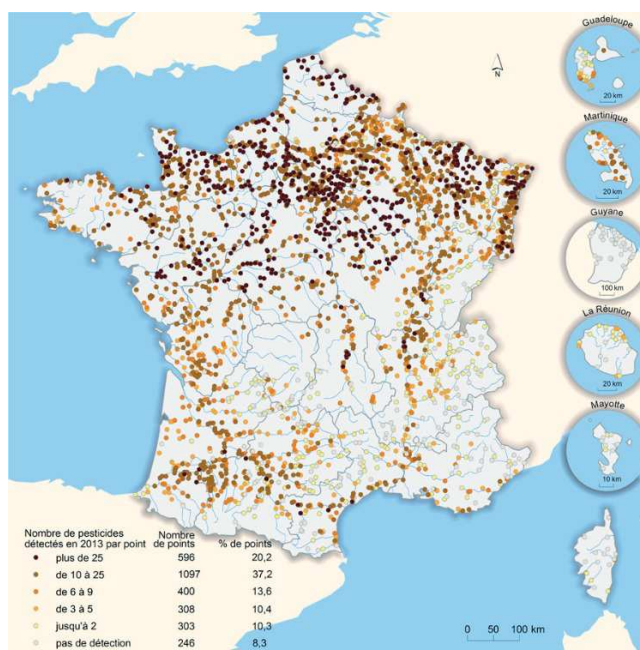
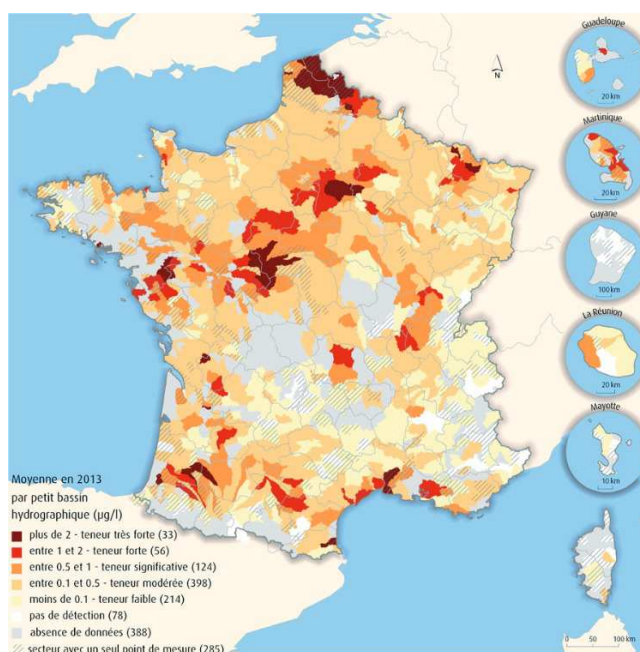


Figure 33 - Teneur moyenne en pesticides par petits bassins hydrographiques (Source : Agences et Offices de l'eau – Traitements : SOEs)



EVOLUTION DE LA SUPERFICIE DES MILIEUX HUMIDES

(SOeS, 2012)

Définition de l'indicateur

Des enquêtes menées à dire d'experts par le SOeS sur un échantillon sites de métropole et d'outre-mer ont permis d'obtenir une évaluation qualitative de l'état des milieux humides et de leurs problématiques. L'évolution de leur surface a ainsi pu être approximée.

Résultats

La deuxième moitié du XX^e siècle a été marquée par la régression des surfaces de milieux humides sur le territoire métropolitain français. Sur la base d'une liste restreinte de grandes zones humides dites « zones humides d'importance majeure », il a ainsi été évalué que plus de 50 % de ces milieux avaient disparu entre 1960 et 1990. La reconnaissance internationale et nationale des différents intérêts (écologiques, culturels, économiques, etc.) que peuvent revêtir les zones humides a permis un ralentissement de cette régression sur la période 1990 à 2010. Les superficies des milieux humides sont ainsi restées stables dans 70 % des cas. Les prairies et landes humides, les tourbières, les dunes et pannes dunaires continuent toutefois de perdre de leur superficie. À contrario, les milieux artificiels, dont les gravières, se sont étendus sur cette même période.

Figure 34 - Evolution des superficies des milieux humides naturels entre 1990 et 2000 (SOeS)

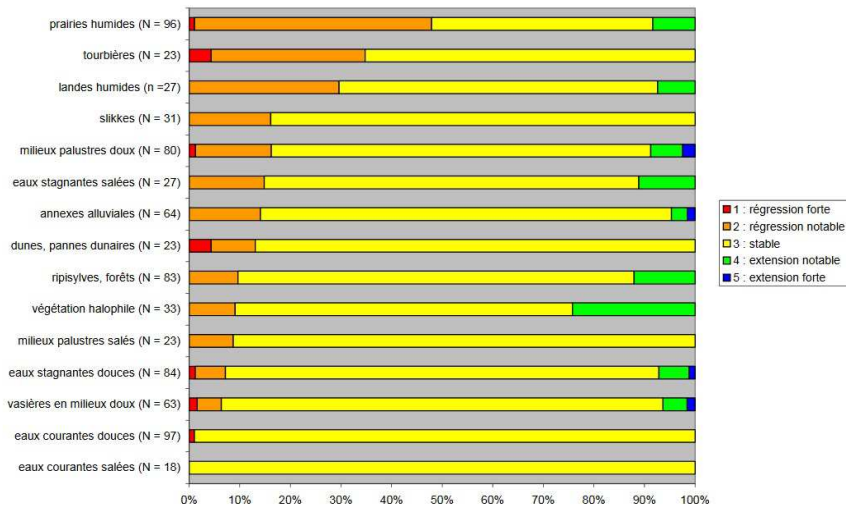
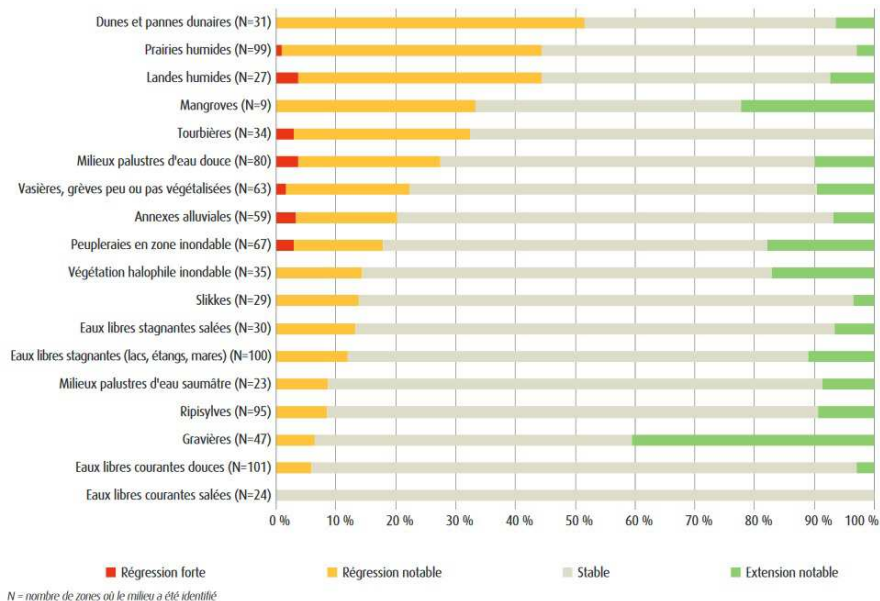


Figure 35 - Evolution des superficies des milieux humides entre 2000 et 2010 (SOeS)



ETAT DE CONSERVATION DES HABITATS D'EAUX DOUCES, TOURBIERES ET BAS-MARAIS (Bensettiti, 2015)

La directive Habitats-Faune-Flore de 1992 (92/43/CEE) (DHFF) constitue, avec la directive Oiseaux de 1979 (2009/147/CE), un instrument important de la politique de l'Union européenne (UE) en matière de biodiversité. De nombreux experts ont ainsi été mobilisés pour la rédaction, la relecture et la validation des fiches d'évaluation, fruit d'une collaboration étroite entre les scientifiques, gestionnaires et autres acteurs des milieux naturels.

Définition de l'indicateur

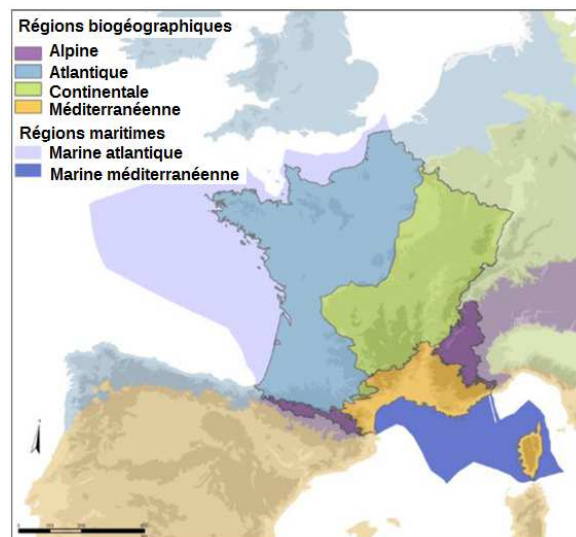
Deux indicateurs d'état de conservation des habitats liés aux milieux humides en France métropolitaine sont présentés. Le premier concerne les habitats d'eaux douces, qui comprennent les eaux courantes et stagnantes. Le deuxième concerne les tourbières à sphaignes et les bas-marais.

L'état de conservation des habitats est évalué selon quatre paramètres : l'aire de répartition, les surfaces couvertes, les structures et fonctions et les perspectives futures. Les évaluations de ces quatre paramètres sont ensuite agrégées, ce qui permet de conclure sur l'état de conservation global en fonction du paramètre le plus mauvais, selon le principe de précaution¹³. 4 catégories d'état de conservation sont définies au final : « favorable », « défavorable-inadéquat », « défavorable-mauvais » et « inconnu ».

Lorsque les données sont insuffisantes pour documenter précisément l'évaluation d'un paramètre, ce sont les avis d'experts qui sont pris en compte. Cependant, en cas de données insuffisantes, l'état de conservation peut également être rapporté comme inconnu.

Les indicateurs présentés sont déclinés géographiquement sur la base d'une division écologique du territoire métropolitain. 4 régions biogéographiques terrestres, chacune ayant ses propres caractéristiques de végétation, de climat et de géologie sont ainsi définies (cf. Figure 36).

Figure 36 – Cartes des régions biogéographiques terrestres et marines utilisées dans le cadre du rapportage pour la France. (EAA ETC/BD et MNHN-SPN)



Origine et description des données sources

Les indicateurs retenus sont issus du rapportage à la Commission européenne au titre de la directive Habitats-Faune-Flore sur l'état de conservation des habitats et des espèces d'intérêt communautaire (92/43/CE)¹⁴. Les inventaires écologiques, faunistiques et floristiques ont été réalisés par le Muséum

¹³ Le niveau le plus bas des quatre paramètres détermine le niveau attribué globalement à l'état de conservation de l'habitat.

¹⁴ La directive Habitats-Faune-Flore est une directive européenne dont l'objet est de promouvoir la protection et la gestion des espaces naturels à valeur patrimoniale dans le respect des exigences économiques, sociales et culturelles. Cette directive s'appuie sur un réseau de sites écologiques protégés (Natura 2000).

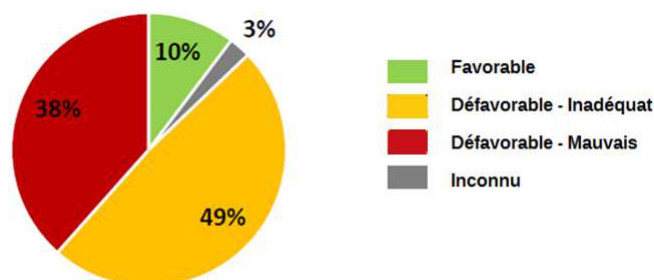
national d'histoire naturelle en partenariat avec des structures telles que l'Office national de la chasse et de la faune sauvage, l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques ou la Fédération des conservatoires botaniques nationaux. 39 évaluations ont été menées sur les habitats d'eau douce et 29 sur les tourbières et les bas-marais.

Résultats

Habitats d'eaux douces

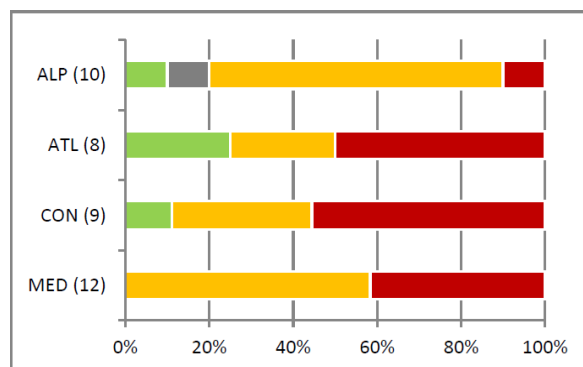
Près de 90 % des habitats d'eaux douces (eaux courantes et eaux stagnantes) sont dans un état de conservation défavorable (38 % en « défavorable-mauvais » et 49 % en « défavorable-inadéquat »). Seul 10 % des habitats sont dans un état de conservation jugé favorable (cf. Figure 37). Les milieux d'eaux douces se situent ainsi parmi les écosystèmes les moins bien conservés au niveau national. En effet, 68 % des habitats rocheux sont dans un état de conservation jugé favorable, 18 % pour les habitats de prairies et 17 % pour les habitats forestiers.

Figure 37 – Etat de conservation des habitats d'eaux douces



À l'échelle biogéographique, les régions continentale (CON) et atlantique (ATL) sont celles où les eaux douces stagnantes et courantes sont dans un état de conservation « défavorable-mauvais » à plus de 50 % (cf. Figure 38). En région méditerranéenne (MED), l'état de conservation de ces habitats est également mauvais avec 40 % en état « défavorable-mauvais » et 60 % en état « défavorable-inadéquat ». C'est dans la région alpine (ALP) que les habitats d'eaux douces sont relativement moins dégradés, même si la majorité est en état « défavorable-inadéquat ».

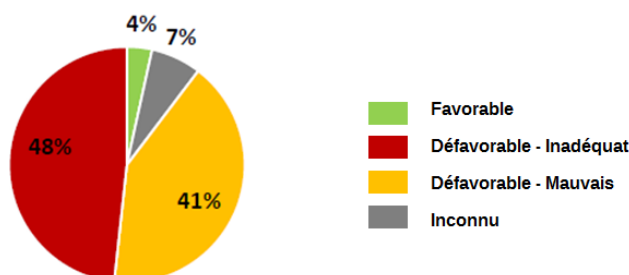
Figure 38 – Résultats de l'état de conservation des habitats d'eaux douces par région biogéographique



Tourbières hautes, tourbières basses et bas-marais

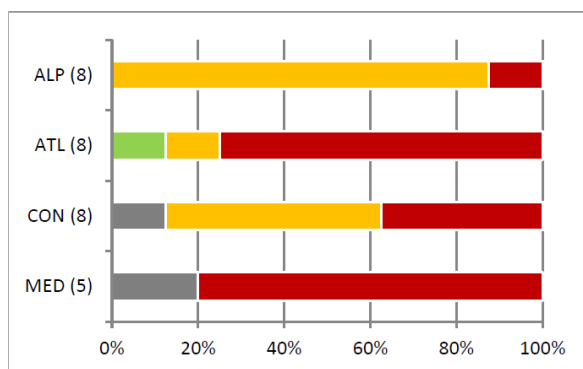
L'état de conservation des tourbières hautes, tourbières basses et bas-marais est « défavorable-mauvais » pour 41 % des évaluations et « défavorable-inadéquat » pour 48 % (cf. Figure 39). Ces habitats ont connu une détérioration importante au cours des dernières décennies. Les états inconnus (7 % des évaluations) concernent des problèmes de statut et d'interprétation pour certaines formes de tourbières en régions méditerranéenne et continentale.

Figure 39 – Etat de conservation des tourbières hautes, des tourbières basses et bas-marais



Les tourbières et bas-marais des régions atlantique et méditerranéenne apparaissent très affectés, avec respectivement 75 % et 80 % d'évaluations montrant un état de conservation défavorable mauvais (cf. Figure 40). En région continentale, l'ensemble des milieux tourbeux est dans un état défavorable, avec respectivement 38 % de défavorable mauvais et 50 % de défavorable inadéquat. En région alpine, les tourbières sont dans un état défavorable.

Figure 40 – Résultats de l'état de conservation des tourbières hautes, tourbières basses et bas-marais par région biogéographique



EVOLUTION DE LA SURFACE ET DE L'OCCUPATION DU SOL DES MILIEUX HUMIDES DANS LES SITES RAMSAR DE FRANCE METROPOLITAINE (Perennou, 2016)

Définition de l'indicateur

L'indicateur porte sur l'évolution, entre 1975 et 2005, de la surface et de l'occupation du sol des 32 sites Ramsar (cf. Encadré 6) que comptait la France métropolitaine à la date d'étude¹⁵.

Encadré 6 – Les sites Ramsar de France métropolitaine

Signataire de la Convention de Ramsar en 1971, la France a ratifié ce traité en 1986. Elle s'est alors engagée à préserver les zones humides de son territoire. La désignation d'une zone humide en site Ramsar représente un label de reconnaissance de son importance à une échelle internationale. On parle alors de zones humides d'importance internationale. Le choix de cette désignation est effectué à partir de différents critères : présence d'espèces menacées ou présence significative de certaines espèces (oiseaux d'eau par exemple) à l'échelle mondiale.

Origine et description des données sources

Le travail sur cet indicateur a été réalisé par la Tour du Valat. Les surfaces des 32 sites Ramsar ont été estimées à partir des données SIG (ShapeFiles) du site internet « Ramsar Sites Information

¹⁵ En décembre 2015 et en février 2017, un 33^e (Marais Vernier et Vallée de la Risle maritime) et un 34^e sites (Marais Breton, Baie de Bourgneuf, Ile de Noirmoutier et Forêt de Monts) Ramsar ont été désignés en France métropolitaine.

Service » lorsque celles-ci étaient disponibles ; à défaut sur une vectorisation des cartes officielles disponibles ; et en dernier lieu, lorsqu'aucun de ces formats n'était disponible, à partir des couches SIG de l'inventaire national du patrimoine naturel (INPN).

Résultats

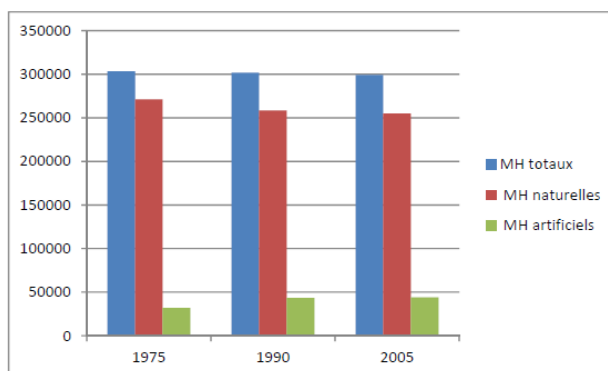
En 2005, sur un total de 804 500 ha cartographiés, 39 % (soit 310 700 ha) étaient des milieux humides. Sur ces 32 sites répertoriés, 25 sites ont plus de la moitié de leur surface en milieux humides (cf. Figure 41). Cependant, la proportion de milieux humides est très variable entre les sites, allant de 2 à 99 %. Cette disparité reflète la diversité des principes de désignation qui ont pu exister, avec des sites dont le tracé suit les limites des milieux humides et d'autres dont le tracé englobe des milieux humides dispersés au sein d'autres types de milieu.

Au cours des 30 dernières années, la surface totale des milieux humides est passée de 303 000 à 299 000 ha, soit une diminution de 1,3 %. Cette diminution paraît assez faible mais elle cache de grandes disparités selon les sites et résulte d'une double dynamique :

- Une régression des milieux humides naturels de 6,1 %, soit une perte de 16 400 ha.
- Une progression des milieux humides artificiels de 38,1 %, soit une augmentation de 12 400 ha.

Les sites qui ont connu les plus fortes pertes en milieux humides naturels (ripisylves, prairies inondables, etc.) sont aussi ceux ayant gagné le plus de surface en milieux humides artificiels (lacs-réservoirs, étangs de pisciculture, rizières, etc.).

Figure 41 - Superficie (en ha) des milieux humides au sein des sites Ramsar métropolitains



Caractéristiques et robustesse de l'indicateur

Le taux d'erreur de ce type de travail par images satellitaires est de 12 %, ce qui est jugé satisfaisant à l'échelle d'un très grand territoire ou d'un ensemble de sites. Pour les sites considérés individuellement, seuls les chiffres globaux tels que les surfaces en milieux naturels ou artificiels peuvent être considérés comme fiables.

Cette méthode ne permet pas des analyses fines de type répartition des habitats, mais elle permet une approche globale et comparable des 32 sites, aux mêmes dates et avec la même méthode et donc les mêmes biais. Elle permet ainsi de mettre en évidence de grandes tendances sur l'ensemble des sites Ramsar métropolitains.

D'un point de vue statistique, les 32 sites représentent un échantillon de taille faible pour pouvoir tester la significativité des tendances obtenues. Ainsi, des résultats statistiquement non significatifs peuvent signifier qu'il n'existe pas de tendance suffisamment forte pour être observable sur un échantillon de cette taille.

Enfin, ces chiffres concernent les sites Ramsar présents en France métropolitaine et ne sont pas forcément représentatifs de l'évolution de tous les milieux humides à l'échelle nationale.

NOMBRE D'ESPECES MENACEES VIVANT DANS LES MILIEUX HUMIDES

(d'après les données des listes rouges nationales de l'UICN)

Définition de l'indicateur

Cet indicateur présente le nombre d'espèces menacées vivant dans les milieux humides de France métropolitaine.

Les espèces menacées sont référencées dans les listes rouges nationales de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature). Chaque espèce est classée en fonction de 5 critères qui déterminent la catégorie à laquelle elle appartient : le risque d'extinction, la taille de la population, le taux de déclin, la taille de son aire de répartition géographique et son degré de fragmentation.

Un seuil quantitatif est fixé pour chacun de ces critères et permet de classer les espèces dans différentes catégories selon le degré de menace pesant sur elle et le risque de disparition, en fonction des données disponibles : En danger critique d'extinction (CR), En danger (EN), Vulnérable (VU), Quasi-menacée (NT), Préoccupation mineure (LC). Lorsque qu'il n'y a pas assez de données pour déterminer le degré de menace, l'espèce est classée dans la catégorie Données insuffisantes (DD).

Origine et description des données sources

Les données sont issues de la Liste rouge des espèces menacées en France réalisée par le Comité français de l'UICN et le Muséum national d'Histoire naturelle. Cette liste est établie conformément aux critères internationaux de l'UICN et repose sur la contribution d'un important réseau d'experts et associe les établissements et associations disposant d'une expertise et de données fiables sur le statut de conservation des espèces considérées. En effet, cette liste rouge nationale mobilise l'expertise des spécialistes de la Commission de sauvegarde des espèces de l'UICN France et des scientifiques du MNHN mais également de nombreuses organisations telles que la Ligue pour la protection des oiseaux, la Société herpétologique de France, la Société française pour l'étude et la protection des mammifères, l'Office national de la chasse et de la faune sauvage, l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques, etc.

Pour les données sur les mammifères, les reptiles et les oiseaux nicheurs, les espèces ont été comptabilisées dès lors qu'un de leur trait d'histoire de vie (alimentation, reproduction, zone de repos) est lié à un ou plusieurs milieux humides. Concernant les poissons d'eau douce et les amphibiens, la totalité des espèces présentes sur la liste rouge nationale a été comptabilisée, ces espèces étant, par définition, liées aux milieux humides.

Concernant les départements ultramarins, des données sur les oiseaux de la Réunion, de Mayotte et de la Polynésie française existent et ont été relevées afin de mettre en lumière la biodiversité parfois endémique de ces territoires.

Encadré 7 – La liste rouge des libellules de France métropolitaine

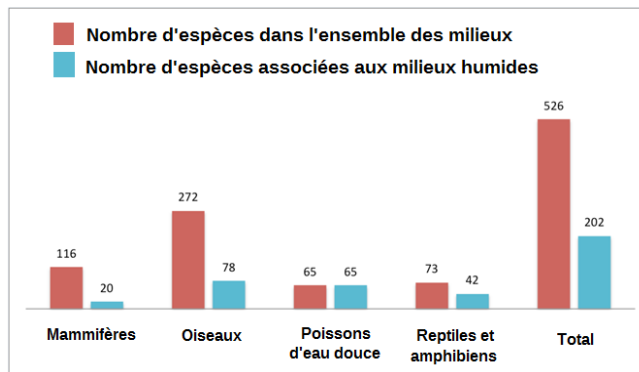
Au bord des cours d'eau et des étangs, dans les mares et les tourbières, onze espèces de libellules sont aujourd'hui menacées de disparition en France sur les 89 espèces présentes sur le territoire métropolitain. Treize autres se révèlent quasi menacées, ce qui signifie que le nombre de libellules menacées pourrait doubler à l'avenir si rien n'était entrepris pour préserver les zones humides dont elles dépendent. Mené dans le cadre de la Liste rouge nationale, cet état des lieux a été réalisé par le Comité français de l'UICN et le Muséum national d'Histoire naturelle, en partenariat avec l'Office pour les insectes et leur environnement (Opie) et la Société française d'Odonatologie (SfO).

Résultats

Plus d'un tiers des espèces présentes en France métropolitaine vit dans les milieux humides

En se basant sur les groupes taxonomiques des mammifères, des oiseaux nicheurs, des amphibiens, des reptiles et des poissons d'eau douce, sur un total de 526 espèces répertoriées, 202 peuvent être associées aux milieux humides, ce qui représente approximativement 38 % des espèces de ces différents groupes taxonomiques présentes en France (cf. Figure 42).

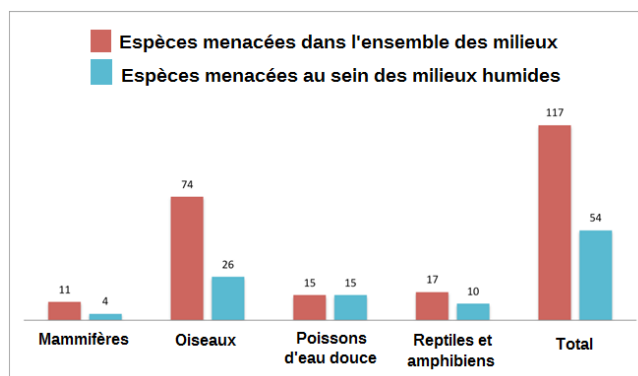
Figure 42 - Part d'espèces de France métropolitaine inféodées aux milieux humides (adapté des listes rouges nationales de l'UICN)



Près de 45 % des espèces menacées de France métropolitaine vivent dans les milieux humides

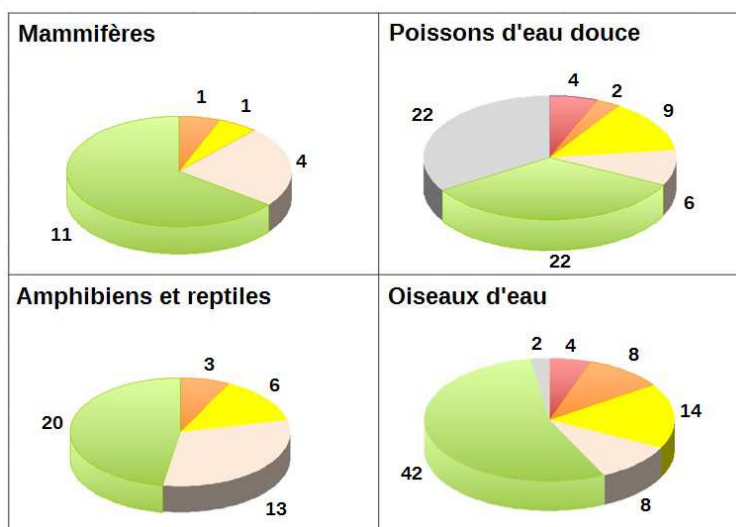
Dans ces mêmes groupes taxonomiques, sur un total de 117 espèces menacées en France métropolitaine, 52 sont inféodées aux milieux humides, ce qui signifie qu'environ 44 % d'espèces menacées vivent dans les milieux humides (cf. Figure 43).

Figure 43 - Part d'espèces menacées de France métropolitaine inféodées aux milieux humides (adapté des listes rouges nationales de l'UICN)



Les milieux humides de France métropolitaine abritent 8 espèces en danger critique d'extinction, 14 espèces en danger et 30 espèces vulnérables

Figure 44 - Nombre d'espèces menacées inféodées aux milieux humides selon leur taxon et leur classement dans la liste rouge nationale (adapté des listes rouges nationales de l'UICN)



Légende : En danger critique (CR), En danger (EN), Vulnérable (VU), Quasi-menacé (NT), Préoccupation mineure (LC), Données insuffisantes (DD)

- ⇒ Pour les mammifères, 11 espèces sont menacées de disparition en France dont 2 sont inféodées aux milieux humides. Ainsi, le vison d'Europe est considéré comme étant en danger et le murin de Cappaccini comme vulnérable.
- ⇒ La liste rouge des espèces de poissons d'eau douce montre que sur 65 espèces recensées, 15 sont menacées dont 4 en danger critique d'extinction (anguille européenne, apron du Rhône, chabot du Lez et esturgeon européen), 2 en danger (loche d'étangs et truite à grosse tâches) et 9 vulnérables.
- ⇒ 1 espèce de reptile et 8 espèces d'amphibiens inféodées aux milieux humides sont menacées sur un total de 17 espèces menacées en France. Pour les reptiles, l'émyde lépreuse est classée comme vulnérable. 3 espèces d'amphibiens sont en danger (la grenouille des champs, la grenouille des Pyrénées et le pélobate brun) et 5 sont vulnérables (le calotriton des Pyrénées, le pélobate cultripède, la rainette ibérique, la salamandre noire et le sonneur à ventre jaune).
- ⇒ Parmi les 74 espèces d'oiseaux nicheurs menacées de disparition, 26 sont des oiseaux d'eau. Au sein de celles-ci, 4 sont en danger critique d'extinction (eider à duvet, grue cendrée, marouette de Baillon et marouette poussin), 8 sont en danger (bécassine des marais, flamant rose, râle des genêts, etc.) et 14 sont vulnérables (balbuzard pêcheur, butor étoilé, oie cendrée, etc.).
- Certaines espèces menacées et inféodées aux milieux humides bénéficient d'un plan national d'action visant à assurer leur bon état de conservation et à faciliter l'intégration de leur protection dans les politiques sectorielles.
 - ⇒ Pour les mammifères, la loutre d'Europe, les chiroptères de France métropolitaine, le desman des Pyrénées et le vison d'Europe bénéficient d'un plan national d'action, ce qui représente 4 plans nationaux d'action sur les 8 existants pour les mammifères au total.
 - ⇒ Pour les oiseaux, 3 espèces sont concernées par un plan national d'action : le butor étoilé, le balbuzard pêcheur et le râle des genêts.
 - ⇒ L'esturgeon européen est le seul poisson d'eau douce à bénéficier de ce type de plan.
 - ⇒ 1 espèce de reptile et 3 espèces d'amphibiens sont également concernées : l'émyde lépreuse, le crapaud vert, le pélobate brun et le sonneur à ventre jaune.
- D'autres espèces des milieux humides telles que l'anguille et le saumon bénéficient de plan de protection avec respectivement un plan national pour la gestion de l'anguille et un plan français de préservation du saumon.
- Concernant les départements ultramarins de la Réunion, de Mayotte et de la Polynésie française, on y trouve 23 espèces d'oiseaux associés aux milieux humides dont 11 sont classées sur la liste rouge nationale de l'UICN. Le crabier blanc et le héron strié sont deux espèces en danger critique d'extinction, la grande aigrette et le héron Humblot sont classés en danger et 7 espèces sont classées vulnérables telles que le canard à sourcils, le grèbe castagneux ou encore le courlis d'Alaska.

EVOLUTION DES EFFECTIFS D'ANATIDES ET FOULQUES HIVERNANT EN FRANCE ENTRE 1980 ET 2014 (Deceuninck, 2016)

Définition de l'indicateur

Les oiseaux d'eau, dont les anatidés (canards, oies, cygnes, etc.) et les foulques font l'objet de comptages chaque année sur l'ensemble des zones humides de France métropolitaine. Plus de 1,1 million d'anatidés et foulques ont été dénombrés en moyenne sur la période 2008-2012. Ces comptages sont coordonnés au niveau national par la LPO et s'inscrivent dans le cadre d'un programme international de suivi (« International Waterbird Census ») coordonné par *Wetlands International*, une ONG dont l'objectif principal est la protection des zones humides et des espèces d'oiseaux qui en dépendent.

Origine et description des données sources

Les oiseaux d'eau hivernants sont dénombrés tous les ans à la mi-janvier depuis 1967, soit au moment de l'hiver pendant lequel ils ne sont pas en migration. En France, environ 1 500 sites sont suivis par près d'un millier de participants, pour la plupart des observateurs bénévoles issus d'une centaine de structures (associations, établissements publics, etc.). Les sites de comptages, dits sites élémentaires, sont regroupés en un peu plus de 400 entités fonctionnelles. Ces dernières sont des ensembles de sites exploités par les oiseaux durant tout leur cycle d'activité hivernale, principalement rythmée par le gagnage (alimentation) et la remise (repos) pour les canards. Ces sites fonctionnels peuvent être constitués d'une ou plusieurs baies, un tronçon de cours d'eau, un marais, un groupe d'étangs ou un réseau de lagunes.

Résultats

L'évolution générale des effectifs d'anatidés et de foulques est positive depuis la fin des années 1970, principalement par la mise en place de la protection des espèces et des espaces naturels qui leur sont nécessaires dans les différents pays parcourus tout au long de leur cycle de vie. Les effectifs des anatidés ont été multipliés par près de 2 en 30 ans. La baisse de rigueur climatique favoriserait également des stationnements plus longs, voire des hivernages d'espèces descendant auparavant plus au sud. Malgré des variations annuelles, la progression globale des anatidés et foulques se confirme. Les analyses de tendances basées sur les comptages réalisés depuis 1967 mettent en évidence une progression des effectifs globaux d'oiseaux d'eau en hiver (*cf.* Figure 45)

Figure 45 - Comparaison des tendances françaises des effectifs d'anatidés et de foulque macroule comptés en France en hiver à court et long terme avec les tendances enregistrées pour leurs populations biogéographiques

Espèce	Tendances françaises		Tendances européennes (2003-2014)	
	Long terme (1980-2014)	Court terme (2000-2014)	Europe du Nord-Ouest	Mer méditerranée
Bernache à ventre pâle	Forte augmentation	Forte augmentation	Fluctuant	-
Bernache cravant	Augmentation modérée	Stable	-	-
Bernache du canada	Forte augmentation	Forte augmentation	-	-
Bernache nonnette	Forte augmentation	Forte augmentation	Augmentation	-
Canard chipeau	Augmentation modérée	Augmentation modérée	Augmentation	Augmentation
Canard colvert	Déclin modéré	Augmentation modérée	Déclin	Déclin
Canard pilet	Stable	Stable	Déclin	Augmentation

Canard siffleur	Stable	Augmentation modérée	Déclin	Déclin
Canard souchet	Stable	Stable	Déclin	Fluctuant
Cygne chanteur	Forte augmentation	Forte augmentation	Augmentation	-
Cygne de Bewick	Augmentation modérée	Forte augmentation	Déclin	-
Cygne tuberculé	Forte augmentation	Augmentation modérée	Fluctuant	-
Eider à duvet	Stable	Incertain	Fluctuant	-
Foulque macroule	Augmentation modérée	Augmentation modérée	Déclin	Augmentation
Fuligule milouin	Stable	Stable	Déclin	Déclin
Fuligule milouinan	Déclin modéré	Déclin sévère	Augmentation	-
Fuligule morillon	Déclin modéré	Déclin modéré	Déclin	Déclin
Fuligule nyroca	Augmentation modérée	Forte augmentation	Augmentation	Déclin
Garrot à œil d'or	Stable	Déclin modéré	Déclin	-
Harelde boréale	Incertain	Incertain	Déclin	-
Harle bièvre	Augmentation modérée	Augmentation modérée	Déclin	-
Harle huppé	Stable	Déclin modéré	Fluctuant	Stable
Harle piette	Stable	Stable	Déclin	Déclin
Macreuse brune	Incertain	Incertain	Déclin	-
Macreuse noire	Stable	Stable	Déclin	-
Nette rousse	Stable	Augmentation modérée	Augmentation	Augmentation
Oie cendrée	Forte augmentation	Augmentation modérée	Augmentation	-
Oie des moissons	Déclin modéré	Déclin modéré	Déclin	Stable
Oie rieuse	Augmentation modérée	Augmentation modérée	Fluctuant	-
Sarcelle d'hiver	Stable	Augmentation modérée	Déclin	Augmentation
Tadorne de belon	Augmentation modérée	Stable	Déclin	Augmentation

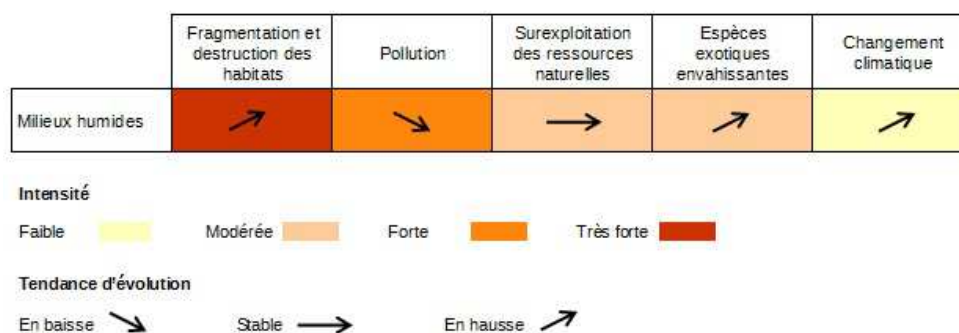
Chapitre 5

Facteurs de changements et tendances d'évolution

La dégradation des écosystèmes et l'érosion de la biodiversité sont liées à cinq grands facteurs : 1) la fragmentation et la destruction des habitats, 2) la pollution des milieux, 3) la surexploitation des ressources naturelles, 4) les espèces exotiques envahissantes et 5) le changement climatique (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2010).

L'impact de ces facteurs de changements sur les milieux humides français en termes d'intensité et de tendance d'évolution peut être documenté à partir de la littérature et des éléments d'analyse disponibles. Sur la base des réflexions conduites dans le cadre du groupe de travail sur les milieux humides de l'EFESE, la figure ci-dessous a ainsi été établie à dire d'experts. La fragmentation et destruction des habitats est identifiée comme le facteur de changement ayant le plus fort impact. Sa tendance d'évolution est à la hausse, comme celles des espèces exotiques envahissantes et du changement climatique. Bien qu'ayant encore un impact fort, la pollution des milieux est le seul facteur à afficher une tendance à la baisse, compte-tenu notamment des améliorations constatées sur de nombreux paramètres sur les dernières années. La problématique des polluants émergents pourraient toutefois remettre en cause cette tendance.

Figure 46 – Intensité et tendance d'évolution des facteurs de changements sur les milieux humides au niveau français



Les données mobilisées pour étayer les dire d'experts matérialisés dans ce tableau sont détaillées au sein de ce chapitre et s'appuient notamment sur les éléments ci-dessous :

Fragmentation et destruction des habitats

- Progression des monocultures intensives
- Développement de la populiculture
- Drainage de milieux humides
- Hausse du nombre d'obstacles sur les cours d'eau
- Urbanisation

Pollution

- Baisse de la pollution des cours d'eau par les matières organiques et phosphorées
- Stabilité des teneurs en nitrates des cours d'eau
- Polluants émergents

Surexploitation des ressources naturelles

- Stabilité des prélèvements d'eau pour les différents usages
- Extraction de la tourbe a entraîné une dégradation de la surface et de l'état de conservation des tourbières

Espèces exotiques envahissantes

- Hausse de la fréquence d'introduction d'espèces invasives du fait de la croissance démographique, des transports, du commerce et du tourisme

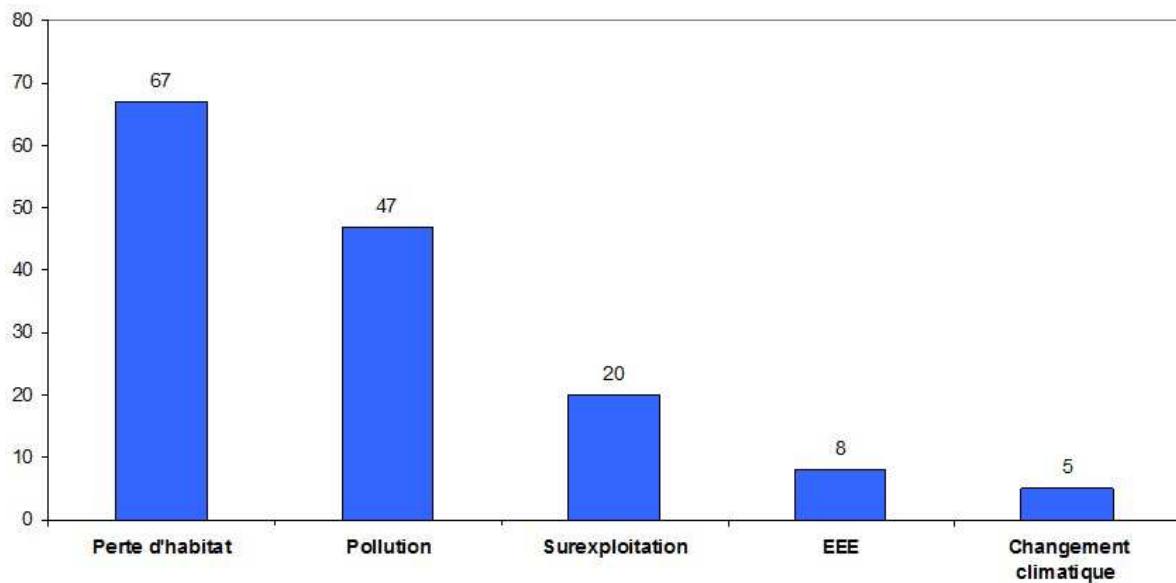
Changement climatique

- Ressources en eau suffisamment abondantes à l'heure actuelle malgré des situations de stress hydrique ponctuelles et localisées
- Prévisions de réduction des débits annuels à moyen terme

La caractérisation de l'intensité et des tendances d'évolution des facteurs de changements s'est également appuyée sur une estimation, à l'échelle nationale, de ceux-ci *via* le prisme des espèces inféodées aux milieux humides¹⁶ (cf. Chapitre 4 du présent rapport), estimation réalisée à partir de la liste rouge nationale de l'UICN où sont décrites, pour chaque espèce, les principales menaces auxquelles elle est confrontée et qui peuvent influencer le statut qui lui a été attribué (en danger critique, en danger, vulnérable, quasi-menacé ou préoccupation mineure).

Pour chaque espèce menacée inféodée aux milieux humides, une recherche systématique des menaces associées a été réalisée, une espèce pouvant être concernée par plusieurs menaces. Ces menaces ont ensuite été attribuées à l'un des cinq facteurs de changements préalablement cités (cf. Figure 47).

Figure 47 – Schéma représentant le nombre de fois où un facteur de changement est associé à une espèce menacée inféodée aux milieux humides



¹⁶ Cette estimation des facteurs de changement principaux est partielle car l'état des écosystèmes ne peut pas se résumer à la présence d'espèces.

FRAGMENTATION ET DESTRUCTION DES HABITATS



Les causes anthropiques de fragmentation et destruction des habitats

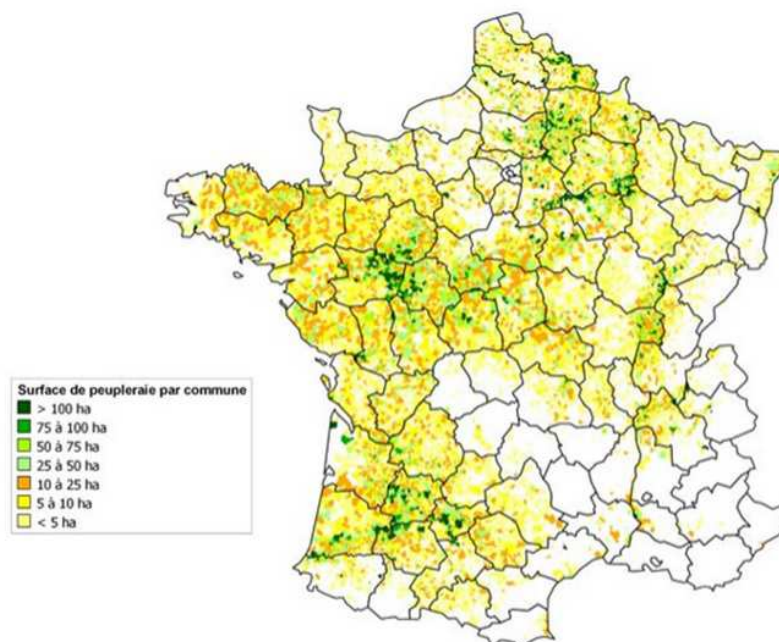
La sécheresse, le feu, les volcans, les séismes, de légères variations de températures ou des intempéries saisonnières sont des causes naturelles de pertes d'habitats. Ceci étant, les principales raisons de la fragmentation des habitats, de leur dégradation, voire de leur disparition, sont les modifications dans l'occupation des sols par les activités humaines. Plus particulièrement, les milieux humides sont touchés par : a) l'agriculture et l'élevage, b) le développement des infrastructures, c) l'exploitation minière et d) l'urbanisation.

Agriculture et élevage (Barnaud, 2007)

Depuis plusieurs dizaines d'années, les monocultures intensives ont remplacé progressivement les prairies des vallées alluviales. Très consommatrices en eau, certaines de ces monocultures (maïs) peuvent être sources de stress hydrique dans certaines régions lors d'épisodes de sécheresse, et ce malgré une diminution générale des surfaces de culture (Agreste, 2015).

Un autre type de culture intensive s'est développé à partir des années 1950, principalement dans les vallées alluviales : la populiculture (cf. Figure 48). L'impact de ce développement touche deux types de milieux alluviaux : les boisements et les prairies. Dans le cas d'une plantation en remplacement d'un boisement composé de plusieurs espèces ligneuses, le milieu ne comporte plus qu'une espèce (uniquement du peuplier), ce qui conduit à une altération des strates forestières, essentielles, entre autres, pour l'avifaune. Dans le cas de plantations dans une prairie, la diminution de la luminosité atteignant le sol, ainsi que l'apport de litière organique liée aux peupliers (par la chute des feuilles principalement), modifient les conditions de développement de la strate herbacée. La diversité floristique et faunistique est alors diminuée et de nombreuses espèces, dont des espèces patrimoniales (rôle des genêts, courlis cendré, etc.), peuvent être amenées à disparaître (zones humides alluviales).

Figure 48 – Répartition des peupleraies en France (Cadastre, 2003)

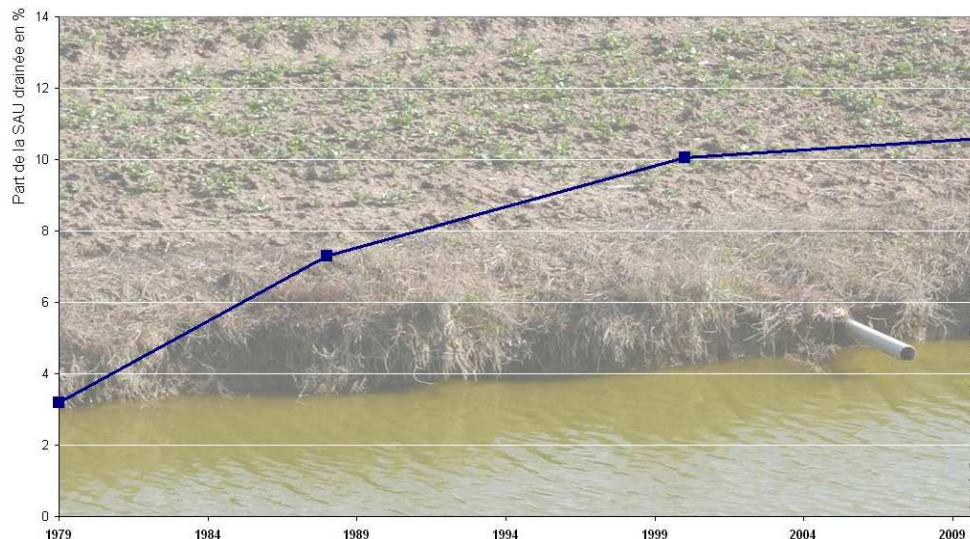


D'un point de vue agricole, le drainage artificiel permet d'éviter l'engorgement hivernal de certains sols¹⁷, préjudiciable à la croissance des jeunes plants, en particulier ceux des céréales d'hiver. De nombreuses terres ont ainsi été drainées pour améliorer la régularité des productions céréalières, ou encore pour transformer des prairies en grandes cultures. Cela peut conduire à la perte du caractère

¹⁷ L'engorgement d'un sol n'étant néanmoins pas forcément synonyme de zone humide.

« humide » du milieu ainsi qu'à certaines de ses fonctions. Entre 1979 et 2010, environ 10 % de la surface agricole utile en France métropolitaine, soit 2,8 millions d'hectares, ont été drainés. Cependant, on observe un ralentissement de la création de nouveaux drainages par drains enterrés, déclarés ou autorisés, durant les dernières décennies (cf. Figure 49).

Figure 49 – Evolution de la part de la superficie drainée dans la surface agricole utile en métropole entre 1979 et 2010 (Agreste. RA 1979, 1988, 2000 et 2010)



Concernant l'élevage, aussi bien sa régression que son intensification peuvent être cause de la dégradation des milieux humides. En effet, la déprise agricole, et donc l'abandon de milieux humides, entraîne la « fermeture » de certains milieux. On parle alors d'enfrichement car la végétation herbacée est progressivement remplacée par des broussailles, des arbustes puis des arbres. À l'inverse, l'intensification de l'élevage conduit à une augmentation de la charge de bétail, à du pâturage permanent ou à une fauche précoce, ce qui a tendance à réduire fortement la diversité biologique (Barnaud, 2007).

Développement des infrastructures d'aménagements des cours d'eau (Barnaud, 2007)

Les principaux aménagements réalisés sur la plupart des cours d'eau sont des endiguements, des canalisations, des mises à grand gabarit et des retenues d'eau. Les digues sont construites afin de limiter ou supprimer les déplacements latéraux des cours d'eau. L'énergie des cours d'eau est alors canalisée et donc accrue ce qui provoque une érosion du fond du lit et donc un enfoncement de la ligne d'eau provoquant l'abaissement du niveau de la nappe phréatique entraînant un assèchement des milieux riverains.

Les retenues d'eau peuvent être créées par des barrages, ce qui modifie le régime des rivières en stockant l'eau à certaines périodes et en la restituant à d'autres. Les grands barrages sont ceux qui ont le plus d'impacts au niveau du réservoir où les eaux deviennent plus ou moins stagnantes et à l'aval. La stabilisation de l'eau dans les réservoirs entraîne une accumulation de sédiments qui doivent être évacués périodiquement provoquant un colmatage des berges, des annexes hydrauliques et de la surface des milieux humides et donc entraînant à plus ou moins long terme une forte dégradation voire la disparition des milieux humides riverains.

Ces barrages ont également un rôle d'écrêtement des petites crues ce qui peut nuire à la reproduction de certaines espèces de poissons comme le brochet dont la femelle a besoin que les prairies restent inondées au moins trois semaines pour pouvoir y déposer ses œufs. Ils peuvent également nuire aux espèces végétales en diminuant la mobilisation de la charge de fond qui permet de renouveler les formes hydromorphologiques. Les plantes de début de succession comme la petite massette, liées aux cours d'eau dynamiques sont ainsi menacées de disparition (Girel, 2017).

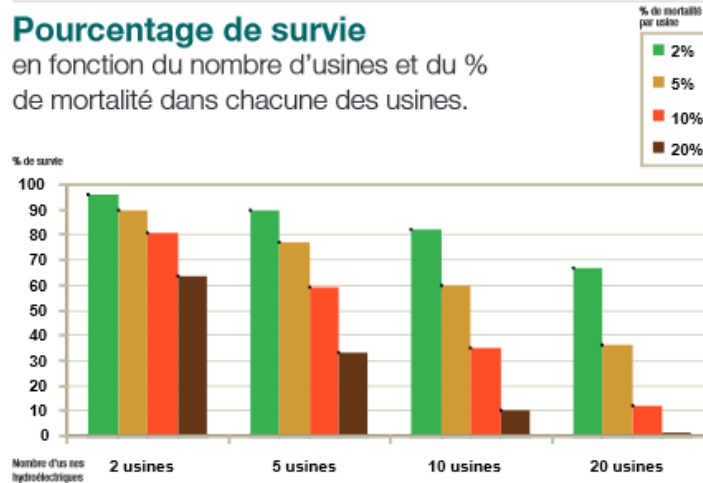
Ces petites crues permettent également la mise en eau régulière des milieux annexes des cours d'eau (bras morts, anciens méandres, etc.) qui jouent un rôle important dans le bon fonctionnement écologique des cours d'eau. Enfin, les crues sont utiles au façonnage du lit des cours d'eau, ce qui

permet le renouvellement des milieux riverains avec une incidence sur leurs caractéristiques et leurs propriétés. Les barrages présentent d'autres types d'impacts notamment sur les peuplements piscicoles qui peuvent être influencés d'une part par un cycle thermique artificialisé de l'eau (eaux froides lâchées au printemps et en été et eaux plus chaudes en automne) et d'autre part par un régime hydrologique modifié qui joue sur le potentiel d'abris et sur la qualité d'habitat.

Un dernier impact causé par ces aménagements est la rupture des continuités écologiques notamment des continuités piscicoles. En effet, la grande majorité des espèces de poissons ont besoin de circuler sur un linéaire de cours d'eau plus ou moins long pour accomplir leur cycle de vie : reproduction, alimentation, croissance, etc. La rupture dans la continuité piscicole peut donc avoir des conséquences sur la reproduction des espèces et, dans le pire des cas, conduire à la disparition de certaines d'entre elles. Un isolement des populations peut également être observé, et conduire à une limitation des échanges génétiques au sein d'une même espèce, augmentant ainsi le risque de disparition et limitant les possibilités de recolonisation des milieux (cf. Encadré 8).

Encadré 8 – Aménagements sur les cours d'eau et poissons migrateurs amphihalins (Contribution réalisée par Carmen Cantuarias-Villessuzanne et Sophie Unanoa, Ministère de la transition écologique et solidaire, 2017)

Les ouvrages transversaux (seuils, barrages, buses, etc.) créent un obstacle à la continuité écologique *via* une chute artificielle infranchissable. Cet impact est notablement accru sur les rivières empruntées par les poissons migrateurs amphihalins (anguille, saumon, esturgeon, etc.) ; pour lesquels compte tenu des longues distances de leur migration reproductive, le cumul d'ouvrages à franchir est un facteur particulièrement aggravant avec des retards dans les migrations que cela soit pour rejoindre les frayères ou pour repartir en mer, des pourcentages de pertes qui s'additionnent à chaque barrage, des blessures éventuelles liées au franchissement qui en font des proies plus faciles pour les prédateurs.



Ce schéma illustre bien l'impact de l'effet cumulé des obstacles à l'écoulement sur les populations de poissons migrateurs. Par exemple, si 1000 anguilles doivent franchir une série de 20 turbines ayant chacune un taux de mortalité de 10%, seulement 120 anguilles atteindront la mer.

Pour protéger ces poissons migrateurs amphihalins, la France a pris différents engagements internationaux et s'est dotée d'une stratégie nationale de gestion des poissons migrateurs amphihalins (STRANAPOMI), déclinée localement à l'échelle des unités de gestion de l'anguille (UGA) avec pour chacun un plan de gestion des poissons migrateurs (PLAGEPOMI). Ceux-ci fixent pour 6 ans, les mesures relatives à la protection et à la libre circulation des espèces, les conditions d'exercice de la pêche et les moyens humains et techniques disponibles.

.../...

.../...

La politique de reconquête des poissons migrateurs en France suit les recommandations décrites par Dufour et *al.* (2014) qui s'articulent autour de trois axes : (i) la sensibilisation (ii) l'aide à la décision et (iii) le financement des actions de restauration de la continuité écologique (aménagement, effacement ou arasement de l'ouvrage faisant obstacle à l'écoulement). Le ministère de la transition écologique et solidaire travaille pour inscrire ces actions dans une vision de long terme en les intégrant aux documents de planification. La solution recherchée à savoir la restauration de la continuité écologique doit apporter le meilleur gain écologique tout en tenant compte du rapport coût/bénéfice et des différentes dimensions liées notamment à la sécurité, aux usages associés et au patrimoine naturel.

Bibliographie

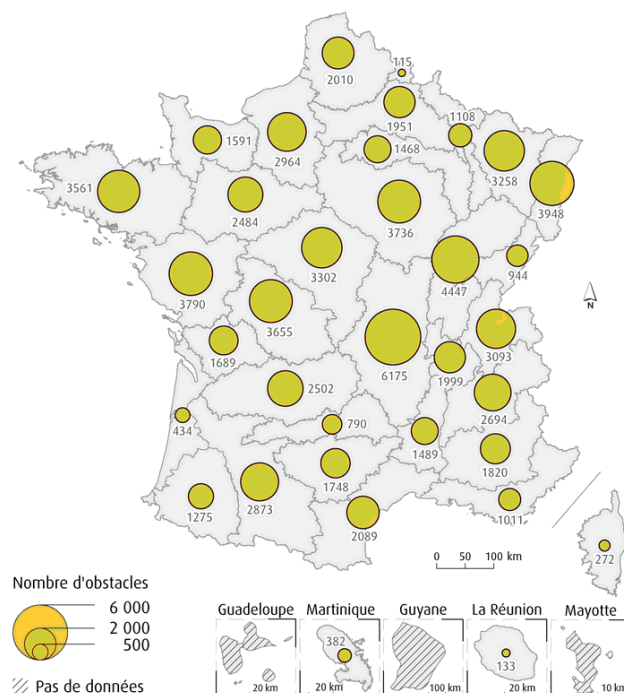
P. Caesstecker and B. Valadou, "La continuité écologique dans les zones humides littorales : un enjeu local, national et européen," *Les rencontres l'Onema*, vol. 41, p. 6, 2016

UICN France, MNHN, SFI & ONEMA, 2010. *La liste rouge des espèces menacées en France*, p12

S.Dufour, X. Arnauld de Sartre, M. Castro, J. Oswald & A.-J. Rollet, « Entre Panacée et boîte de Pandore, quel est l'apport effectif des services écosystémiques à la gestion des hydrosystèmes? ». *Services écosystémiques et gestion durable des cours d'eau*, 2014.

Actuellement, 76 800 obstacles ont été recensés dans une base de données développée par l'Onema : le référentiel des obstacles à l'écoulement sur les cours d'eau (ROE). Entre 2012 et 2015, 7 000 nouveaux ouvrages ont été référencés dans cette base, dont plus de 3 000 sur le bassin de la Loire. La répartition des obstacles sur le territoire français apparaît aujourd'hui comme très inégale mais les compléments d'inventaire à venir pourraient modifier cette répartition (*cf.* Figure 50).

Figure 50 – Nombre d'obstacles à l'écoulement par sous-unité de la DCE en 2014 (Système d'Information sur l'Eau – Ministère de l'Environnement – Onema et partenaires, ROE, 2014 – MEDDE, BD Carthage®, 2014. Traitements : SOEs, 2015)



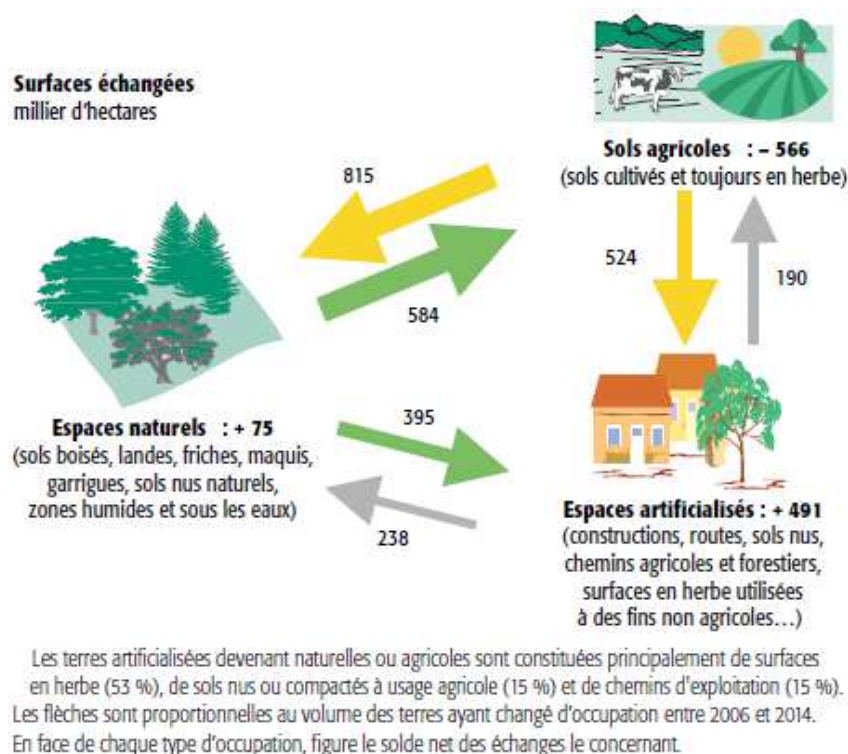
Exploitation de granulats (Pôle relais zones humides intérieures, 2003)

Les granulats sont des matériaux alluvionnaires (sables, graviers et cailloux), extraits pour la production de matériaux nécessaires à la construction des infrastructures routières et ferroviaires (80 %) ou des bâtiments (20 %). Les carrières représentent 350 à 400 millions de tonnes de granulats extraits chaque année en France. En 1994, on dénombrait 8 800 carrières, contre environ 6 000 actuellement. Celles-ci s'étendent sur 0,5 % du territoire métropolitain soit environ 275 000 hectares. C'est à l'échelle du paysage que se manifeste l'impact des carrières, notamment à travers leur extension dans de nombreux corridors fluviaux. Les extractions de granulats qui y sont réalisées perturbent fortement le niveau et la circulation des eaux.

Urbanisation (Ministère de l'Agriculture, 2015)

Les bâtiments, les routes, les parkings, mais aussi les parcs et jardins se développent chaque année sur des terres agricoles et des espaces naturels. Ces sols artificialisés ont ainsi gagné 490 000 hectares entre 2006 et 2014, soit 60 000 hectares par an en moyenne. Ils couvrent désormais 5,1 millions d'hectares en 2014, soit 9,3 % du territoire métropolitain. Les espaces naturels (sols boisés, landes et friches essentiellement, mais aussi sols nus naturels et zones humides) s'accroissent beaucoup plus modérément (10 000 ha par an) sous l'effet de deux flux qui se compensent en grande partie (cf. Figure 51). D'un côté, ils reculent face à la poussée de l'urbanisation. Il a d'ailleurs été montré qu'il existe une importante corrélation négative entre la densité des populations humaines et les surfaces occupées par des milieux humides (Gibbs, 2000). D'un autre côté, ils gagnent des terres abandonnées par l'agriculture. En 2014, les espaces naturels occupent 22,8 millions d'hectares, soit 40 % du territoire. Les sols agricoles couvrent encore la majorité du territoire (51 %) avec 28 millions d'hectares.

Figure 51 – Changement d'occupation des sols entre 2006 et 2014 (SSP - Agreste - Enquêtes Teruti-Lucas)



L'urbanisation et les aménagements associés se traduisent par une imperméabilisation des sols, des remblaiements, des assèchements, etc. qui peuvent entraîner la perte de milieux humides ou perturber leur fonctionnement. D'autres effets de l'urbanisation sur les milieux humides peuvent être mentionnés :

- La modification des approvisionnements en eau et des écoulements dans les zones humides par la création de nouveaux réseaux et l'imperméabilisation de surfaces (Augmentation du ruissellement, diminution de l'infiltration, etc.).
- Le mitage et le cloisonnement de l'espace qui créent des ruptures dans les connexions écologiques, perturbant le bon fonctionnement des milieux aquatiques et des espèces qui y vivent. Par exemple, les aménagements comme les ponts ou les chenalizations peuvent perturber la continuité écologique, accélérer les débits ou réduire les habitats.
- Les pollutions accidentelles ou diffuses le long des voies de circulation : lessivage des chaussées entraînant sels ou métaux lourds, emploi d'herbicides sur les accotements, etc.
- La suppression de la végétation naturelle riveraine qui contribue à la perte d'habitats.

Des outils de lutte contre la fragmentation des habitats

Trame verte et bleue (Ministère de l'Environnement, 2017)

Instaurée par la loi Grenelle 2 du 12 juillet 2010, la trame verte et bleue est un projet national dont l'objectif est l'enrayement de la perte de biodiversité, reposant sur la préservation et la restauration des réseaux de milieux naturels qui permettent aux espèces de circuler et d'interagir. Ces réseaux d'échanges, appelés continuités écologiques, sont constitués de réservoirs de biodiversité reliés les uns aux autres par des corridors écologiques.

La trame verte et bleue inclut une composante verte qui fait référence aux milieux naturels et semi-naturels terrestres et une composante bleue qui fait référence aux réseaux aquatiques et humides.

La politique de la trame verte et bleue repose sur trois niveaux :

- Des orientations nationales.
- Des schémas régionaux de cohérence écologique, documents stratégiques pour l'aménagement durable des territoires. Grâce à ces schémas, les collectivités peuvent décliner et préciser la trame verte et bleue sur leur territoire, en y associant l'ensemble des acteurs concernés.
- Des documents de planification et projets de l'État et des collectivités territoriales, particulièrement en matière d'aménagement de l'espace et d'urbanisme (plan local d'urbanisme, plan local d'urbanisme intercommunal, schéma de cohérence territoriale, carte communale).

De par ses différents niveaux de mise en œuvre, la trame verte et bleue doit permettre à de nombreux secteurs économiques et acteurs de contribuer au maintien et à la restauration des continuités écologiques.

Dans le cas des activités agricoles, certaines pratiques doivent ainsi être encouragées, telles que l'agropastoralisme qui permet le maintien de milieux ouverts (prairies, landes, pelouses) propices à de nombreuses espèces, l'agroforesterie ou l'agriculture biologique. Plus généralement, le maintien et la restauration d'infrastructures agroécologiques (haies, bandes enherbées, bocages, arbres isolés et bosquets, mares, bords des cours d'eau) ou une gestion adaptée des bordures de champs (qui constituent des refuges pour les espèces) revêtent également un intérêt pour enrayer la perte de biodiversité.

Sur la problématique des obstacles à l'écoulement des cours d'eau, l'effacement des ouvrages ou leur aménagement (installation de passes à poissons par exemple), peut permettre une meilleure circulation des espèces et donc d'assurer leur cycle de vie.

Programmes d'intervention des Agences et Offices de l'eau

Au niveau national, les Agences et Offices de l'eau jouent un rôle clé dans la préservation et la restauration des milieux humides. À travers leur programme d'intervention, elles peuvent attribuer des subventions à différents types d'actions (étude, restauration, renaturation, acquisition, animation) et donc favoriser, *in fine*, le rétablissement des continuités écologiques.

Parmi les mesures de restauration existantes, peuvent être citées : la création de zones humides alluviales, la protection de berges, la suppression totale ou partielle des obstacles sur les cours d'eau ou la reconnexion des annexes hydrauliques.

POLLUTION DES MILIEUX

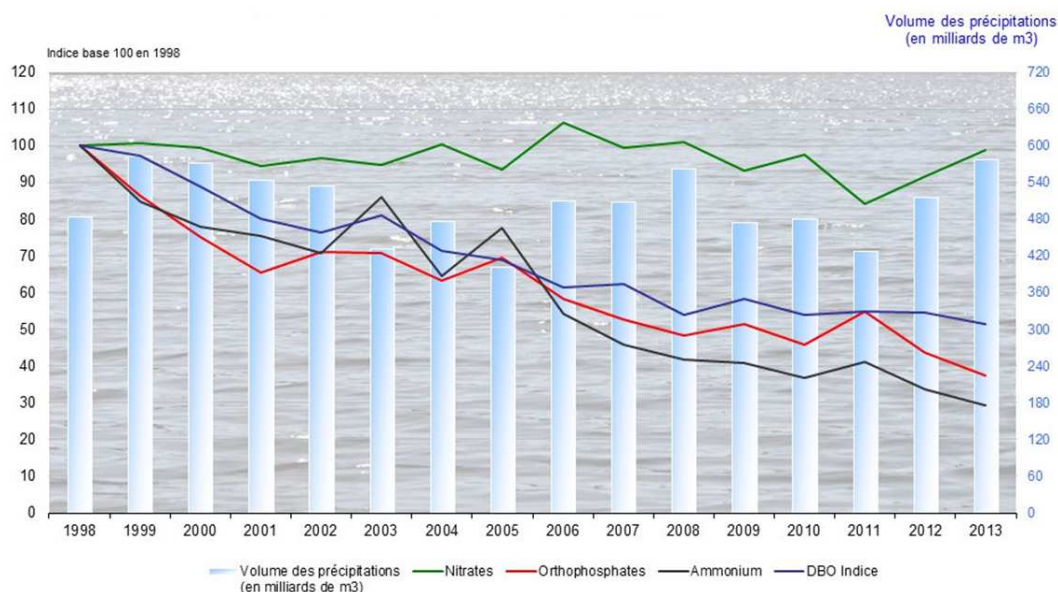


Différents types de pollutions peuvent porter atteinte aux milieux humides, perturber les cycles et relations au sein des écosystèmes en affectant négativement la biodiversité et la ressource en eau. Ceci peut notamment être le cas des gaz à effet de serre, des produits fertilisants et phytosanitaires utilisés en agriculture, des rejets d'origine industrielle et domestique, des déchets toxiques, etc.

Des évolutions encourageantes pour plusieurs polluants (SOeS, 2014)

La pollution des cours d'eau par les matières organiques et phosphorées, source de perturbations de l'équilibre biologique, a nettement diminué depuis une dizaine d'années (cf. Figure 52).

Figure 52 – Evolution de la pollution des cours d'eau par les macro-polluants (Agences de l'eau, Météo France, Ministère de l'Environnement. Traitements : SOeS)



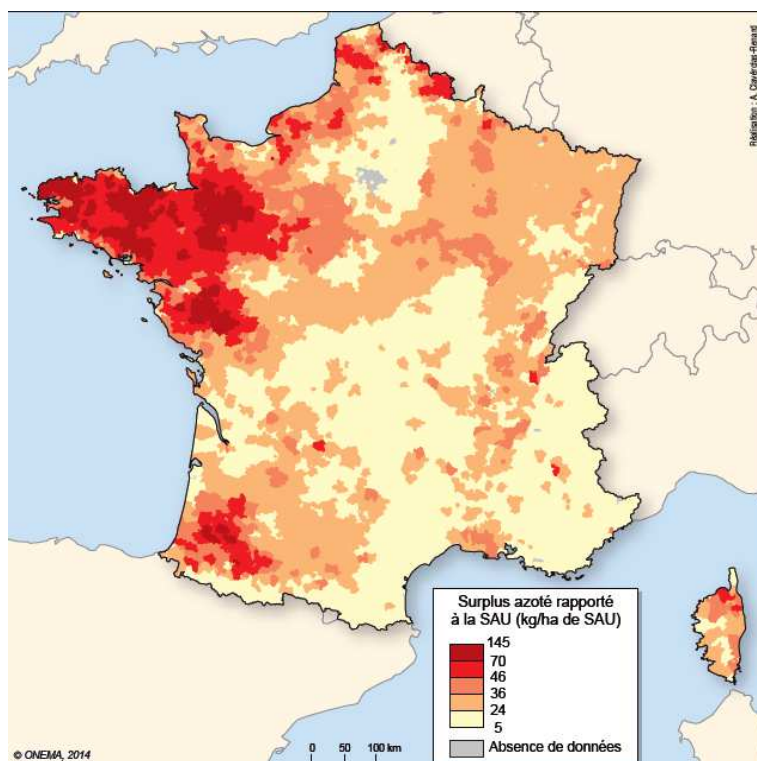
- La demande biochimique en oxygène (DBO), indicateur de la quantité de matière organique biodégradable présente dans les cours d'eau, a diminué de 48 % sur la période 1998-2013. La diminution la plus importante a eu lieu sur les 10 premières années, une stabilisation ayant par la suite été observée.
- L'ammonium présente également une tendance à la baisse avec une diminution de 66 % en tendance. Des pics de concentration plus élevée ont pu toutefois être observés lors d'années ayant présenté une faible pluviométrie (2003, 2005, 2011) et donc une plus faible dilution.
- De la même manière, les orthophosphates ont diminué de 48 % sur la période d'observation. Cette diminution est liée à une amélioration des stations d'épuration et à une réduction de l'utilisation d'engrais phosphatés. En effet, depuis 1990, la livraison de ce type d'engrais a diminué de 70 % (UNIFA, 2013).

La diminution de ces 3 paramètres (DBO, ammonium et orthophosphates) résulte également des investissements qui ont été réalisés sur les dispositifs de traitements épuratoires. Ceux-ci ont permis d'améliorer les performances de traitement des stations d'épuration existantes et l'efficacité des systèmes de collecte des eaux usées (correction des mauvais branchements, réfection des ouvrages vétustes, diminution des eaux parasites) et, par conséquent, la qualité des rejets dans les milieux naturels. D'autre part, de nouvelles stations d'épuration ont été construites, notamment dans les zones rurales.

- À la différence des autres macro-polluants, la pollution par les nitrates est globalement stable dans les cours d'eau. Les baisses constatées sur les années 2009 et 2011 étaient probablement conjoncturelles, s'expliquant certainement par une faible pluviométrie. La pollution des cours d'eau par les nitrates fait en effet l'objet de fortes fluctuations interannuelles selon la pluviométrie : plus une année est pluvieuse, plus les nitrates sont entraînés vers les cours d'eau et les nappes.

L'azote est apporté sur le bassin versant sous différentes formes, minérale (NH_4^+ , NO_3^-) ou organique (effluents d'élevage, matière organique végétale), et se retrouve, après minéralisation des formes précédentes, essentiellement sous forme NO_3^- . S'il est en excès par rapport aux besoins des cultures et selon la texture des sols et des conditions météorologiques, il peut être entraîné jusqu'à la nappe, qui représente un stock important de nitrates (Grimaldi, 2012). La quantité d'azote non assimilée par les plantes qui reste dans les sols et qui est susceptible d'atteindre les milieux humides est appelé « surplus azoté ». Ce dernier est estimé avec les « bilans azotés » qui correspondent globalement à la différence entre les apports d'azote (fertilisation minérale, apports d'origine urbaine ou industrielle, déposition atmosphérique, etc.) et les exportations d'azote (consommation par les cultures, perte sous forme gazeuse, etc.) (cf. Figure 53).

Figure 53 – Répartition spatiale du surplus d'azote en 2010 en France métropolitaine (Onema, 2014)



De nouveaux enjeux liés notamment aux polluants émergents

Sur les pollutions azotées ou issues des produits phytosanitaires, les projections sur les tendances à venir laissent entrevoir des effets possiblement contrastés. Ainsi, la réduction prévue des précipitations dans les années à venir du fait du changement climatique devrait théoriquement entraîner une baisse, en volume, des phénomènes de ruissellements. Toutefois, cette même diminution des précipitations aura pour conséquence une moindre dilution des polluants et donc, *in fine*, une concentration potentiellement plus forte dans les eaux de ruissellement.

La rétention de certains produits phytosanitaires, sans élimination, dans les sédiments lacustres apparaît également comme une source d'inquiétude potentielle pour les années à venir, dans la mesure où ces polluants sont susceptibles d'être relargués de façon chronique ou ponctuelle et à plus ou moins long terme, dans les cours d'eau aval auxquels ils sont reliés. Plusieurs retours d'expériences montrent que, sur certaines retenues d'eau artificielles, la décision a été prise de ne pas effectuer les curages prévus réglementairement tous les 10 ans en raison des risques liés à la forte accumulation de polluants dans leurs couches sédimentaires.

Les avancées en termes de recherche survenues ces dernières années pointent également et surtout la problématique des « polluants émergents ». Sont regroupés sous cette terminologie, les contaminants chimiques ou biologiques sans statut réglementaire clairement défini et pour lesquels les données concernant leur présence, leur devenir dans l'environnement et leurs impacts potentiels

sur la santé ou l'environnement sont encore parcellaires. Parmi ces polluants émergents sont notamment concernés des résidus médicamenteux (antibiotiques, pharmaceutiques, hormones) à usage humain ou vétérinaire, des produits d'usage quotidien (détergents, désinfectants) et des produits d'origine industrielle (nanoparticules) (BRGM, 2016).

Plusieurs travaux portant sur les nanoparticules et les résidus médicamenteux étayent le fait que les fonctions épuratrices des milieux humides n'ont que peu d'effets sur certains de ces composés chimiques. En Garonne et en Gironde, il est notamment observé, sur les dernières années, une augmentation des concentrations de nanoparticules d'argent, provenant principalement des produits cosmétiques et des textiles, ainsi que des nanoparticules d'or qui passent à travers les membranes des cellules et se retrouvent ainsi dans l'ensemble du réseau trophique.

Des plans d'actions sur les produits phytosanitaires et les micropolluants

Plan Ecophyto

Initié en 2008 dans le cadre du Grenelle de l'Environnement, le plan Ecophyto avait pour objectif, dans la mesure du possible, de réduire de 50 % les usages des produits phytopharmaceutiques dans un délai de 10 ans. Malgré la mise en place, entre 2009 et 2014, de nombreuses actions structurantes, le plan n'a pas atteint les résultats escomptés. On constate même une légère augmentation du recours aux produits phytosanitaires, de 5 % entre la période 2009-2011 et la période 2011-2013. Il est constaté que des conditions nécessaires mais non suffisantes ont été créées pour atteindre en France l'objectif de réduction de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques.

En réponse à ce constat, le plan Ecophyto-II a été élaboré et guidera l'action publique pour la période 2015-2020 tout en préparant la période 2020-2025 pour atteindre l'objectif d'une réduction de 50 % de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques en 2025, et ainsi garantir une meilleure maîtrise de l'ensemble des risques liés à ces produits.

Plan micropolluants (MEEM, MASS, MAAF, 2016)

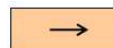
Substances indésirables détectables dans l'environnement à très faible concentration, les micropolluants résultent, au moins en partie, des activités humaines (procédés industriels, pratiques agricoles ou activités quotidiennes). Ces micropolluants peuvent engendrer des effets négatifs sur les organismes vivants en raison de leur toxicité, de leur persistance et de leur bioaccumulation. De nombreuses molécules présentant des propriétés chimiques différentes sont concernées (plus de 110 000 molécules sont recensées par la réglementation européenne), qu'elles soient organiques ou minérales, biodégradables ou non tels les plastifiants, détergents, métaux, hydrocarbures, pesticides, cosmétiques ou encore les médicaments.

Le plan micropolluants 2016-2021 est dédié à la protection des eaux de surface continentales et littorales, des eaux souterraines, du biote, des sédiments et des eaux destinées à la consommation humaine. Ce plan vise à répondre aux objectifs de bon état des eaux fixés par la DCE et participe à ceux de la DCSMM en limitant l'apport de polluants *via* les cours d'eau au milieu marin.

Il s'articule autour des objectifs suivants :

- **Objectif 1** – Réduire dès maintenant les émissions de micropolluants présents dans les eaux et les milieux aquatiques dont la pertinence est connue
 - Sous-objectif 1 - Limiter leurs émissions et rejets
 - Sous-objectif 2 - Sensibiliser le plus grand nombre à la pollution des eaux
- **Objectif 2** – Consolider les connaissances pour adapter la lutte contre la pollution des eaux et préserver la biodiversité
 - Sous-objectif 1 - Améliorer la connaissance des rejets et prédire la présence des micropolluants dans les eaux et milieux aquatiques
 - Sous-objectif 2 - Mieux évaluer les impacts des micropolluants sur l'état des ressources et les effets sur la santé et la biodiversité
- **Objectif 3** – Dresser des listes de polluants sur lesquels agir

SUREXPLOITATION DES RESSOURCES NATURELLES



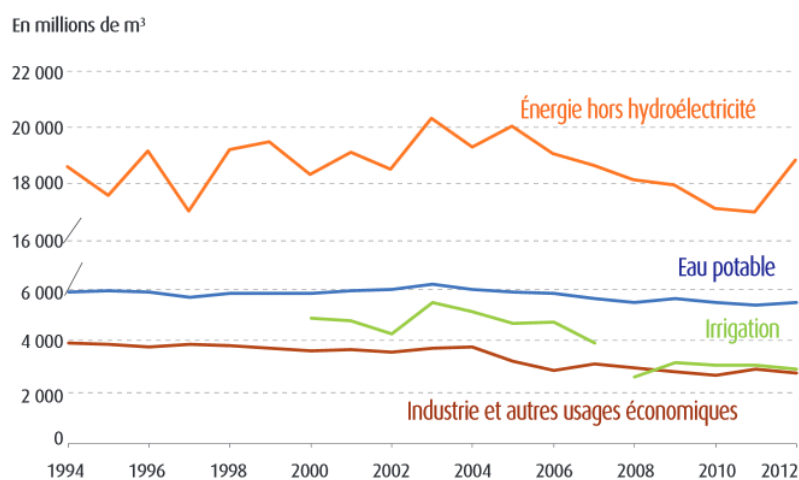
La surexploitation de la biodiversité s'exprime à travers des activités de prélèvement, telles que la chasse, la pêche et l'extraction de matières premières. La surexploitation érode le capital naturel, perturbe les relations dans l'écosystème, diminue le nombre d'espèces et la richesse du potentiel génétique et peut mener à l'extinction d'espèces.

Prélèvements en eau

En 2012, 30 milliards de m³ d'eau ont été prélevés. Les prélèvements baissent pour l'industrie dès la fin des années 1990 et pour la production d'eau potable depuis le milieu des années 2000, alors que, dans le même temps, la population progresse. En revanche, il est difficile d'établir des tendances pour l'irrigation, compte tenu des changements intervenus dans les méthodes d'estimation mais les prélèvements d'eau par l'agriculture, essentiellement pour l'irrigation, représentent environ 3 à 5 milliards de m³ par an. L'agriculture est le 3^e préleveur national, par ordre d'importance, avec *a minima* 9,4 % des prélèvements (ONMH, 2014). Les prélèvements pour la production d'énergie sont très influencés par le programme de maintenance des centrales nucléaires, mais aussi par les conditions climatiques. L'eau prélevée pour la production d'énergie, et dans une moindre mesure pour l'industrie ou l'eau potable, est en grande partie restituée aux cours d'eau. Ses caractéristiques sont toutefois modifiées (température plus élevée, qualité dégradée, etc.). À l'inverse, l'eau prélevée pour l'irrigation est, dans sa quasi-totalité, utilisée par les plantes ou évaporée (cf. Figure 54).

Selon la nature des besoins, le prélèvement dans les eaux superficielles ou dans les nappes est privilégié. Ainsi, pour la production d'énergie, 99 % des volumes d'eau douce proviennent des cours d'eau, alors que pour la production d'eau potable, 70 % des volumes sont puisés dans les nappes, moins vulnérables aux pollutions et aux sécheresses.

Figure 54 – Evolution des prélèvements d'eau, selon les grands usages (Agences de l'eau. Traitement : SOeS, 2015)



Notes : pour l'énergie : prélèvements en eau douce, hors hydroélectricité ; pour l'irrigation : un changement du mode d'estimation des volumes prélevés étant intervenu en 2008, les données à compter de cette date ne sont donc pas comparables avec celles de la période précédente.
Champ : France métropolitaine.

Si les prélèvements d'eau apparaissent stables ces dernières années, un prélèvement d'eau excessif peut impacter la qualité écologique des milieux humides. Par exemple, pendant l'été ou lors de période de sécheresse prolongée, le pompage dans les cours d'eau peut abaisser le niveau de l'eau de façon critique pour la vie aquatique. Les pompages en nappes alluviales peuvent conduire, quant à eux, à une inversion des écoulements qui s'effectuent alors des cours d'eau vers les nappes. Lors d'étiage sévère, la nappe n'est plus alimentée par le cours d'eau, son niveau s'abaisse et les milieux humides, ne recevant plus aucun apport d'eau, peuvent être fortement endommagés. D'autre part, les prélèvements en eau de surface et en nappes, peuvent avoir des impacts marqués au niveau des communautés végétales et animales et également sur les sols où un phénomène de tassement pratiquement irréversible peut être observé.

Des exploitations de ressources à l'origine de dégradations des milieux humides : l'exemple des tourbières

Matière organique fossile se formant au fil du temps dans les milieux saturés en eau, la tourbe a longtemps servi différents usages anthropiques.

Son exploitation à des fins énergétiques pour alimenter les centrales thermiques était ainsi largement répandue par le passé en France. Réalisée de manière manuelle initialement, cette exploitation a été à l'origine de dégradations importantes des tourbières avec le développement de la modernisation et la mécanisation de celle-ci. Encore existante dans de nombreux autres pays, l'exploitation de la tourbe à des fins énergétiques n'existe plus en France mais a laissé derrière elle de nombreux milieux dans un état de dégradation avancé et irréversible. On estime notamment que la moitié des tourbières ont disparu entre 1945 et les années 2000 (Bernard, 2017).

Dorénavant moins intensive, l'exploitation de la tourbe sert encore différents usages : l'horticulture (fabrication de milieux de cultures artificiels), la balnéothérapie (bains de boues), la biofiltration (contrôle des odeurs provenant des bâtiments d'élevage, filtration des effluents de fosses septiques) ou l'absorption biologique (la tourbe peut absorber 12 à 16 fois son poids). On estime l'extraction de la tourbe à environ 300 000 m³ par an en France (Campbell, 2014).

Bien que plus marginale que par le passé, l'exploitation de la tourbe s'accompagne encore de différents impacts potentiellement néfastes pour les milieux considérés (Campbell, 2014). On peut notamment citer les éléments suivants :

- La tourbe extraite est parfois mise en bottes dans son état mouillé pouvant atteindre 120 kg et stockée en bordure du lieu d'extraction ce qui peut avoir un impact sur le sol et la végétation qui se retrouvent écrasés et compactés sous ces bottes.
- Le sol des tourbières peut être perturbé par le déplacement de la machinerie cela pouvant conduire à la formation d'ornières en raison de la mollesse du sol, entravant ainsi l'écoulement naturel de l'eau.
- Les activités d'exploitation entraînent des sédiments dans l'eau se situant à proximité. Le creusage des fossés ainsi que le déplacement des machines libèrent de grandes quantités de particules organiques et dégradent ainsi les cours d'eau.
- A long terme, la nappe phréatique peut subir une forte remontée de son niveau d'eau lorsque le sol est parsemé d'ornières. D'autres facteurs peuvent y contribuer comme l'enlèvement du couvert végétal qui diminue l'évapotranspiration.
- L'exploitation des tourbières peut avoir un profond impact sur les communautés végétales qui s'y trouvent. En effet, les tourbières représentent des réservoirs de graines qui sont détruits par la destruction préalable de la végétation sur place.

ESPECES EXOTIQUES ENVAHISSANTES

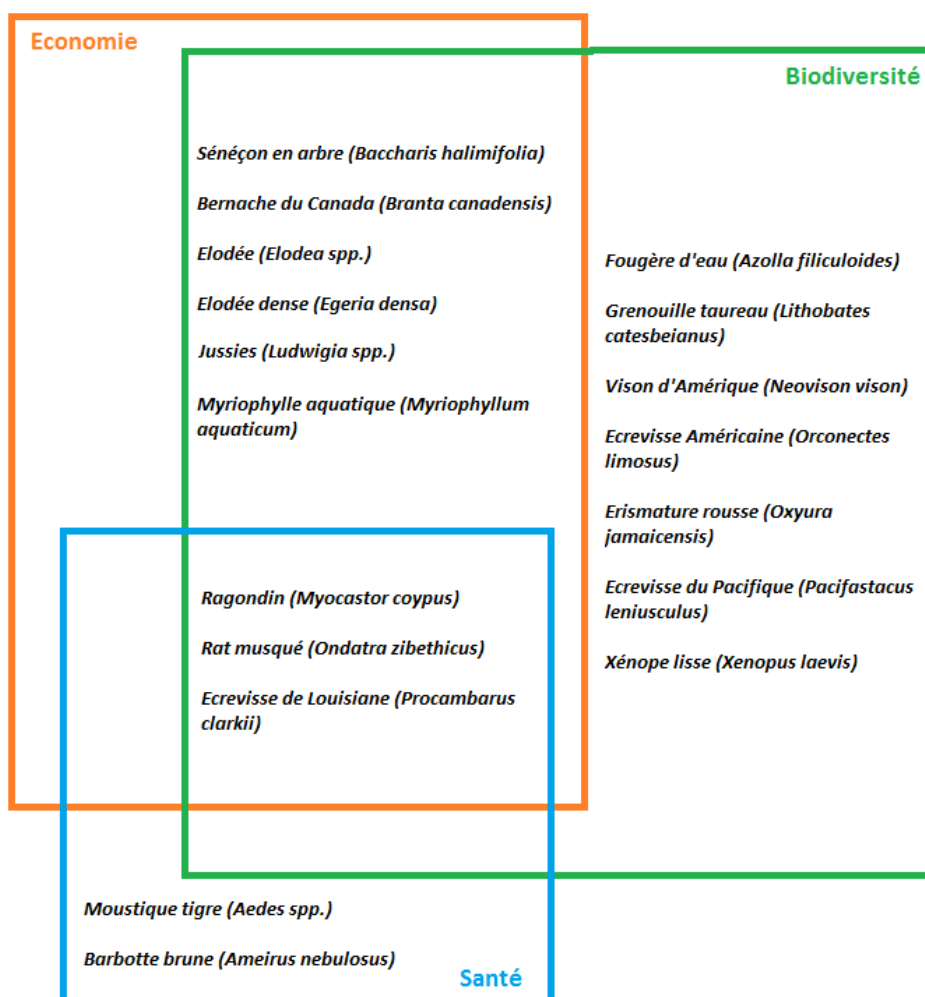


L'introduction - accidentelle ou intentionnelle - d'espèces envahissantes végétales ou animales peut avoir un impact dévastateur sur les espèces naturelles et domestiquées, ainsi que sur les écosystèmes. En effet, ces espèces interfèrent dans l'organisation des relations entre les autres espèces et perturbent les services fournis par les écosystèmes.

La fréquence de l'introduction d'espèces invasives et les risques associés ont significativement augmenté ces dernières années en raison des activités humaines et de la croissance démographique, tout comme la possibilité pour ces espèces de se répandre, en raison du développement des transports, du commerce et du tourisme.

Les espèces exotiques envahissantes (EEE) végétales et animales d'origine aquatique peuvent avoir différents impacts que ce soit en termes de biodiversité, socio-économique ou sanitaire (cf. Figure 55 et Annexe 7).

Figure 55 – Classification des EEE des milieux humides selon les dommages occasionnés en France (liste non exhaustive) (CGDD, 2015)



Les impacts en termes de santé font référence aux zoonoses (maladies et infections se transmettant des animaux à l'homme, et vice-versa) tandis que les impacts socio-économiques portent plutôt sur les dommages liés à l'agriculture, la sylviculture, les nuisances aux infrastructures, etc.

Les impacts sur la biodiversité sont de différentes natures : dégradation des milieux (destruction des berges par le ragondin), fermeture des milieux (jussies, élodées), compétition avec les espèces autochtones (vison d'Amérique), etc.

Encadré 9 – Espèces envahissantes et proliférantes

Les espèces dites indigènes sont présentes naturellement à l'intérieur d'un territoire. Certaines, considérées comme communes (Chevreuil, Sanglier, etc.), ou même pour certaines d'entre elles protégées (Cygne tuberculé), connaissent parfois une expansion si forte qu'elles provoquent localement des gênes ou des nuisances. À titre d'exemple, le Grand Cormoran peut se nourrir de poissons dans les étangs où la pisciculture est pratiquée. Le Goéland niche en colonies, modifie la végétation en place et affecte d'autres oiseaux en se nourrissant d'œufs et de jeunes.

Les espèces d'origine exotique ont été introduites volontairement ou accidentellement dans des sites, en dehors de leurs milieux d'origine. Elles concurrencent les espèces indigènes dans leur aire de répartition naturelle. Dès lors que leur population explose, leur implantation et leur propagation sont susceptibles de menacer les écosystèmes investis, de poser des problèmes économiques et/ou sanitaires. Elles participent alors à la dégradation de l'état écologique des milieux, à la modification de la dynamique et du fonctionnement des écosystèmes conquis.

La prolifération des espèces végétales exotiques envahissantes (Sarat et al., 2015)

Les proliférations d'espèces végétales exotiques envahissantes se déclarent souvent sur des périodes de temps relativement courtes. Les changements radicaux que cela entraîne sur les êtres vivants et le paysage sont perçus comme une altération de la valeur patrimoniale des milieux colonisés.

Ces proliférations mettent généralement en difficulté le maintien des équilibres biologiques. Une période d'acclimatation est parfois nécessaire avant qu'elles ne se manifestent. L'envahissement entraîne souvent une diminution du nombre des espèces animales ou végétales indigènes, et du nombre d'individus de ces espèces. Les proliférations induisent aussi des déplacements de niches écologiques, mais rarement une éradication totale des autres plantes et animaux.

Les proliférations peuvent modifier de manière plus ou moins réversible la conformation des lieux (comblement par sédimentation des éléments en suspension, nouveau dessin du fond et des berges par érosion en raison des modifications des veines de courant et de la diminution de la section d'écoulement, etc.) Elles peuvent altérer la qualité de l'eau, en changeant la disponibilité de l'oxygène, en augmentant la turbidité, en diminuant la lumière dans la tranche d'eau, etc. Cela entraîne finalement une modification des habitats à laquelle les autres espèces indigènes ne pourront pas forcément s'adapter, ce qui entraînera la disparition rapide (mais localisée) d'un certain nombre d'entre elles.

Ces proliférations peuvent donc avoir différents impacts vis-à-vis des fonctions et des usages :

- Les proliférations végétales peuvent former des herbiers constituant des obstacles à l'écoulement des eaux, par le ralentissement qu'ils occasionnent dans les lits des cours d'eau ;
- Ces herbiers denses constituent une gêne pour la navigation professionnelle et pour les activités de loisirs dont ils restreignent l'espace ou qu'ils contraignent fortement (encombrement des hélices et gouvernails, résistance à l'avancement, difficulté à ramer ou pagayer, limitation de la pêche, de la baignade, etc.) ;
- Les forts peuplements végétaux produisent des quantités importantes de débris. Ceux-ci vont très souvent encombrer les ouvrages hydrauliques dont ils gênent la manœuvre ou limitent l'efficacité ;
- Les herbiers denses sont aussi la cause d'encombrements des prises d'eau pour l'alimentation de stations de captage, de colmatage des dégrilleurs de microcentrales électriques ;
- Le comblement accéléré de certaines zones péri-fluviales restreint ainsi les capacités de stockage des crues. Cela entraîne des risques d'inondation accrus à l'amont et sur site.

La prolifération des espèces animales exotiques envahissantes (Sarat et al., 2015)

Les EEE peuvent impacter la biodiversité aux échelles génétique, spécifique et écosystémique, mais aussi à l'échelle des communautés, en induisant des effets sur leur structure et leur composition. Ces impacts sont d'autant plus importants sur les écosystèmes comme les milieux aquatiques d'eau douce et les îles, où les EEE peuvent causer des effets cumulatifs en cascade dans l'intégralité de la chaîne trophique.

Hybridation

L'impact sur la diversité génétique peut se faire par hybridation entre une espèce introduite et une espèce native par transfert de gènes. Ce phénomène est d'autant plus problématique que l'espèce indigène est rare et menacée. Des hybrides infertiles peuvent entraîner le déclin des populations d'espèces indigènes lorsqu'ils représentent la majorité des descendants. Ainsi, le croisement entre le Saumon atlantique indigène (*Salmo salar*) et la Truite fario (*Salmo trutta*) introduite en Amérique produit des hybrides stériles qui réduisent le taux de croissance de la population de Saumon atlantique. Si ces hybrides sont fertiles, ils peuvent se croiser entre eux et avec les individus autochtones. C'est le cas, par exemple, de l'Érismature rousse (*Oxyura jamaicensis*) qui s'hybride avec l'Érismature à tête blanche (*Oxyura leucocephala*), espèce protégée et menacée d'extinction.

Prédation et compétition

La modification de la diversité spécifique peut être qualitative (remplacement ou exclusion d'une espèce indigène) et/ou quantitative (réduction des individus d'une population). Les causes de ces changements de richesse spécifique peuvent être, par exemple, la compétition interspécifique pour les ressources alimentaires et l'habitat ou la prédation directe. Cette compétition peut réduire, voire dans certains cas éliminer totalement les espèces indigènes, sur une partie plus ou moins grande de leur aire de répartition. Les prédateurs exotiques envahissants présentant des comportements alimentaires généralistes et opportunistes peuvent présenter des impacts importants sur les populations natives. Ainsi, le Vison d'Amérique (*Neovison vison*) est responsable du déclin des populations de Campagnol terrestre (*Arvicola terrestris*). Le Rat musqué (*Ondatra zibethicus*) se nourrit de moules d'eau douce, ce qui mène souvent à des extinctions locales des populations.

Transmission de pathogènes et parasites

Les invasions biologiques peuvent également avoir des conséquences préjudiciables sur le plan sanitaire par l'introduction directe de pathogènes ou d'hôtes contaminés ou par l'émergence de nouvelles pathologies. La Grenouille taureau (*Lithobates catesbeianus*) et le Xénope lisse (*Xenopus laevis*) sont porteurs sains d'un champignon parasite (*Batrachochytrium dendrobatidis*)

reconnu comme une cause majeure d'extinction des amphibiens autochtones. C'est aussi le cas pour les trois espèces d'écrevisses indigènes en France, l'Écrevisse des torrents (*Austropotamobius torrentium*), l'Écrevisse à pattes rouges (*Astacus astacus*) et l'Écrevisse à pieds blancs

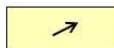
(*Austropotamobius pallipes*), qui sont sensibles à la « peste des écrevisses » ou l'aphanomycose, maladie mortelle causée par un champignon (*Aphanomyces astaci*) véhiculé par les écrevisses américaines, c'est-à-dire l'Écrevisse américaine (*Orconectes limosus*), l'Écrevisse du Pacifique ou (*Pacifastacus leniusculus*) et l'Écrevisse rouge de Louisiane (*Procambarus clarkii*), qui ont été introduites depuis le XIX^{ème} siècle et qui sont maintenant très répandues sur le territoire français. Lorsque ces espèces dominent, l'ensemble de leurs impacts peut mener à un appauvrissement des communautés biologiques autochtones et à une transformation plus ou moins importante des écosystèmes pouvant se traduire par une banalisation du milieu et de ses communautés vivantes.



L'écrevisse de Louisiane (Gard, 2010)
© Arnaud Bouissou - Terra

Du point de vue des usages, la prolifération des espèces animales exotiques envahissantes peut avoir diverses conséquences, aussi positives que négatives. À titre d'exemple, si l'écrevisse de Louisiane peut avoir un impact socio-économique « positif » en tant qu'espèce pêchée, elle est à l'origine de conséquences plus négatives via les dégâts qu'elle cause dans les infrastructures hydrauliques et les rizières (creusement de galeries déstabilisant les berges des étangs et marais).

CHANGEMENT CLIMATIQUE



L'élévation de température moyenne, observée au niveau mondial depuis plusieurs décennies, s'accompagne d'une augmentation de la teneur en vapeur d'eau de l'atmosphère, d'une modification de l'intensité des précipitations extrêmes ainsi que de la modification de l'humidité du sol et du ruissellement, phénomènes affectant le bon fonctionnement des écosystèmes. La répartition de la faune et de la flore sauvages est également sensible aux facteurs climatiques tels que la température ou l'humidité (Biotope, 2012).

Augmentation des températures

D'après le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec), l'Europe devrait subir un réchauffement climatique important (de 1°C à 4,8°C) d'ici 2070. En France, ce réchauffement sera particulièrement marqué en été (juin à août), avec potentiellement une augmentation moyenne des températures de plus de 6°C. L'analyse des séries de données effectuée par Météo France sur la période 1951-2000 met d'ores et déjà en évidence des températures diurnes et de fin de nuit plus élevées que par le passé, de même qu'une diminution globale du nombre de jours de gel. Les températures de l'eau suivent les mêmes tendances.

Modification des régimes de précipitation

Le changement climatique a également des conséquences sur les régimes de précipitation. Une accentuation des contrastes saisonniers et une grande diversité régionale peuvent être mises en évidence. À titre d'exemple, dans le nord du territoire français, les précipitations ont vu leur tendance augmenter en hiver et diminuer en été. D'après le Giec, les précipitations estivales devraient se réduire dans les années à venir (de 30 à 70 % selon les études) tandis que peu de variations sont attendues au printemps et à l'automne. De plus, l'effet combiné de l'augmentation des températures et de la réduction des précipitations aura tendance à favoriser les périodes de sécheresse. La probabilité de survenue d'événements pluvieux exceptionnels est quant à elle difficile à estimer.

Modification du régime hydrologique (débits moyens et débit d'étiage)

D'après le Giec, les débits annuels devraient être fortement réduits en Europe centrale et en région méditerranéenne (entre 0 et 23 % d'ici 2020 et entre 6 et 36 % d'ici 2070). Dans certaines rivières d'Europe du sud, les débits estivaux pourraient être réduits de 80 %. La saisonnalité des débits sera également plus marquée avec des débits plus élevés durant la saison de débits de pointe, et plus bas pendant la saison de basses eaux ou pendant les périodes de sécheresse prolongée.

Conséquences sur les espèces inféodées aux milieux humides

Une réduction des niveaux d'eau pourrait induire une réduction de la surface totale des milieux humides, l'isolement des milieux vis-à-vis de leur ressource en eau ou encore des modifications dans la saisonnalité des cycles de période sèche et humide. Bien qu'une augmentation des concentrations en CO₂ puisse favoriser la croissance des végétaux, une augmentation de la température et une réduction des niveaux d'eau pourrait avoir des conséquences néfastes pour les communautés floristiques et également pour les populations animales.

La réponse des espèces face à l'assèchement est très variable, de même que les mécanismes de défense (acclimatation ou évitement). Lors d'un assèchement partiel d'un écosystème lacustre, une réduction de la richesse spécifique et une modification profonde du fonctionnement de ces écosystèmes peuvent survenir. Dans les milieux tourbeux, les sécheresses répétées favorisent la minéralisation de la matière organique et le relargage de nutriments permettant à certaines espèces de sphagnes ou de carex de se développer aux dépens de d'autres espèces plus rares. Ainsi alors qu'une sécheresse ponctuelle permet d'accroître la biodiversité, un allongement de ce phénomène pourrait favoriser l'implantation de couverts monospécifiques.

Une modification des conditions hydrologiques peut également affecter les populations animales. L'assèchement progressif des milieux humides risque de faire diminuer les populations d'oiseaux d'eau de plus de la moitié d'ici 2060, la quantité d'habitats dédiés à la ponte ou à l'élevage des jeunes s'en trouvant réduite.

La réduction des niveaux d'eau pourrait également entraîner une modification du régime alimentaire de certains poissons. La dynamique des communautés planctoniques peut en effet se retrouver avancée de plus d'un mois.

Partie 3

Biens et services écosystémiques

Sommaire

85 – Chapitre 6 – Biens produits par les milieux humides

96 – Chapitre 7 – Services écosystémiques de régulation

117 – Chapitre 8 – Services écosystémiques culturels

150 – Chapitre 9 – Patrimoine naturel

162 – Chapitre 10 – Contraintes

167 – Chapitre 11 – Bouquets de services



Notion de « services écosystémiques » et déclinaison au sein de l'EFESE

Le fonctionnement des écosystèmes permet aux sociétés humaines d'en retirer un ensemble d'avantages sous la forme de biens et de services dits « écosystémiques ». L'exercice national EFESE en retient trois grands types : (1) les **biens**, (2) les **services de régulation**, (3) les **services culturels**. Ces biens et services écosystémiques sont de diverses natures selon qu'ils existent en tant que tels sans intervention anthropique (par exemple certains services de régulation) ou qu'ils existent du fait d'une action anthropique de récolte, de prélèvement, d'extraction ou d'accès. L'usage d'un service écosystémique avec ou sans prélèvement peut nécessiter l'apport d'énergie, d'intrants, de technologie, de travail. Il résulte donc de la combinaison de différentes formes de capitaux (capital économique, humain, naturel).

Caractérisation des biens et services écosystémiques produits par les milieux humides

Le cadre conceptuel de l'EFESE retient une liste des biens et services écosystémiques adaptée de la version révisée de la *Common International Classification of Ecosystem Services* (CICES) élaborée par l'Agence européenne de l'environnement et retenue également dans le cadre du projet *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services* (MAES)¹⁸.

Couvrant les biens et services écosystémiques de l'ensemble des grands types d'écosystèmes au niveau national, cette liste a servi de base à la constitution d'une classification pour les milieux humides, élaborée à dire d'experts dans le cadre des réflexions du groupe de travail de l'EFESE propre à ces milieux¹⁹ (cf. Figure 56).

Il convient de noter plusieurs éléments concernant cet exercice :

- Bien que présent dans la classification CICES, l'eau en tant que bien (pour les usages domestiques, agricoles ou industriels) n'a pas été référencée en tant que tel dans le présent exercice. En conformité avec les choix opérés dans le cadre conceptuel de l'EFESE, l'eau a été considérée comme relevant de processus naturels strictement physiques du domaine de l'abiotique. Non corrélée de manière directe au vivant, elle ne pouvait faire partie intégrante des biens et services écosystémiques tels que définis dans l'EFESE.
- L'identification et la caractérisation des biens et services écosystémiques ont été réalisées de manière globale pour l'ensemble des milieux humides. Il convient donc de noter que l'ensemble de ces biens et services ne s'expriment pas nécessairement sur la totalité des sous-types de milieux humides tels que définis dans la typologie retenue (cf. Chapitre 1).
- Compte-tenu des caractéristiques spécifiques des différents types de milieux humides, l'ensemble des biens et services écosystémiques identifiés ne s'expriment pas non plus de manière avérée et uniforme à tout moment de l'année.
- La caractérisation s'est appuyée sur des dire d'experts à partir de connaissances pour partie théoriques. Pour appréhender la fourniture effective de biens et services écosystémiques d'un site ou d'un type particulier de milieux humides, il convient de mener une analyse locale approfondie (prenant en compte les facteurs de climat, géologie, topographie, localisation au sein d'un bassin-versant, etc.) ou de mobiliser des indicateurs mesurables. Il est ainsi tout à fait possible que certains milieux humides se caractérisent par l'expression prépondérante de biens et services pourtant jugés de moindre importance à l'échelle de l'ensemble des milieux humides par les réflexions du groupe de travail.

Dans l'optique de disposer, au niveau national, d'une caractérisation plus fine des biens et services produits par les milieux humides, les futurs travaux de recherche pourront porter sur la construction d'une matrice reliant les différents sous-types de milieux humides présents en France aux biens et services écosystémiques qu'ils produisent.

¹⁸ La liste des biens et services écosystémiques retenue pour le cadre général de l'EFESE est détaillée en Annexe 8.

¹⁹ De nombreux travaux menés aux niveaux national et international ont établi des classifications de biens et services écosystémiques produits par les milieux aquatiques et les zones humides. À titre illustratif, la classification établie par B. Grizzetti et al. (2016) pour les milieux aquatiques est présentée en Annexe 9 et la classification établie par C. Finlayson et al. (2005) pour les zones humides en Annexe 10.

Figure 56 – Liste des biens et services écosystémiques produits par les milieux humides en France (établie à dire d'experts par les membres du groupe de travail dédié)

	Biens et services principaux produits par les milieux humides
	Biens et services secondaires produits par les milieux humides
	Biens et services peu produits par les milieux humides
	Biens et services non produits (ou de manière très marginale) ou non-pertinents pour les milieux humides
Biens	Animaux (poissons, crustacés, mollusques, amphibiens, gibiers d'eau)
	Bois
	Fourrage et pâturage
	Alimentation pour l'aquaculture
	Végétaux pour l'alimentation
	Végétaux à usage non alimentaire et produits issus des végétaux
	Ressources nutritives pour la fertilisation des cultures et prairies
	Peaux et fourrures
	Enzymes, huiles, substances médicinales
Services de régulation	Régulation de la qualité de l'eau
	Régulation des débits de crues
	Régulation du débit d'étiage
	Régulation du climat local
	Régulation du climat global
	Filtration naturelle des niveaux de bruit
	Réduction des nuisances olfactives
	Ecran aux nuisances visuelles
	Régulation du vent
	Qualité des sols et fertilité
	Régulation de la qualité de l'air
	Contrôle des ravageurs et des agents pathogènes
	Régulation des espèces exotiques envahissantes
	Pollinisation
Services culturels	Sports d'eau douce, baignade, promenade
	Tourisme fluvial
	Chasse de loisir
	Pêche de loisir
	Education
	Expérimentation, science
	Aménités paysagères

Les biens et services produits par les milieux humides jugés comme les plus importants par le travail de caractérisation ont été évalués individuellement. Les biens et services écosystémiques jugés moins prépondérants par le travail de caractérisation ont fait l'objet d'une description générale (cf. Chapitre 6, 7 et 8).

Traitement du patrimoine naturel

Outre les biens et services écosystémiques, l'intérêt des sociétés humaines envers les milieux humides peut renvoyer à une dimension identitaire. On parle alors de patrimoine naturel. Cette notion se prête difficilement à la quantification compte-tenu de sa dimension incommensurable. Au sein du présent exercice, la notion de patrimoine naturel en lien avec les milieux humides est illustrée par un recensement non-exhaustif de mesures de protection, d'inventaires et de labellisations existants puis par deux contributions originales, la première portant sur la place occupée par les mangroves dans la culture populaire et les traditions en Martinique, et la deuxième portant l'image des zones humides dans la littérature et le sacré (cf. Chapitre 9).

Prise en compte des contraintes

En parallèle de l'évaluation des biens et services écosystémiques produits par les milieux humides qui bénéficient aux sociétés humaines, le présent rapport met également en lumière le fait que certaines fonctions écologiques sont parfois jugées non-désirables par la population et peuvent s'apparenter à des contraintes. Cette dimension est abordée via la présentation de deux exemples emblématiques : les moustiques et la production de méthane (cf. Chapitre 10).

Emergence de la notion de « bouquet de services »

Longtemps limitées à un nombre restreint de biens et services écosystémiques, les évaluations menées au niveau local tentent de plus en plus de prendre en compte l'ensemble des biens et services produits par un écosystème, notamment dans l'optique de mieux comprendre les interactions entre ceux-ci. La notion de « bouquet de services » résulte de cette approche. Celle-ci est abordée dans le présent rapport sur la base d'un travail en cours sur les zones humides du Parc naturel régional Scarpe-Escaut (cf. Chapitre 11).

Dimension monétaire de l'évaluation des biens et services écosystémiques produits par les milieux humides

Lorsque les méthodes et les données disponibles le permettaient, l'évaluation des biens et services écosystémiques produits par les milieux humides a été déclinée jusqu'à une métrique monétaire.

Selon le type de bien ou service écosystémique évalué, différentes méthodes peuvent être mobilisées pour aboutir à un chiffrage monétaire. L'Annexe 11 apporte quelques éléments de définition sur les méthodes les plus couramment utilisées.

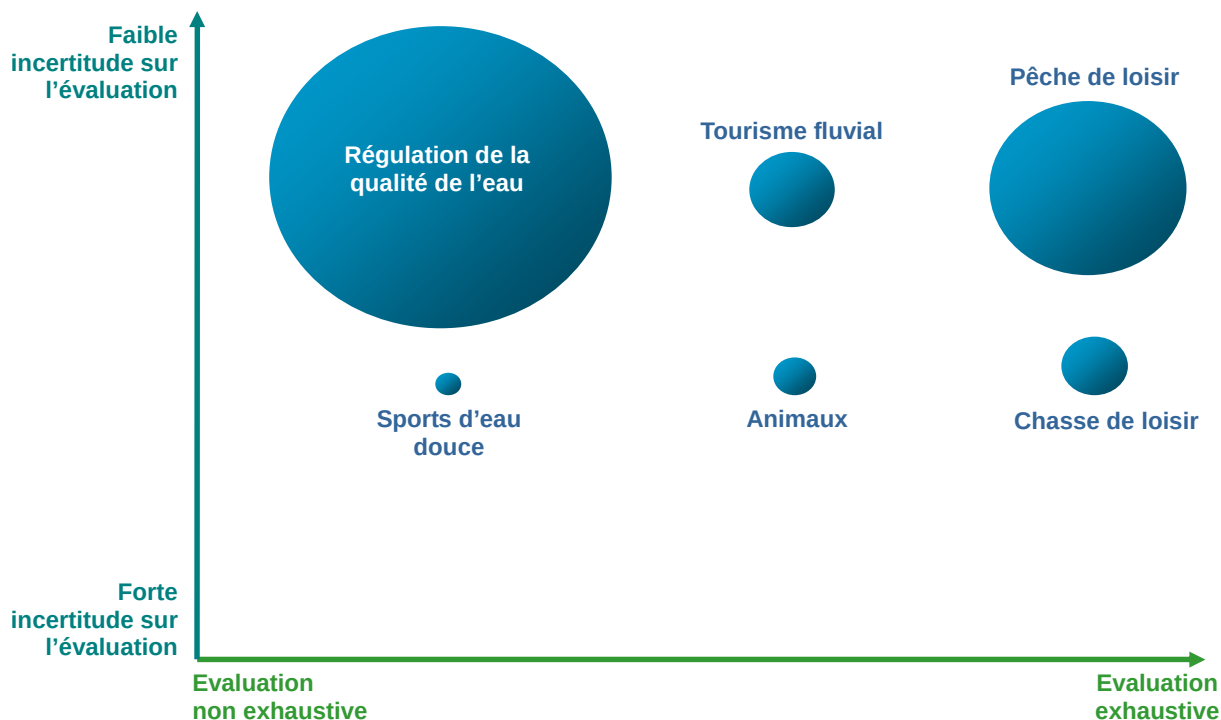
Au sein de l'EFESE, la recherche d'un chiffrage monétaire pour les principaux biens et services écosystémiques produits par les milieux humides s'est appuyée, au cas par cas, sur la méthode reconnue par la littérature et les experts membres du groupe de travail comme la plus adéquate et robuste. Les résultats obtenus correspondent à des évaluations annuelles réalisées à un instant donné. Ils sont donc amenés à évoluer selon les années, le contexte et les évolutions rencontrées par les milieux concernés et leurs activités associées.

Les résultats des évaluations monétaires conduites dans les pages suivantes sont présentés de manière synthétique dans la figure ci-dessous. Cette synthèse permet de tirer plusieurs constats :

- Près de la moitié des biens et services écosystémiques jugés prépondérants pour les milieux humides à l'échelle nationale n'ont pas pu faire l'objet d'une estimation monétaire du fait de l'absence de données disponibles ou de méthodes pertinentes.
- L'évaluation monétaire s'est révélée plus simple à mettre en œuvre pour les biens et les services culturels dans la mesure où les usages affiliés font l'objet de dépenses sur des marchés existants.
- Le service de régulation de la qualité de l'eau recouvre les enjeux les plus forts d'un point de vue monétaire. Ce constat est renforcé par le fait que son évaluation n'a été réalisée que partiellement puisque seule la dimension de rétention de l'azote par les rivières a fait l'objet d'un chiffrage.

En vue d'améliorer l'exhaustivité et la robustesse de ces évaluations monétaires, des orientations pour les futurs travaux ont systématiquement été renseignées pour chaque bien et service écosystémique et ont reprises de manière synthétique au sein de la Partie 4 du présent rapport.

Figure 57 – Valeurs des biens et services écosystémiques produits par les milieux humides en France ayant fait l'objet d'une évaluation jusqu'à la métrique monétaire dans le cadre de l'EFESE, classées selon le degré d'incertitudes et d'exhaustivité de l'évaluation



Services écosystémiques non représentés dans la figure car n'ayant pas fait l'objet d'une évaluation monétaire du fait de données insuffisantes : Régulation des débits de crues, Régulation du débit d'étiage, Education, Expérimentation / science, Aménités paysagères

Légende

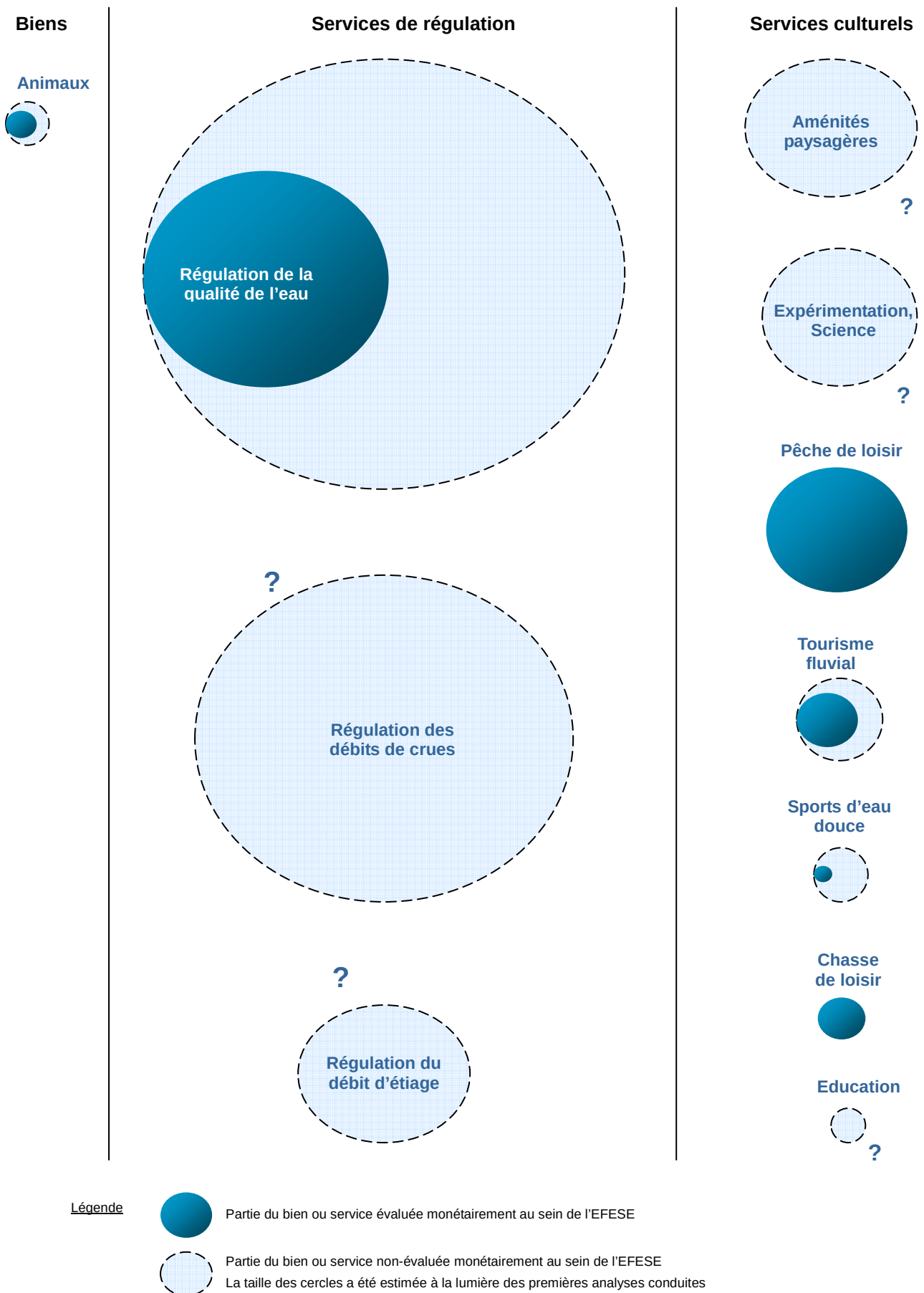
Les biens et services évalués monétairement au sein du présent rapport ont été répartis sur le graphique ci-dessous selon les degrés d'exhaustivité et d'incertitude de l'évaluation. La notation de ces derniers, effectuée à dire d'experts selon trois niveaux distincts (Faible, Modéré, Fort), est étayée dans le tableau ci-après. Sont précisés en rouge les principaux éléments ayant conduit à ne pas attribuer la note maximale pour chacun des deux éléments.

Au sein du graphique, la taille des sphères est proportionnelle à la valeur monétaire des biens et services tels qu'évalués dans le présent rapport (cf. exemple ci-contre). Il convient de noter que le caractère non exhaustif de certaines évaluations a conduit implicitement à minorer la taille de certaines sphères. Par ailleurs, l'absence de données disponibles a pour conséquence l'absence de représentation de certains biens et services produits par les milieux humides dans cette figure.



	Degré d'incertitude de l'évaluation	Degré d'exhaustivité de l'évaluation
Animaux	Modéré Volumes pêchés par les non-professionnels extrapolés via les données pour la pêche de loisir en mer	Modéré Absence de données de prélèvements pour plusieurs espèces de gibier d'eau par les non-professionnels
Régulation de la qualité de l'eau	Faible	Faible Evaluation portant uniquement sur la rétention de l'azote par les rivières
Sports d'eau douce	Modéré Evaluation basée sur des estimations forfaitaires de dépenses des pratiquants	Faible Evaluation portant uniquement sur les activités de canoë-kayak et de canyonisme
Tourisme fluvial	Faible	Modéré Pas de données pour les bateaux-promenades
Chasse de loisir	Modéré Hypothèses formulées pour circonscrire la chasse au gibier d'eau à partir d'une étude plus générale	Fort
Pêche de loisir	Faible	Fort

Figure 58 – Valeurs des biens et services écosystémiques produits par les milieux humides en France



Chapitre 6

Biens produits par les milieux humides

Lorsque leur état le permet, les milieux humides constituent une source d'approvisionnement durable en biens de consommation. Ces biens, directement prélevés dans les écosystèmes, contribuent au bien-être des populations de multiples manières.

Les réflexions conduites par les experts dans le cadre du groupe de travail « Milieux humides » de l'EFESE ont permis d'identifier et caractériser l'importance des biens produits par ces écosystèmes au niveau national. L'approvisionnement en animaux (poissons, crustacés, mollusques, amphibiens) a ainsi été jugé comme particulièrement prépondérant. En conséquence, ce bien a fait l'objet d'une évaluation détaillée, restituée dans les pages suivantes. Les autres biens produits par les milieux humides, jugés moins prépondérants au niveau global, ont fait, quant à eux, l'objet d'une description générale.

ANIMAUX (POISSONS, CRUSTACÉS, MOLLUSQUES, AMPHIBIENS, GIBIERS D'EAU)

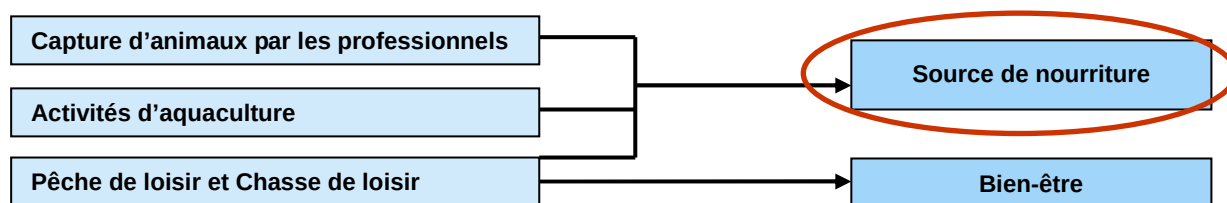
Présentation du bien

Le bien considéré renvoie à la notion d'approvisionnement. Il désigne le prélèvement d'animaux aquatiques (poissons, crustacés, mollusques, amphibiens) dans une optique de source de nourriture pour les êtres humains. Il peut se subdiviser de la manière suivante :

- La **capture d'animaux par les professionnels en vue d'une commercialisation**
- La **capture d'animaux par les non-professionnels en vue d'une autoconsommation**
- Les **prélèvements d'animaux issus des activités d'aquaculture**

La capture d'animaux par les non-professionnels entre en interactions avec les services écosystémiques culturels de pêche de loisir et de chasse de loisir. Au sein du cadre conceptuel de l'EFESE, les avantages tirés par les usagers de ces deux activités sont de deux natures : 1) Le bien-être associé à la pratique, qui est appréhendé *via* les services culturels afférents et est donc évalué plus loin au sein de ce rapport (*cf.* Chapitre 8, Section IV), 2) La source de nourriture, qui est appréhendée *via* le prisme du bien « animaux » et est évaluée dans le présent chapitre (partie cerclée en rouge dans la Figure 59).

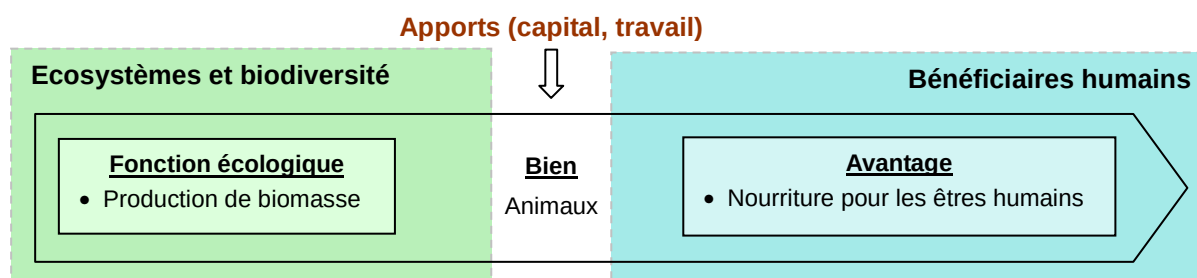
Figure 59 – Identification des avantages évalués *via* le prisme du bien « animaux »



Les prélèvements d'animaux issus de l'aquaculture constituent une dimension particulière du bien considéré au sein de cette fiche dans la mesure où les inputs anthropiques occupent une place prépondérante dans l'expression du bien.

Caractérisation du bien

Figure 60 – Schéma des éléments constitutifs du bien « animaux »



Le bien « animaux » revêt un intérêt économique dans la mesure où, pour sa composante professionnelle, il est à l'origine d'une activité commerciale significative. Les prélèvements effectués par les non-professionnels en vue d'autoconsommation ont également une valeur économique puisqu'ils se substituent à d'éventuels achats *via* la filière commerciale.

Capture d'animaux par les professionnels en vue d'une commercialisation

Pour les milieux humides, la capture d'animaux par les professionnels renvoie principalement à la pêche professionnelle en eau douce. En France, celle-ci concerne moins d'une trentaine d'espèces. Si certaines d'entre elles sont exclusivement dulçaquicoles (ablette, barbeau, carpe, brochet, perche, sandre, écrevisse, etc.), d'autres transitent, selon leurs différents stades de développement, entre eau douce, eau salée et eau saumâtre (anguille, lamproie, crevette blanche). À cet effet, des zones d'interactions existent entre l'expression du bien « animaux » en milieux humides et en milieux marins.



Pêcheurs sur le Lac Léman (Haute-Savoie, 2009)
© Laurent Mignaux - Terra

L'activité économique de pêche professionnelle en eau douce apparaît comme relativement peu importante en France en volume comparativement à la pêche professionnelle en mer. Le Comité national de la pêche professionnelle en eau douce évalue, pour l'année 2009, les captures globales à un volume d'environ 1 200 tonnes, pour un chiffre d'affaires de près de 10,5 millions d'euros (cf. Figure 61). En 2009, on dénombrait 391 pêcheurs fluviaux répartis sur le territoire (cf. Figure 63).

Figure 61 – Espèces sauvages d'eau douce pêchées par les professionnels en France en 2009 et valeurs associées (AND International, Ministère de l'Environnement, 2009)

	Volume pêché (en kg)	Prix moyen au kg (en euros)	Valeurs des ventes (en euros)
Corégone	289 799	5,7	1 637 421
Lamproie	208 411	6,0	1 254 232
Anguille	157 056	8,4	1 314 557
Perche	148 883	8,3	1 231 772
Poissons blancs (ablette, barbeau, brème commune, carpe, gardon)	98 254	4,5	444 653
Alose (vraie, feinte atlantique, feinte du Rhône)	68 325	5,5	374 170
Ecrevisse (à pattes rouges, à pattes blanches, des torrents, à pattes grêles, de Louisiane, américaine, californienne)	49 982	6,6	331 049
Mulet	31 663	3,1	98 823
Silure	30 426	6,0	182 904
Friture	30 047	12,1	362 210
Sandre	26 893	12,3	329 839
Brochet	21 333	7,3	156 774
Civelle	7 783	321,6	2 503 255
Ombre chevalier	4 785	16,9	81 039
Crevette blanche	4 615	12,7	58 826
Truite	3 703	12,8	47 357
Saumon	662	41,6	27 538
Autres	3 759	8,7	32 582
Total	1 186 379	-	10 469 001

Figure 62 – Répartition des captures en volumes en 2009 (AND International, Ministère de l'Environnement, 2009)

	Répartition des captures en volumes par associations agréées
Adour	2 %
Gironde	13 %
Loire-Atlantique	20 %
Loire-Bretagne	6 %
Rhône aval Méditerranée	5 %
Rhône-Saône	8 %
Franche Comté	2 %
Garonne Dordogne	2 %
Rhin	Moins de 1 %
Seine-Normandie	1 %
Lacs alpins	41 %
Total	100 %

Figure 63 – Effectifs et répartition des pêcheurs fluviaux en 2009 (AND International, Ministère de l'Environnement, 2009)

	Nombre de pêcheurs fluviaux	Répartition
Adour	98	25 %
Gironde	63	16 %
Loire-Atlantique	47	12 %
Loire-Bretagne	25	6 %
Rhône aval Méditerranée	13	3 %
Rhône-Saône	18	5 %
Franche Comté	6	2 %
Garonne Dordogne	42	11 %
Rhin	3	1 %
Seine-Normandie	5	1 %
Lacs alpins	71	18 %
Total	391	100 %

La commercialisation des produits de la pêche professionnelle passe par de nombreux circuits. Lorsqu'on les interroge, les pêcheurs citent les mareyeurs (70 %), la vente directe aux particuliers (67 %), la vente aux restaurants (58 %) et les marchés (21 %). Viennent ensuite, de manière plus marginale, l'alevinage (9 %), les grands et moyennes surfaces (9 %), l'export (6 %) et les transformateurs (3 %) (AND International, Ministère de l'Environnement, 2009).

Outre la pêche professionnelle en eau douce, quelques activités de capture d'animaux en lien avec les milieux humides existent. Celles-ci se démarquent toutefois davantage par leur diversité et leur contribution au patrimoine culturel et identitaire de certaines régions que par leur importance en termes de poids économique. Ceci est notamment le cas des prélèvements de grenouilles rouses (*Rana temporaria*) en région Bourgogne-Franche-Comté. Protégée par un arrêté ministériel du 19 novembre 2017, cette espèce peut être capturée en vue d'une commercialisation dans des conditions bien particulières soumises à autorisation. Dans le Doubs, territoire sur lequel sont présentes ces grenouilles, seules quelques dizaines de producteurs sont ainsi autorisés à les prélever en vue d'une revente (Services de l'Etat dans le Doubs, 2016).

Capture d'animaux par les non-professionnels en vue d'une autoconsommation

Le niveau d'information permettant de caractériser et de quantifier l'ampleur, en volume, des prélèvements d'animaux effectués par les non-professionnels en vue d'une autoconsommation est variable selon les espèces considérées.

Concernant les activités de pêche, peu d'éléments sont disponibles. Une étude commanditée par le Ministère en charge de l'agriculture et co-financée par l'Ifop et l'Ifremer sur les années 2006 à 2008, fournit quelques éléments chiffrés concernant la pêche en mer. Sur la base d'entretiens téléphoniques et d'enquêtes en face-à-face, il était ainsi ressorti qu'un pêcheur de loisir prélève en moyenne 10 kg de poissons par an. Seule une enquête dédiée permettrait d'identifier si cet ordre de grandeur est similaire pour la pêche en eau douce.

Concernant les activités de chasse, une enquête²⁰, réalisée par l'*Office national de la chasse et de la faune sauvage* et la *Fédération nationale des chasseurs*, a permis d'estimer les prélèvements cynégétiques pour le gibier d'eau par chasse à tir sur la période 2013-2014 (cf. Figure 64).

²⁰ Enquête réalisée auprès de 60 000 chasseurs répartis sur l'ensemble du territoire national, sélectionnés aléatoirement parmi l'ensemble des chasseurs ayant validé leur permis de chasse.

Figure 64 – Estimation du tableau de chasse national par espèce pour le gibier d'eau pour la saison cynégétique 2013-2014 (Office national de la chasse et de la faune sauvage, 2016)

Espèces	Total estimé	Intervalle de confiance à 95 %
Ansérinés		
Bernache du Canada	3 869	2 153 – 5 585
Oie cendrée	10 614	6 817 – 14 411
Oie des moissons	(**)	
Oie rieuse	5 052	2 429 – 7 675
Anatidés		
Canard chipeau	57 047	43 211 – 70 883
Canard colvert	1 195 853	1 059 768 – 1 331 939
Canard pilet	41 349	27 355 – 55 344
Canard siffleur	159 265	124 198 – 194 332
Canard souchet	113 213	86 437 – 139 989
Eider à duvet	(**)	
Fuligule milouin	25 199	14 222 – 36 176
Fuligule milouinan	(**)	
Fuligule morillon	14 285	6 347 – 22 224
Garrot à œil d'or	(**)	
Harelde de Miquelon	(**)	
Macreuse brune	(**)	
Macreuse noire	(**)	
Nette rousse	(**)	
Sarcelle d'été	38 977	21 955 – 55 999
Sarcelle d'hiver	368 126	310 910 – 425 342
Rallidés		
Foulque macroule	51 101	24 786 – 77 416
Poule d'eau	16 405	13 447 – 19 363
Râle d'eau	3 861	2 342 – 5 380
Limicoles		
Barge à queue noire	(+)	
Barge rousse	(**)	
Bécasseau maubèche	(**)	
Bécassine des marais	177 888	145 501 – 210 275
Bécassine sourde	43 183	27 032 – 59 335
Chevalier aboyeur	4 918	3 261 – 6 575
Chevalier arlequin	(**)	
Chevalier gambette	7 882	4 379 – 11 384
Combattant varié	932	402 – 1 462
Courlis cendré	6 961	4 394 – 9 529
Courlis corlieu	6 858	3 103 – 10 614
Huîtrier pie	(**)	
Pluvier argenté	(**)	
Pluvier doré	12 560	7 220 – 17 900
Vanneau huppé	96 361	71 043 – 121 678

(*) Termes repris de l'arrêté ministériel du 26 juin 1987 modifié fixant la liste des espèces de gibier dont la chasse est autorisée

(**) Tableau de chasse total impossible à estimer ou estimé avec précision relative supérieure à 30 %, limite fixée pour publication d'estimations

(+) Espèce soumise à moratoire durant la saison cynégétique 2013 – 2014

Les tableaux de chasse recouvrent des réalités diverses en termes de types de populations prélevées. Ainsi, si le canard colvert figure en tête des oiseaux d'eau chassés, les 1,2 million d'individus prélevés ne correspondent pas exclusivement à des populations sauvages mais également à des lâchers d'oiseaux d'élevage. L'absence de données chiffrées robustes concernant ce type de pratiques empêche toutefois de discriminer avec exactitude les différents types de populations prélevées pour chacune des espèces.

Prélèvements d'animaux issus des activités d'aquaculture

En France, l'aquaculture recouvre plusieurs secteurs d'activité à l'importance et aux retombées économiques très variables. Concernant les milieux humides *stricto sensu*, l'activité prépondérante est celle de pisciculture continentale. Pour celle-ci, les données issues d'enquêtes conduites par le Ministère de l'environnement font apparaître que, pour l'année 2012, la production s'élevait à plus de 40 milliers de tonnes, pour un chiffre d'affaires d'une valeur de 125 millions d'euros (cf. Figure 65).

Figure 65 – La production française en pisciculture continentale en 2012 (DPMA, 2014)

		Milliers de tonnes	Millions d'euros
PISCICULTURE CONTINENTALE	Salmonidés (dont truite arc-en-ciel)	32,2	108,3
	Poissons d'étangs	8,2	16,9
	Total	40,4	125,2

L'activité de salmoniculture continentale concerne, pour l'année 2012, 387 entreprises en France. Celles-ci emploient plus de 1 700 personnes (cf. Figure 66)²¹.

**Figure 66 – Eléments structurels des entreprises piscicoles en 2012
(Champ : France métropolitaine, sauf pisciculture en étangs et marine) (DPMA, 2014)**

GROUPE DE RÉGIONS (SIÈGE D'ENTREPRISE)	ENTRE- PRISES	EMPLOI TOTAL		EMPLOI PERMANENT			EMPLOI SAISONNIER	
		Personnes	ETP ⁽²⁾	Personnes	dont temps complet	ETP ⁽²⁾	Personnes	ETP ⁽²⁾
Pisciculture d'esturgeon	8	123	114	101	93	96	22	18
Salmoniculture continentale ⁽¹⁾	387	1762	1263	1420	1053	1196	342	67
Nord-Pas-de-Calais – Picardie	26	163	129	140	112	123	23	7
Haute et Basse Normandie	37	129	94	101	79	87	28	7
Bretagne – Pays-de-la-Loire	34	148	114	131	98	113	17	1
Centre – Île-de-France – Champ-Ardenne	19	60	47	51	38	45	9	3
Aquitaine – Poitou-Charentes	62	316	244	267	220	236	49	7
Midi-Pyrénées	45	307	191	219	158	178	88	13
Languedoc-Roussillon – PACA – Corse	36	113	82	87	66	76	26	7
Rhône-Alpes	39	179	137	149	112	129	30	8
Auvergne – Limousin	33	75	68	72	59	66	3	3
Bourgogne – Franche-Comté	24	102	65	76	49	62	26	3
Alsace – Lorraine	32	170	92	127	62	82	43	9

(1) Élevage incluant piscicultures non commerciales
(2) : «Équivalent temps plein»

En dehors de la pisciculture continentale, les autres activités d'aquaculture en lien avec les milieux humides demeurent moins prépondérantes. Si les activités conchylicoles génèrent chaque année près de 550 millions d'euros de chiffres d'affaires et concernent plus de 2 800 entreprises, celles-ci concernent dans une très large majorité des milieux littoraux et marins et sortent donc du champ des milieux humides tels que définis dans l'EFESE. Plus anecdotique encore, l'élevage de grenouilles à des fins alimentaires ne concerne aujourd'hui qu'une seule entreprise en France.

²¹ Outre les productions et emplois générés de manière directe par la filière de pisciculture continentale, il convient de noter que celle-ci est aussi à l'origine de nombreux emplois et retombées indirects par l'intermédiaire d'autres secteurs : fournisseurs de matériel d'élevage et de pêche, fabricants d'aliments, restaurateurs, marchands d'articles de pêche, etc.

Principaux déterminants du niveau de bien

Liens avec l'état et le fonctionnement de l'écosystème

Figure 67 – Déterminants du niveau de bien en lien avec la biodiversité

Aspects de la biodiversité qui renforcent le bien	Aspects de la biodiversité qui réduisent le bien
<ul style="list-style-type: none"> ○ Abondance et diversité des espèces 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Compétition et prédation entre espèces réduisant la diversité des espèces prélevables ○ Transmission de parasites entre espèces induisant une réduction des espèces prélevables

La pêche en eau douce concerne de nombreuses espèces pour lesquelles, au-delà de la zone de prélèvement, un ensemble d'autres milieux jouent un rôle primordial, notamment en tant que zones de reproduction ou d'alimentation. C'est donc le bon fonctionnement de l'ensemble de ces milieux qui revêt un caractère essentiel pour l'expression du bien considéré.

De nombreux services, liés notamment à la régulation des débits d'eau, jouent un rôle prépondérant pour l'expression du bien « animaux ». À titre d'exemple, le brochet a un mode de reproduction spécifique lié aux débordements des rivières dans les vallées alluviales. Cette espèce a en effet besoin d'un support végétal pour déposer sa ponte. Les brochetons consomment ensuite du plancton pour se développer avant de devenir piscivores. Au moment de la reproduction, de février à avril, seules les zones de débordement sur prairies permettent de répondre à ces exigences car, à cette époque de l'année, les cours principaux des rivières ne présentent pas de végétation et ne produisent pas en quantité et en qualité le type de plancton nécessaire. Sans débordement des rivières sur les zones de prairies, le brochet ne peut donc pas se reproduire. De plus, c'est la qualité des débordements qui est importante car ils doivent se dérouler à la bonne période mais surtout sur une durée suffisamment longue, environ un mois.

La pérennité des prélèvements d'animaux propres aux milieux humides et de la diversité de ceux-ci est tributaire des relations entre les différentes espèces. La présence d'espèces envahissantes peut ainsi entraîner des risques de compétition, de prédation et de transmissions de maladies et parasites qui peuvent, à terme, réduire le niveau de bien. Le cas des écrevisses américaines (*cf.* Chapitre 5 du présent rapport) en est un des exemples les plus probants pour les milieux humides. Celles-ci ont ainsi contaminées les espèces autochtones avec un champignon qui a, *in fine*, décimé ces populations.

Le sandre constitue également un exemple d'espèce pouvant entraîner une diminution de la diversité biologique *via* la transmission d'un parasite (de type trématode digène). Celui-ci peut ainsi contaminer un grand nombre de poissons (brème, chevesne, gardon, rotengle, barbeau, ablette, goujon et hotu) et provoquer chez eux des lésions qui réduiront leur vitesse de nage et en feront des proies plus faciles pour les carnassiers (Comité national de la pêche professionnelle en eau douce).

Liens avec les pratiques de gestion

Figure 68 – Déterminants du niveau de bien en lien avec les pratiques de gestion

Pratiques de gestion qui renforcent le bien	Pratiques de gestion qui réduisent le bien
<ul style="list-style-type: none"> ○ Participation à la gestion piscicole <i>via</i> une adhésion à une association de pêcheurs professionnels ○ Mise en place de quotas de pêche ○ Opérations de repoissonnement, pacages ○ Lâchers d'individus issus d'élevage 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mauvaise gestion de la régulation des niveaux d'eau dans les étangs piscicoles (mises en eau, assecs, vidanges, etc.) ○ Introduction d'espèces exotiques envahissantes ○ Pisciculture intensive (apports en fertilisants, surexploitation, destruction d'habitats naturels, dégradation des berges, etc.) ○ Pollution des milieux humides par les activités anthropiques ○ Prélèvements excessifs ou non respectueux des règles en vigueur par des usagers professionnels et non-professionnels ○ Obstacles sur les cours d'eau empêchant les migrations des espèces

De manière globale, ce sont les pratiques de gestion qui vont guider la pérennité des activités de pêche professionnelle, de pêche non-professionnelle et d'aquaculture dans de bonnes conditions pour les milieux. Ainsi, si la pêche en eau douce et la pisciculture intensive peuvent entraîner la dégradation des berges par du piétinement et une sur-fréquentation, mais aussi provoquer la disparition de certaines espèces d'oiseaux par la destruction de leurs habitats naturels (roselières, tapis de nénuphars, etc.), voire l'introduction d'espèces exogènes et la pollution génétique des populations du milieu, à l'inverse une pratique durable et responsable de ces activités peut concourir à la préservation des zones humides.

Pour exercer leur activité, les pêcheurs professionnels en eau douce doivent détenir une licence (délivrée par le préfet, après avis de la commission de bassin, pour une durée de 5 ans) et un droit de pêche et adhérer à une association de pêcheurs professionnels, agréée au niveau départemental ou interdépartemental. Par cette adhésion, les pêcheurs s'engagent à participer à la gestion piscicole, à tenir un carnet de pêche (dans lequel ils déclarent les espèces et quantités capturées, chaque année) et à consacrer au moins 600 heures par an à la pêche professionnelle en eau douce.

Face à la disparition progressive de populations lacustres depuis les années 1960 (omble chevalier, truite de lac) due à des phénomènes d'eutrophisation, des opérations de pacage ont été menées à partir de la fin des années 1980 dans le lac Léman et le lac du Bourget. Durant plusieurs années, des alevins en quantités très importantes ont été déversés dans ces milieux et ont permis une remontée des populations concernées (Comité national de la pêche professionnelle en eau douce).

Pour certaines espèces, des quotas de pêche existent. Pour le cas des civelles, le Ministère de l'environnement publie ainsi chaque année, après consultation du public, des arrêtés fixant les quotas de captures. Pour la saison 2015-2016, ceux-ci étaient de 7,5 tonnes pour la pêche en eau douce (cf. Figure 69).

Figure 69 – Quotas de captures de civelles des pêcheurs professionnels en eau douce pour la saison 2015-2016 (Légifrance)

Unités de gestion de l'anguille	Secteurs ou groupes de pêcheurs	Quota (en kg)
Artois-Picardie		0
Seine-Normandie		0
Bretagne		0
Loire, côtiers vendéens et Sèvre niortaise	Pêcheurs adhérant à l'organisation de producteurs « Estuaires »	1 524
	Pêcheurs n'adhérant pas à l'organisation de producteurs « Estuaires »	1 351
Garonne-Dordogne-Charente-Seudre-Leyre	Charente	575
	Garonne et Dordogne	1 150
Adour - Cours d'eau côtiers	Adour	2 300
	Cours d'eau côtiers	575
Total		7 475

Pour la grenouille rousse, seule espèce de grenouille autochtone pouvant être commercialisée, des quotas ont également été établis. Outre le fait que sa capture est soumise à autorisation préalable, plusieurs niveaux de prélèvements ont été définis. Ainsi, en dessous de 500 individus prélevés, le ramassage des grenouilles est considéré comme une pratique dont l'objectif est une consommation dite « familiale » et non-commerciale. Au-delà de 500 grenouilles prélevées, la consommation est toujours considérée comme « familiale » et non-commerciale mais l'individu préleveur doit être en mesure de répondre à certaines prescriptions comme posséder un plan d'eau, des bassins de ponte et de grossissement des grenouilles, tenir un registre côté et paraphé par le préfet ou son représentant. Enfin, au-delà de 1 500 grenouilles prélevées, le demandeur doit être en mesure de répondre à certaines prescriptions comme posséder un plan d'eau, des bassins de ponte et de grossissement des grenouilles, tenir un registre côté et paraphé par le préfet ou son représentant. À partir de ce nombre la capture est considérée comme ayant un but commercial et le demandeur devra être en mesure de justifier ses ventes avec des factures en cas de contrôle (Région Bourgogne-Franche-Comté, 2016).

Sur le cas particulier des étangs, la gestion piscicole consiste à réguler les niveaux d'eau (mise en eau, vidange, assec), la production piscicole (empoissonnement, pêche) et la végétation (faucardage

ou pâturage), avec des apports restreints de fertilisants minéraux ou organiques. En métropole, les plus fortes concentrations d'étangs se trouvent dans les régions Centre (Sologne, Brenne), Rhône-Alpes (Dombes, Forez) et Lorraine (ONMH, 2014).

La pisciculture extensive peut contribuer à la gestion durable des étangs comme en atteste la diversité biologique importante présente au sein de ceux-ci. Par exemple, l'assec estival est une pratique qui permet de limiter le comblement de l'étang et d'améliorer le rendement piscicole les années suivantes. Elle permet également la minéralisation des vases et l'installation d'espèces végétales pionnières contribuant à l'augmentation de la biodiversité. En revanche, les phases de vidange, si elles sont mal gérées, peuvent avoir des impacts négatifs sur le reste du réseau hydrographique aval. En effet, une exportation plus ou moins importante de sédiments de l'étang vers le milieu récepteur peut avoir lieu, entraînant le colmatage du lit du cours d'eau dans lequel l'étang se vide directement, avec une détérioration de son fonctionnement naturel et la dégradation des frayères des espèces affectionnant les substrats de gravier ou de sable pour y déposer leurs œufs. Certaines espèces de l'étang (faune et/ou flore) peuvent aussi s'échapper dans le milieu récepteur et avoir des effets négatifs sur les autres espèces (compétition ou prédation), surtout s'il s'agit d'espèces invasives. Ces impacts négatifs peuvent être réduits ou évités avec la mise en place d'aménagements adaptés : grilles et filtres à pailles ou sur sable pour éviter le passage des espèces, écoulement lent pour éviter un relargage de sédiments trop important, mise en place de fossés pour éviter le déversement direct dans les cours d'eau, etc.

Evaluation monétaire du bien

Une revue de littérature permet de mettre en évidence que la plupart des études de cas menées en France ayant cherché à évaluer monétairement les biens de types « animaux » prélevés des écosystèmes humides se sont basées sur le chiffrage de l'avantage retiré *via* la méthode des prix de marché. La valeur du service est ainsi approximée par la valeur commerciale des animaux prélevés. Cette démarche d'évaluation a notamment été choisie pour une étude portant sur les étangs de la Grande Brenne en 2011. Sur le territoire en question, les 1 350 tonnes de poisson produites par an étaient considérées comme dépendantes de la présence des étangs. L'évaluation conduite approchait par l'excédent brut d'exploitation des entreprises concernées la valeur du bien, à savoir 1,4 million d'euros (Agence de l'eau Loire-Bretagne, ACTeon, EcoVia, 2011).

Recherche d'un chiffrage national du bien

Les données mises en avant par le Comité national de la pêche professionnelle en eau douce et le Ministère de l'environnement permettent d'apporter de premiers éléments pour établir une estimation monétaire des composantes professionnelles du bien « animaux » au niveau national :

- Ainsi, pour l'année 2009, la pêche professionnelle en eau douce générait un chiffre d'affaires de près de 10,5 millions d'euros.
- Pour l'année 2012, la valeur de la production piscicole continentale était, quant à elle, estimée à 125 millions d'euros.

Pour les composantes non-professionnelles du bien, de premières estimations peuvent également être dégagées à partir des données disponibles :

- Pour les activités de pêche, une approximation peut être réalisée à partir des chiffres existants pour la pêche de loisir en mer. Si l'on considère que les prélèvements moyens annuels par pêcheur sont identiques entre ces deux types de milieux, soit 10 kg, et que l'on extrapole ce chiffrage au nombre de pêcheurs en eau douce que compte le territoire (1,4 million), on obtient un prélèvement de l'ordre de 14 millions de kg. Sur la base d'une évaluation *via* les prix de marchés, et en considérant un prix moyen du poisson au kg de l'ordre de 6,8 euros (valeur issue de l'étude du Comité national de la pêche professionnelle en eau douce citée précédemment), on obtient une valeur d'environ 95 millions d'euros. Cette première estimation ne peut être retenue directement compte-tenu des extrapolations effectuées. **La conduite d'une enquête, similaire à celle conduite par l'Ifop et l'Ifremer pour le compte du Ministère en charge de l'agriculture, auprès des pêcheurs de loisir en eau douce permettrait d'évaluer de manière plus précise les volumes de poissons prélevés annuellement en vue d'une autoconsommation.**

- Pour les activités de chasse, à partir des estimations d'individus prélevés pour la saison cynégétique 2013-2014 de l'Office national de la chasse et de la faune sauvage (environ 20 000 ansérinés, 2 millions d'anatidés, 70 000 rallidés et 360 000 limicoles), d'hypothèses à dire d'experts de du volume de viande consommé sur chaque individu (entre 0,4 et 1 kg pour les ansérinés et anatidés et environ 0,1 kg pour les rallidés et limicoles) et d'un prix moyen d'une viande de substitution disponible dans le commerce²² fourni par les données Agreste (8 euros au kilo pour les viandes de volaille), on obtient une valeur d'environ 12 millions d'euros. **Cette première pourrait être améliorée via notamment un affinage de l'enquête sur les tableaux de chasse de l'Office national de la chasse et de la faune sauvage, afin d'estimer les individus prélevés pour l'ensemble des espèces de gibier chassées sur le territoire national.**

Fiche récapitulative

Présentation du bien				
Fonction écologique	→	Bien	→	Avantage
Production de biomasse		Animaux (poissons, crustacés, mollusques, amphibiens, gibiers d'eau)		Source de nourriture pour les êtres humains
Caractérisation du bien				
Pratiques anthropiques permettant l'expression du bien				
Prélèvements effectués par des professionnels en vue d'une commercialisation (pêche professionnelle)				
Culture effectuée par des professionnels en vue d'une commercialisation (aquaculture)				
Prélèvements effectués par des non-professionnels en vue d'une autoconsommation				
Aspects économiques liés au service				
Via la filière professionnelle permettant sa valorisation, le bien « animaux » est à l'origine d'une activité commerciale.				
Les prélèvements effectués par les non-professionnels en vue d'autoconsommation se substituent à d'éventuels achats via la filière commerciale professionnelle.				
Déterminants du niveau du bien				
Déterminants en lien avec la biodiversité		Déterminants en lien avec les pratiques de gestion		
Abondance et diversité des espèces		Participation à la gestion piscicole via une adhésion à une association de pêcheurs professionnels		
Compétition et prédation entre espèces réduisant la diversité des espèces prélevables		Mise en place de quotas de pêche		
Transmission de parasites entre espèces induisant une réduction des espèces prélevables		Opérations de rempoissonnement, pacages		
		Lâchers d'individus issus d'élevage		
		Mauvaise gestion de la régulation des niveaux d'eau dans les étangs piscicoles (mises en eau, assècs, vidanges, etc.)		
		Introduction d'espèces exotiques envahissantes		
		Pisciculture intensive (apports en fertilisants, surexploitation, destruction d'habitats naturels, dégradation des berges, etc.)		
		Pollution des milieux humides par les activités anthropiques		
		Prélèvements excessifs ou non respectueux des règles en vigueur par des usagers professionnels et non-professionnels		
		Obstacles sur les cours d'eau empêchant les migrations des espèces		

²² L'absence de réel circuit commercial pour la viande de gibier d'eau français conduisant à une absence de prix de marché révélant la valeur réelle du gibier prélevé.

Evaluation monétaire du bien

Prélèvements effectués par des professionnels en vue d'une commercialisation (pêche professionnelle)
10,5 millions d'euros₂₀₀₉ (Méthode des prix de marché)

Limite : Approche basée sur le chiffre d'affaires incluant les inputs anthropiques

Culture effectuée par des professionnels en vue d'une commercialisation (aquaculture)

125 millions d'euros₂₀₁₂ (Méthode des prix de marché)

Limites : Approche basée sur le chiffre d'affaires incluant les inputs anthropiques. Ne prend en compte que la pisciculture

Prélèvements effectués par des non-professionnels en vue d'une autoconsommation

95 millions d'euros₂₀₀₉ pour les activités de pêche (Méthode des prix de marché)

Limite : Approche basée sur une extrapolation des volumes moyens extraits pour la pêche de loisir en mer

12 millions d'euros₂₀₁₄ pour les activités de chasse (Méthode des prix de marché)

Limite : Absence de données de prélèvements pour plusieurs espèces de gibier d'eau

Orientation des futurs travaux à conduire pour l'évaluation monétaire

Conduire une étude auprès des pêcheurs de loisir en eau douce afin d'évaluer les volumes de poissons de prélevés annuellement en vue d'une autoconsommation.

AUTRES BIENS PRODUITS PAR LES MILIEUX HUMIDES

Outre la dimension alimentaire associée aux animaux prélevés par les sociétés humaines, certaines espèces animales présentes au sein des milieux humides peuvent être capturées dans une logique d'utilisation de leurs **peaux ou fourrures**. Ceci étant, les activités affiliées à cette pratique sont relativement peu développées au niveau national sur les territoires de milieux humides.

On retrouve également dans les milieux humides une diversité de **ressources végétales** pouvant être récoltées et servir divers usages anthropiques. Ces derniers peuvent être alimentaires ou non. Ne s'y exprimant que modérément comparativement à d'autres grands types d'écosystèmes caractéristiques (écosystèmes forestiers), les éléments ramassés, prélevés ou extraits d'une production végétale brute des milieux humides revêtent souvent un caractère emblématique ou symbolique mais rarement corrélé à des activités significatives en termes de retombées économiques au niveau national. Sur la dimension **alimentaire** des ressources végétales, on pourra notamment citer quelques biens typiques tels que les salicornes. Sur la dimension **non-alimentaire**, il est possible de citer la collecte de diverses fibres et autres matériaux (jonc, osier) pouvant servir plusieurs usages (confection de tissus, matériaux de construction, isolants thermiques, etc.)²³. La récolte de **bois** peut également intervenir au sein de certains types de milieux humides. Celle-ci alimente trois filières de transformation : 1) le bois de chauffage, 2) le bois d'industrie destiné à la fabrication de pâte à papier et de panneaux de fibres ou de particules, et 3) le bois d'œuvre dont la production se fait sous forme de grumes, qui sont ensuite transformées de plusieurs manières : tranchage (pour la production de panneaux pour faire du contreplaqué), déroulage (pour la production de feuilles fines continues utilisées pour les emballages), sciage (pour alimenter les productions industrielles) (Asconit, Biotope, Crédoc, 2009).

De par leurs surfaces fertiles, plusieurs écosystèmes permettent l'alimentation du bétail ou des espèces aquacoles. À cet effet, certains types de milieux humides (marais et prairies humides notamment) permettent le **fourrage** et le **pâturage**. Plusieurs travaux nationaux et internationaux ont toutefois pointé le moindre intérêt des fourrages et pâturages issus des milieux humides comparativement à ceux issus des milieux agricoles. Si le foin offert par les marais et les prairies humides peut se présenter comme un substitut en cas de pénurie, ce bien peut être considéré comme non prépondérant.

Enfin, l'eau présente dans les milieux humides peut être un vecteur de transport de limons et venir ainsi alimenter en matières nutritives d'autres grands types d'écosystèmes tels que les milieux agricoles. Cette capacité à fournir des éléments nutritifs n'a toutefois pas été considérée comme prépondérante au niveau national pour les milieux humides. Les dernières décennies ont, à l'inverse, plutôt permis de constater le développement de pratiques d'endiguement des terres agricoles afin de lutter contre les inondations.

²³ L'exploitation de la tourbe, prépondérante par le passé et plus marginale de nos jours, ne s'inscrit en revanche pas de manière directe dans les biens produits par les milieux humides tels que définis dans l'EFESE du fait de son caractère non renouvelable et du caractère non durable de son extraction durant de nombreuses décennies.

Chapitre 7

Services écosystémiques de régulation

Les services de régulation regroupent l'ensemble des moyens par lesquels la biodiversité peut réguler diverses contraintes imposées aux sociétés humaines. Ces contraintes peuvent résulter des phénomènes naturels physiques, des activités humaines ou de la biodiversité elle-même. Il peut ainsi s'agir d'atténuer des phénomènes physiques de fond à différentes échelles tels que les dérèglements climatiques ou la pollution. Enfin, il peut aussi s'agir de protéger les personnes et les biens contre des risques naturels, tels que des inondations.

Les réflexions conduites par les experts dans le cadre du groupe de travail « Milieux humides » de l'EFESE ont permis d'identifier et caractériser l'importance des services de régulation produits par ces écosystèmes au niveau national. Jugés comme les plus prépondérants, les services de « régulation de la qualité de l'eau », de « régulation des débits de crues » et de « régulation du débit d'étiage » ont fait l'objet d'une évaluation détaillée, restituée dans les pages suivantes. Les autres services écosystémiques de régulation, jugés moins prépondérants, ont fait, quant à eux, l'objet d'une description générale.

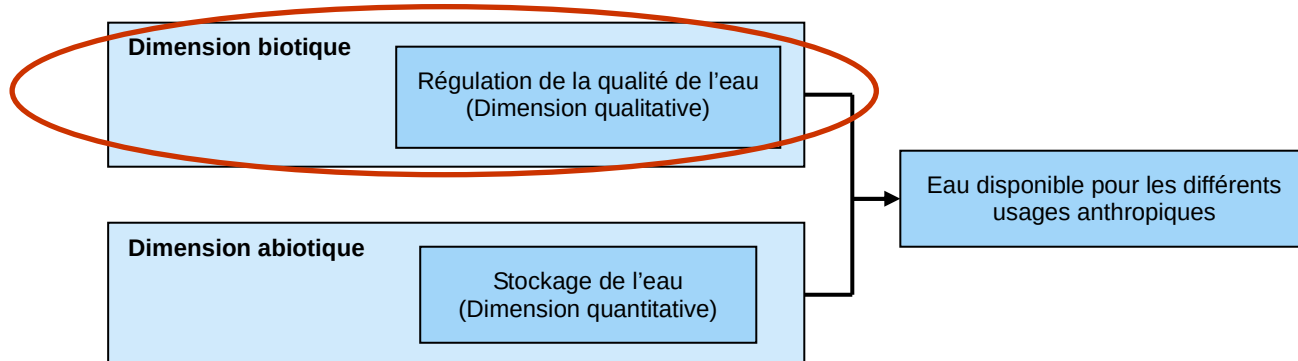
REGULATION DE LA QUALITE DE L'EAU

Présentation du service

Les milieux humides, et principalement les zones humides alluviales, grâce à leur positionnement intermédiaire entre le bassin versant, la nappe alluviale, la nappe libre et les eaux de rivière, sont le siège de transferts de flux hydriques ayant la rivière comme exutoire (remontées d'eau de nappe libre, ruissellements non absorbés par les sols, etc.). Ils servent de filtre physique en bloquant les particules et sont le siège de réactions biochimiques permettant la dégradation de certaines substances. Certains types de milieux humides jouent donc un rôle d'épuration de l'eau et permettent de disposer d'une ressource nécessitant un nombre moindre de traitements avant utilisation. C'est cette amélioration de la qualité de l'eau qui est appréhendée et évaluée comme service écosystémique ici (partie cerclée en rouge dans la Figure 70).

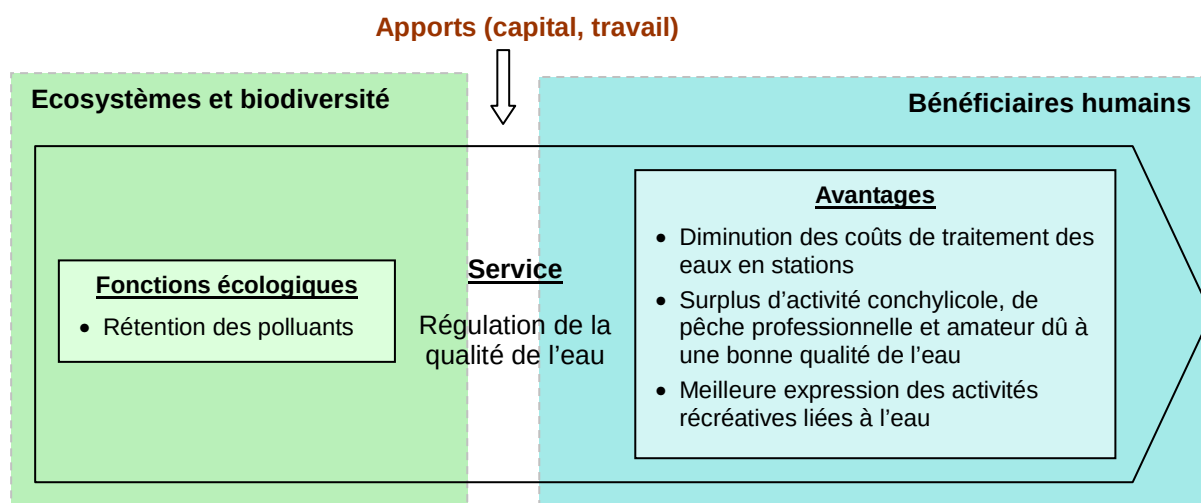
L'eau, en tant que bien, relève quant à elle du domaine de l'abiotique. Son stockage et sa fourniture pour les différents usages anthropiques (domestiques, agricoles, industriels) résultent de processus naturels strictement physiques et non-corrélés au vivant. Elle ne fait donc pas partie intégrante de la liste des biens et services écosystémiques telle que définie dans l'EFESE.

Figure 70 – Schéma des éléments constitutifs de l'eau en tant que ressource disponible pour les usages anthropiques et identification de la dimension évaluée en tant que service de régulation



Caractérisation du service

Figure 71 – Schéma des éléments constitutifs du service « régulation de la qualité de l'eau »



Dimension biophysique

Plusieurs phénomènes épuratoires peuvent être associés aux milieux humides :

- La rétention de l'azote (dénitrification microbienne, prélèvement par les végétaux)
- La rétention du phosphore (sédimentation, précipitation, prélèvement par les végétaux)
- La rétention des matières en suspension
- La rétention des micropolluants organiques

Au sein des différents phénomènes de rétention, il convient de noter que les processus de prélèvement par la végétation ne se produisent qu'en période végétative (avril à septembre) alors que les processus de transformation par les microorganismes ou de sédimentation, même réduits en période hivernale, se produisent toute l'année.

Par ailleurs, les phénomènes épuratoires sont plus ou moins rapides (de quelques secondes à plusieurs mois selon les contaminants considérés). La grande variabilité de l'efficacité des processus de rétention dépend de plusieurs facteurs (Curie *et al.*, 2006, Jaffré *et al.*, 2003, Fisher J, Acreman MC, 2004, Ducharme et Fustec, 2003), notamment des conditions physico-chimiques (conditions anaérobies, taux d'oxygène dissous, potentiel hydrogène, température), du type de végétation, des hydro-périodes, du temps de résidence hydraulique, de la morphologie, de la position du milieu dans le paysage.

a) Rétention de l'azote

Les produits azotés sont en grande partie produits par les plantes qui, après avoir absorbé principalement des ions nitrates ou ammonium dans la solution du sol, fabriquent des molécules organiques. Les tissus végétaux peuvent être consommés par les animaux qui, *in fine*, excrètent leurs déchets azotés sous forme d'urée par exemple (Gayet *et al.*, 2016).

Deux mécanismes permettent l'élimination de l'azote au sein des milieux humides :

- La dénitrification qui, par l'intermédiaire de l'action de bactéries dénitrifiantes, permet une restitution de l'azote sous forme gazeuse et son élimination définitive du milieu. La dénitrification dépend de plusieurs facteurs, notamment : apports azotés venus de l'amont, hydromorphie des sols, texture des sols, température et temps de rétention de l'eau dans le système.
- L'assimilation végétale, dans le cas où la végétation en question est exportée (fauche, pâture). Si elle ne l'est pas, la rétention de l'azote par la végétation est seulement temporaire, une restitution au système se produisant lors de la décomposition. L'assimilation végétale de l'azote dépend de plusieurs facteurs, notamment : apports azotés venus de l'amont, type d'habitat, mode de gestion et vitesse d'écoulement des eaux dans le système.

La quantification du service de rétention de l'azote peut consister en l'observation de l'évolution du taux de polluant dans les eaux de l'amont vers l'aval du système considéré. En l'absence de relevés dans le système que l'on cherche à étudier, le recours à des valeurs issues d'autres sites peut être envisagé. À cet effet, une étude pilotée par le CGDD a défini une méthodologie exploratoire permettant une extrapolation des résultats issus de la bibliographie vers un site pilote : le Parc naturel régional des marais du Cotentin et du Bessin. Une valeur moyenne pour la capacité épuratoire sur les zones humides du site de l'ordre de 125 kg d'azote par hectare et par an a ainsi été estimée (cf. Annexe 12). Si cette méthodologie n'est pas généralisable en l'état, elle a permis de contribuer aux réflexions menées dans le domaine.

b) Rétention du phosphore

Le phosphore provient de l'altération physique, chimique et biologique des roches. Il circule à travers les divers compartiments de la biosphère sous de nombreuses formes minérales et organiques, mais n'adopte pas de formes gazeuses. Dans les milieux naturels, il reste peu abondant, constituant souvent un facteur limitant de la production végétale. L'augmentation des concentrations en phosphore observée aujourd'hui est un facteur essentiel de l'eutrophisation des écosystèmes aquatiques continentaux.

Les apports de phosphore dans les milieux humides se font par un nombre limité de voies. Les eaux de pluie en contiennent très peu et sa concentration dans les eaux souterraines reste faible car cet élément est peu mobile dans les sols. Les apports se font essentiellement par les eaux de ruissellement et par des rejets directs dans les eaux de surface.

Le devenir du phosphore peut être affecté par des processus d'assimilation végétale, d'adsorption ou de complexation. Ces phénomènes de rétention du phosphore se caractérisent par leur côté transitoire. Les milieux humides peuvent donc jouer aussi bien le rôle de puits que de sources de phosphore (Gayet et al., 2016).

c) Rétention de matières en suspension

La rétention de matières en suspension par les milieux humides ne correspond pas à un phénomène épuratoire. Elle se caractérise par un retour possible des matières dans le milieu, notamment en cas de destruction du milieu humide ou de remise en mouvement des sédiments. Les facteurs influençant la rétention sont la quantité de matière organique, le régime hydrologique et la nature des sédiments.

Le phénomène de rétention des matières en suspension se produit plus particulièrement lorsque les eaux de ruissellement arrivent au niveau d'une zone humide ou lors d'épisodes de crue (les valeurs sont dans ces cas là démultipliées du fait de la grande quantité d'eau arrivant sur site).

d) Rétention des micropolluants organiques

Les micropolluants organiques comprennent un ensemble de plusieurs milliers de composés associés à différentes activités humaines : pesticides (herbicides, fongicides, insecticides, etc.), régulateurs de croissance, hydrocarbures aromatiques (HAP), solvants, détergents, composants industriels (plastiques, PCB), sous-produits de traitement des déchets (dioxines), etc.

Les apports de ces produits dans les milieux humides se font soit sous forme d'aérosols, soit sous des formes fixées à des particules, soit à l'état dissous. Ils peuvent donc être introduits par les précipitations, les eaux de surface (ruissellements, débordements) et les eaux souterraines. Selon leur nature chimique, les composés ont plus ou moins d'affinités pour la phase solide ou la phase liquide.

Les milieux humides agissent principalement de deux façons sur les produits phytosanitaires :

- **Adsorption / Désorption.** Les pesticides peuvent être adsorbés (fixés) dans le sol, dans des conditions différentes selon les molécules. La désorption semble plus facile en milieu oxydé qu'en milieu réduit
- **Dégradation des molécules.** Certains microorganismes du sol sont capables de dégrader les pesticides. On parle généralement de transformation plutôt que de minéralisation totale, celle-ci n'intervenant que sur un pas de temps beaucoup plus important (plusieurs mois).

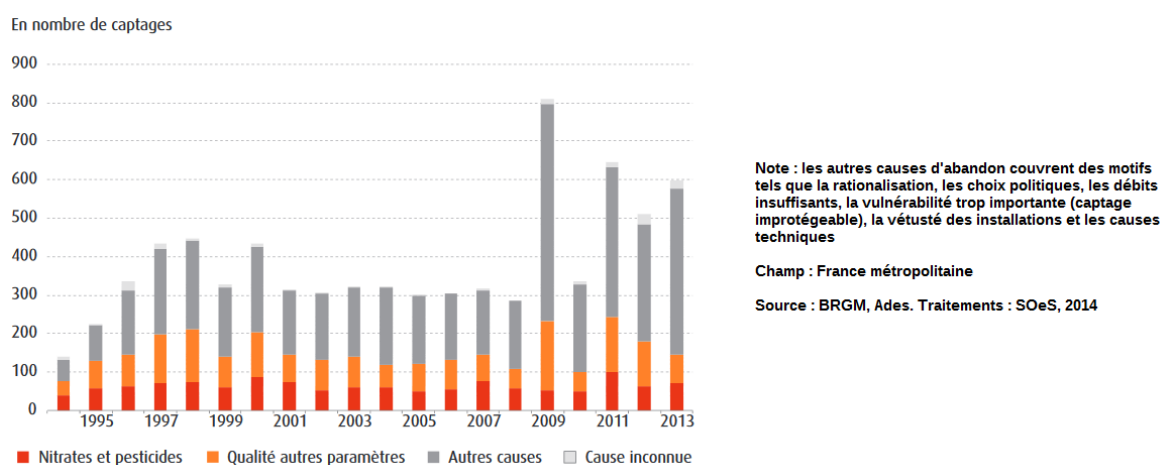
D'autres processus existent également (hydrolyse, photolyse, oxydoréduction) mais peuvent, de manière globale, être considérés comme secondaires.

Dimension socio-économique

Les fonctions de rétention des polluants des milieux humides revêtent un intérêt économique en lien avec les usages anthropiques finaux de la ressource en eau.

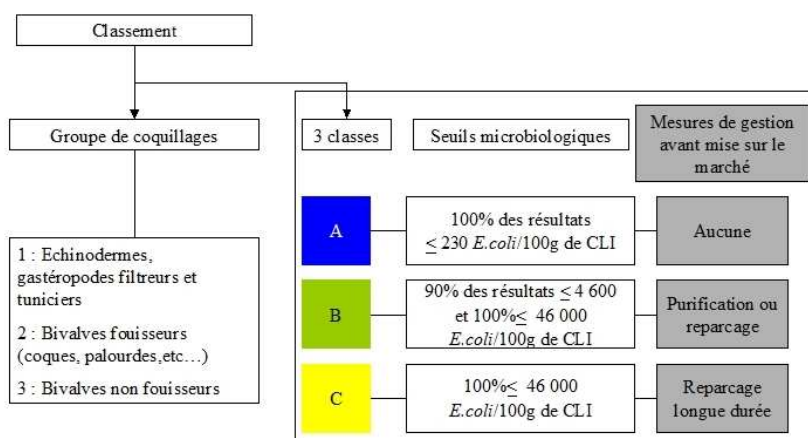
En France, l'alimentation en eau potable doit respecter un certain nombre de normes de qualité. Le code de la santé publique fixe par exemple une valeur limite de 50 mg/l pour ce qui concerne les nitrates, 5 mg/l pour le phosphore, 0,10 µg/l pour chaque pesticide (0,50 µg/l pour le total des substances mesurées) (Direction générale de la santé, 2005). Les fonctions de rétention des polluants des milieux humides concourent, dans une certaine mesure, à l'atteinte de ces normes et permettent d'éviter un nombre plus conséquent de traitements en station de potabilisation, et les coûts financiers associés. Ces fonctions peuvent également concourir à limiter le nombre de fermeture de captages d'eau potable, procédure imposée par la réglementation lorsque la teneur en polluants de la ressource en eau dans le milieu devient trop importante. Entre 1994 et 2013, sur les 7 716 captages d'eau abandonnés, 39 % l'ont été du fait de la mauvaise qualité de l'eau, notamment du fait de teneurs trop importantes en nitrates et pesticides (cf. Figure 72).

Figure 72 – Evolution du nombre de captages d'alimentation en eau potable fermés (SOeS, Onema, 2016)



Les fonctions de rétention des polluants des milieux humides peuvent également permettre de pérenniser les activités piscicoles et conchylicoles, là aussi en permettant au milieu de ne pas dépasser les normes en vigueur. Au niveau national, le Réseau de contrôle microbiologique (REMI) assure le suivi des zones de production conchylicole exploitées par les professionnels. Un classement en différentes zones (A, B ou C) est effectué sur la base du dénombrement des *E. coli* dans les coquillages vivants et de leurs évolutions (cf. Figure 73).

Figure 73 – Exigences réglementaires microbiologiques du classement de zone (Ifremer)



Une meilleure qualité de l'eau engendrée par la rétention de polluants par les milieux humides permet également une meilleure expression d'une batterie d'usages récréatifs (baignade par exemple).

Principaux déterminants du niveau de service

Liens avec l'état et le fonctionnement de l'écosystème

Figure 74 – Déterminants du niveau de service en lien avec la biodiversité

Aspects de la biodiversité qui renforcent le service	Aspects de la biodiversité qui réduisent le service
<ul style="list-style-type: none"> ○ Présence d'une végétation importante permettant la rétention de polluants ○ Présence microbienne permettant la dégradation de polluants 	

Liens avec les pratiques de gestion

Figure 75 – Déterminants du niveau de service en lien avec les pratiques de gestion

Pratiques de gestion qui renforcent le service	Pratiques de gestion qui réduisent le service
<ul style="list-style-type: none"> ○ Création de milieux humides artificiels jouant le rôle de rétention des polluants ○ Actions de fauche ou de pâture sur la végétation ayant assimilé l'azote 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Actions anthropiques entraînant la remise en mouvement de sédiments et matières en suspension ○ Apports excessifs de polluants conduisant à une saturation des milieux et à une incapacité de ceux-ci à assurer leur fonction de rétention

Les milieux humides jouant, selon les contextes, le rôle de rétention de polluants et non de dégradation, certaines pratiques anthropiques peuvent conduire à la remise en mouvement de ces polluants et donc à l'inefficacité du service. À l'inverse, des actions anthropiques peuvent venir compléter et valoriser le service. Ceci est notamment le cas de pratiques de fauche de végétation, une fois l'azote assimilé par cette dernière.

Les milieux humides disposent d'une capacité maximale de rétention des polluants (potentiel de l'écosystème à rendre le service). Une teneur en polluants des eaux supérieure à ce seuil conduit à non-durabilité du service, voire à sa disparition (La Notte et *al.*, 2017). Les apports anthropiques, s'ils sont trop importants, peuvent donc agir directement et durablement sur le niveau de service.

Evaluation monétaire

Plusieurs approches peuvent permettre d'évaluer monétairement le service de régulation de la qualité de l'eau. Les travaux récents se sont ainsi intéressés aussi bien à l'évaluation directe *via* la capacité de rétention en polluants des milieux humides qu'à l'évaluation indirecte *via* les usages bénéficiant des capacités épuratoires des milieux humides.

À titre d'exemple, une étude pilotée en 2011 par le CGDD sur le Parc naturel régional des marais du Cotentin et du Bessin avait notamment identifié et chiffré quatre usages bénéficiant des capacités épuratoires du site (*cf.* Encadré 10).

Encadré 10 – Evaluation économique des services rendus par les zones humides – Enseignements méthodologiques de monétarisation (CGDD, ACTeon, EcoVia, Cemagref, 2011)

Dans l'étude du CGDD de 2011 portant sur le Parc naturel régional des marais du Cotentin et du Bessin, quatre usages ont été identifiés comme bénéficiant directement et significativement du service de régulation de la qualité de l'eau produit par les zones humides : la conchyliculture, la pêche à pied professionnelle, la pêche à pied amateur et l'alimentation en eau potable.

Evaluation pour l'usage conchyliculture

Considérant le classement sanitaire des eaux conchylicoles, est retenue pour cette évaluation l'hypothèse que, sans zones humides, les zones de production de coquillages actuellement classées en A seraient déclassées en B et les zones actuellement classées en B seraient classées en C.

Sur le site étudié, on dénombre 48 entreprises classées en A et 75 en B sur la zone de production potentiellement impactée par la zone humide. Compte tenu de la réglementation, un déclassement de A en B obligerait les concessionnaires à investir dans des bassins et systèmes de purification de l'eau, pour un coût total estimé compris entre 4,056 et 5,712 millions d'euros.

.../...

.../...

D'autre part, il apparaît, à dire d'experts, que la production de coquillages, bien qu'autorisée, s'avère peu rentable dans les zones classées en C, compte tenu du coût du traitement thermique obligatoire dans ces zones. Le déclassement de B en C pourrait se traduire concrètement par un arrêt de la production sur les sites concernés (75 entreprises) et donc un manque à gagner correspondant au chiffre d'affaires sur les zones actuellement classées en B.

À partir des données du CRC (2009), il est possible d'estimer la production potentiellement impactée à 7 400 tonnes d'huîtres et 1 600 tonnes de moules, soit un chiffre d'affaires de 32,9 millions d'euros.

Evaluation pour l'usage pêche à pied

Pêche à pied amateur

À partir du nombre de pratiquants de la pêche à pied amateur sur le site étudié, la valeur du service est appréhendée par le transfert de valeurs pour des études qui ont étudié le surplus d'une visite de pêche par la méthode des coûts de transport. Appéré et Bonnieux (2003) ont déterminé que le surplus d'une visite pour la pêche à pied était compris entre 12,7 et 16,2 euros₂₀₁₀. Ces valeurs correspondent à la distance que les pêcheurs seraient prêts à parcourir en plus en cas de changement de classe (de B à A ou de C à A) pour pratiquer leur activité, et donc indirectement à leurs dépenses consenties. Extrapolée aux 15 000 visites par an du site étudié, on obtient une valeur comprise entre 190 000 et 243 000 euros par an.

Pêche à pied professionnelle

Concernant la pêche à pied professionnelle, l'estimation du poids économique de l'activité est plus simple. En effet, en se basant sur les données 2005 - 2006, le nombre de permis était estimé à 800 et le chiffre d'affaires de l'activité compris entre 1,25 et 1,60 million d'euros (entre 525 et 700 tonnes de coquillages ramassées).

Il est cependant plus complexe d'appréhender la part du chiffre d'affaires qui dépend effectivement de la présence des zones humides. En suivant la même logique que pour la conchyliculture, un déclassement serait envisageable en classe B pour les zones actuellement en classe A, entraînant une perte partielle d'activité ou de bénéfice, et en classe C pour les zones actuellement en classe B, entraînant une perte totale de l'activité. Les zones actuellement en A représentent environ 40 % du total (60 % de zone en B) : une dégradation de la qualité de l'eau (liée à la disparition des zones humides) pourrait entraîner une perte comprise entre 60 % et 75 % pour la pêche à pied professionnelle, soit une perte comprise entre 750 000 euros et 1,2 million d'euros par an.

Evaluation de l'alimentation en eau potable

Est considérée ici la valeur de remplacement, c'est-à-dire le coût de la mise en place d'un système artificiel d'efficacité équivalente en cas de disparition ou dégradation fonctionnelle des zones humides. En considérant les volumes d'eau prélevés dans la nappe pour l'alimentation en eau potable, soit 11,2 millions de m³ par an et approximativement 7,5 millions de m³ par an facturés, et en considérant les surcoûts unitaires de traitement des nitrates présentés dans le tableau suivant, il est possible de calculer les surcoûts potentiels liés au traitement de l'eau potable pour les nitrates sur le territoire du Parc naturel régional des marais du Cotentin et du Bessin en cas de disparition des zones humides.

Une analyse similaire pourrait être réalisée pour d'autres polluants comme les pesticides, amenant à un surcoût compris entre 530 000 et 600 000 euros₂₀₁₀ par an. Cependant, en l'absence de données quantifiées sur le rôle des zones humides dans l'élimination des pesticides, ces valeurs n'ont pas été prises en compte dans l'évaluation finale.

	Surcoûts liés aux traitements complémentaires dans les unités de distribution d'eau potable pour les nitrates		
	Coût unitaire (€ ₂₀₁₀ /m ³ facturé)	Volumes facturés (en m ³ /an)	Coûts totaux (en € ₂₀₁₀ /an)
Valeur Min.	0,324	7 465 958	2 416 581
Valeur Moy.	0,377	7 465 958	2 817 951
Valeur Max.	0,426	7 465 958	3 177 512

Le coût serait donc compris entre 2,4 et 3,2 millions d'euros par an, soulignant ainsi l'importance des coûts curatifs potentiellement nécessaires si les zones humides du Parc naturel régional des marais du Cotentin et du Bessin disparaissaient (tout au moins fonctionnellement), d'autant que ces derniers sont a priori sous-estimés (seul le paramètre nitrate étant pris en considération). Ces zones humides génèrent donc un bénéfice équivalent.

Plus récemment, des travaux de recherche ont tenté d'évaluer et de cartographier directement la capacité de rétention des polluants de certains milieux humides. En 2017, La Notte et *al.*, sur la base de la classification des services écosystémiques CICES, ont proposé une valorisation du service de purification de l'eau par les rivières en Europe. Au sein de cette étude, seule la rétention de l'azote a été prise en compte et uniquement dans les rivières. Elle sert donc de borne basse à l'évaluation du service de purification de l'eau pris dans son ensemble.

La rétention de l'azote est approchée par le modèle *GREEN* (*Geospatial Regression Equation for European Nutrient losses*) développé par Grizzetti et *al.* (2005, 2008, 2012). Celui-ci considère l'apport de sources ponctuelles et diffuses de nutriments et estime la fraction retenue pendant le transport de l'eau de la terre à la surface (rétention du bassin) et la fraction retenue dans le segment de la rivière (rétention de la rivière).

Posant l'hypothèse de l'existence d'un flux durable de rétention d'azote pour l'écosystème et utilisant les données relatives au débit moyen des rivières, l'étude établit pour chaque pays européen un niveau d'abattement global d'azote soutenable pour l'écosystème et un niveau global d'abattement effectif.

Pour la France, comme pour la majorité des pays européens, il apparaît que les apports d'azote dans le milieu ont diminué sur la période 1985-2005. Ceci étant, les niveaux d'azote abattus par les rivières demeurent bien supérieurs aux niveaux d'abattement soutenables pour la bonne expression du service sur le long terme (*cf.* Figure 76).

Figure 76 – Flux physiques de rétention de l'azote dans les rivières aux niveaux nationaux (La Notte et *al.*, 2017)

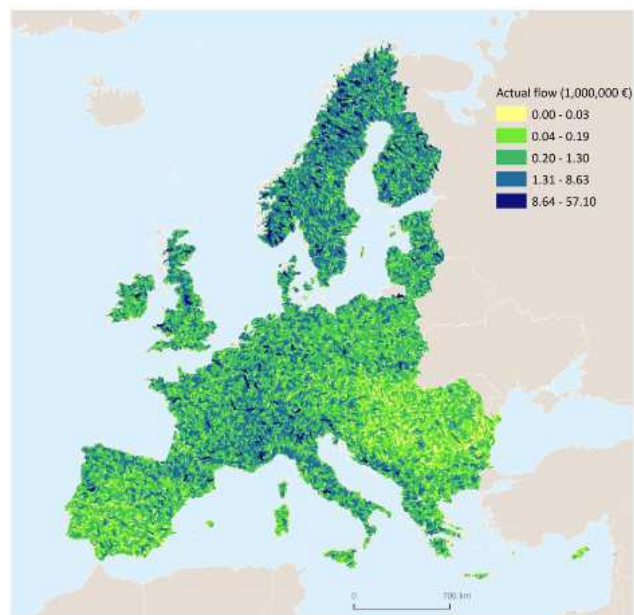
Country	River area covered by the study (km ²)	River network (km)	Total nitrogen input (ton km ⁻² year ⁻¹)			Sustainable river nitrogen removal (10 ³ kg km ⁻¹ year ⁻¹)			Actual river nitrogen removal (10 ³ kg km ⁻¹ year ⁻¹)		
			1985	1995	2005	1985	1995	2005	1985	1995	2005
Albania	27061	2265	5.89	5.22	5.50	0.46	0.39	0.30	2.96	3.27	3.52
Andorra	547	39	5.81	7.36	7.94	0.23	0.15	0.06	0.70	0.88	1.17
Austria	83943	7456	8.15	7.05	6.61	0.47	0.51	0.64	3.25	3.06	2.59
Belgium	29201	2540	20.97	18.67	18.15	0.03	0.01	0.06	5.07	5.96	4.88
Bosnia and Herzegovina	50523	4413	5.61	3.84	3.65	0.44	0.50	0.52	2.11	1.94	1.89
Bulgaria	110246	9681	20.39	5.92	5.11	0.63	0.85	0.76	5.70	5.15	5.57
Croatia	49611	4894	9.87	6.57	5.50	0.55	0.75	0.91	5.19	4.43	3.91
Cyprus	5617	452	7.00	20.08	18.37	0.00	0.00	0.00	0.16	0.14	0.18
Czech Republic	79430	7077	16.51	10.28	10.37	0.55	0.56	0.56	3.95	2.76	2.57
Denmark	27423	1968	19.68	18.95	16.72	0.00	0.00	0.00	2.02	1.39	1.60
Estonia	39531	3507	6.03	4.40	5.34	0.25	0.37	0.43	1.07	0.66	0.29
Finland	315292	26662	2.19	2.22	2.71	0.65	0.65	0.65	0.37	0.35	0.30
France	530446	48075	11.04	10.32	10.62	0.74	0.52	0.81	4.38	6.02	3.87
Germany	349749	32361	18.39	13.19	12.25	0.73	0.66	1.15	8.65	8.10	5.32
Greece	92992	7416	16.18	9.00	6.88	0.11	0.05	0.04	1.60	1.93	1.97
Hungary	92541	9726	15.96	9.90	9.52	0.11	0.31	0.39	5.80	4.61	4.36
Ireland	55233	4260	13.57	16.56	14.31	0.36	0.36	0.36	2.25	2.60	2.10
Italy	268665	24492	11.18	10.02	9.38	0.76	0.71	0.85	6.71	6.99	6.37
Latvia	61803	5954	6.25	4.06	3.60	0.98	1.31	1.38	3.72	2.36	2.08
Lithuania	65325	6421	9.46	5.44	5.74	0.12	0.56	0.51	5.14	3.19	3.32
Luxembourg	3614	381	15.45	13.31	13.05	0.01	0.00	0.05	4.19	4.92	3.25
Macedonia	24448	1847	8.26	5.49	4.32	0.09	0.04	0.04	2.23	2.62	2.60
Netherlands	29789	2871	36.36	31.86	27.59	0.57	0.59	1.63	13.29	13.32	8.93
Norway	238212	19440	1.28	1.46	1.65	0.66	0.66	0.65	0.28	0.29	0.24
Poland	308161	28062	11.68	8.50	7.77	0.59	0.75	0.79	9.25	6.07	5.72
Portugal	82457	7453	4.80	5.02	9.34	0.26	0.21	0.42	2.41	2.55	1.91
Romania	239315	23531	13.24	7.30	5.84	0.66	0.94	0.80	6.09	5.29	5.79
Serbia incl. Montenegro	100400	8864	10.70	6.88	6.68	0.45	0.69	0.70	6.23	5.37	5.50
Slovakia	49149	4316	10.63	7.75	6.07	0.04	0.11	0.13	1.54	1.08	1.03
Slovenia	20443	1880	10.84	7.46	6.63	0.46	0.55	0.59	1.74	1.38	1.26
Spain	479392	42510	18.97	37.87	16.55	0.24	0.24	0.18	1.36	1.39	1.69
Sweden	425284	38678	2.14	2.19	2.37	0.79	0.80	0.79	0.54	0.46	0.36
Switzerland	42202	3559	10.33	9.08	7.30	2.24	2.02	2.54	5.36	6.09	4.20
United Kingdom	197677	16262	15.82	15.72	13.51	0.27	0.27	0.27	2.76	2.50	2.37

Pour aboutir à une évaluation monétaire du service, La Notte et *al.* adoptent une approche par les coûts consistant à estimer les dépenses relatives à la mise en place de zones humides artificielles permettant de rendre le même niveau de service. Les résultats, ventilés par pays, sont retranscrits en euros par km de rivière (*cf.* Figure 77 et 78).

Figure 77 – Flux monétaires de rétention de l'azote dans les rivières aux niveaux nationaux (La Notte et al., 2017)

Country	Sustainable river nitrogen removal (euro km ⁻¹ year ⁻¹)			Actual river nitrogen removal (euro km ⁻¹ year ⁻¹)		
	1985	1995	2005	1985	1995	2005
Albania	12,752	9,683	7,332	35,138	34,634	35,361
Andorra	10,055	5,250	1,776	31,015	30,907	30,614
Austria	12,657	12,856	14,640	20,542	20,612	20,649
Belgium	318	64	478	44,390	42,487	41,798
Bosnia and Herzegovina	7,786	8,694	8,052	24,444	24,284	24,376
Bulgaria	1,923	1,130	774	11,297	11,646	11,828
Croatia	1,822	2,378	2,940	16,227	16,175	16,144
Cyprus	277	662	407	6,149	6,131	6,001
Czech Republic	14,161	19,435	21,862	19,276	19,009	19,181
Denmark	0.09	3.05	52.88	60,580	60,218	60,201
Estonia	32,738	11,421	45,349	40,097	40,039	39,715
Finland	178,935	156,191	206,894	74,929	74,920	74,619
France	7,628	5,139	7,592	44,389	44,816	44,063
Germany	20,356	21,418	33,449	32,196	32,756	31,659
Greece	1,044	708	746	26,127	25,769	25,492
Hungary	80	155	171	5,212	5,164	5,163
Ireland	22,948	20,276	25,136	40,970	41,083	40,894
Italy	8,581	8,211	9,964	45,253	45,609	45,251
Latvia	3,404	13,232	22,569	39,898	39,416	39,325
Lithuania	143	3,119	3,809	32,564	31,950	32,372
Luxembourg	204	46	1,114	50,247	50,661	48,853
Macedonia	2,881	1,436	1,453	31,662	32,412	32,038
Netherlands	58	69	253	34,595	34,176	33,725
Norway	337,364	310,686	408,656	86,814	86,895	86,795
Poland	21,714	23,299	25,525	25,478	25,144	25,232
Portugal	2,728	2,538	8,197	17,513	17,219	16,600
Romania	578	930	399	5,709	5,673	5,761
Serbia incl. Montenegro	3,874	3,131	1,398	13,043	13,079	13,141
Slovakia	319	1,187	1,228	7,913	7,777	7,759
Slovenia	7,519	11,639	12,029	25,749	25,399	25,047
Spain	4,570	4,649	3,863	19,539	19,288	17,622
Sweden	208,661	223,885	344,206	79,913	80,159	80,073
Switzerland	56,889	51,682	77,340	88,437	89,299	87,967
United Kingdom	19,069	20,707	20,638	45,209	44,887	44,685

Figure 78 – Rétention réel de l'azote dans les rivières aux niveaux nationaux en euros (La Notte et al., 2017)



Recherche d'un chiffrage national du bien

Pour effectuer une évaluation nationale du service, il conviendrait de connaître les capacités épuratoires et de rétention de l'ensemble des types de milieux humides nationaux pour l'ensemble des paramètres visés.

Les travaux de La Notte et al. (2017), fournissent des éléments pour chiffrer une partie du service au niveau national, à savoir la rétention de l'azote par les rivières. Sur la base du chiffrage en euros des coûts de remplacement du service, il est ainsi possible d'évaluer cette dimension à plus de 2 milliards d'euros annuels.

Une déclinaison de cette méthodologie à l'ensemble des milieux humides jouant un rôle de rétention de l'azote permettrait de disposer d'une évaluation nationale de cette composante du service. Une déclinaison de cette même méthodologie aux autres types de polluants (phosphore, matières en suspension, micropolluants organiques) potentiellement retenus et dégradés par les milieux humides permettrait de chiffrer les autres composantes du service de régulation de la qualité de l'eau à l'échelle nationale.

Fiche récapitulative

Présentation du service		
Fonction écologique	→	Service
Rétention des polluants		Régulation de la qualité de l'eau
		Avantages
		Diminution des coûts de traitement des eaux en stations pour l'usage eau potable
		Surplus d'activité conchylicole, de pêche professionnelle et amateur permis par une bonne qualité de l'eau
Caractérisation du service		
Aspects économiques liés au service		
Les fonctions de rétention des polluants des milieux humides permettent d'éviter des coûts de traitement en stations pour l'alimentation en eau potable		
Ces mêmes fonctions permettent l'expression d'activités piscicoles et conchylicoles, activités pour lesquelles des normes de qualité de l'eau existent également		
Elles permettent enfin la bonne expression de nombreux usages récréatifs (baignade par exemple)		
Déterminants du niveau du service		
Déterminants en lien avec la biodiversité		Déterminants en lien avec les pratiques de gestion
Présence d'une végétation importante permettant la rétention de polluants		Création de milieux humides artificiels jouant le rôle de rétention des polluants
Présence microbienne permettant la dégradation de polluants		Actions de fauche ou de pâture sur la végétation ayant assimilé l'azote
		Actions anthropiques entraînant la remise en mouvement de sédiments et matières en suspension
		Apports excessifs de polluants conduisant à une saturation des milieux et à une incapacité de ceux-ci à assurer leur fonction de rétention
Evaluation monétaire du service		
Plus de 2 milliards d'euros (Méthodes basées sur les coûts)		
<i>Limite : Seule la dimension rétention de l'azote par les rivières est évaluée</i>		
Orientation des futurs travaux à conduire pour l'évaluation monétaire		
Décliner les travaux existants sur la rétention de l'azote par les rivières à l'ensemble des milieux humides jouant un rôle de rétention de ce polluant.		
Décliner les travaux existants sur la rétention de l'azote aux autres polluants (phosphore, matières en suspension, micropolluants organiques) retenus et dégradés par les milieux humides.		

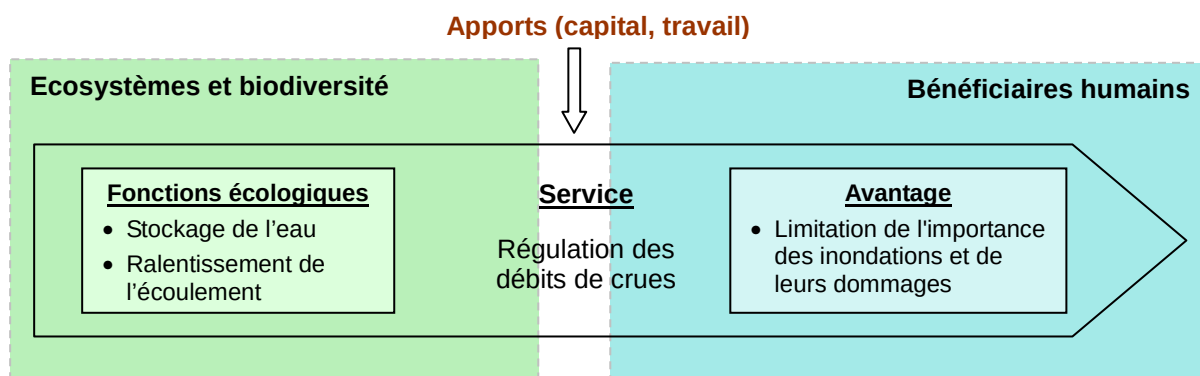
REGULATION DES DEBITS DE CRUES

Présentation du service

Le service de régulation des débits de crues correspond à la rétention de l'eau dans les dépressions couplée à l'épandage du débit de crue dans les plaines alluviales et marais annexes, qui permet une atténuation des crues par une diminution des débits et un étalement dans le temps et donc une limitation des impacts potentiels sur les installations humaines.

Caractérisation du service

Figure 79 – Schéma des éléments constitutifs du service « régulation des débits de crues »



Les intérêts sociétaux et économiques du service de régulation des débits de crues peuvent être étayés par plusieurs données relatives au nombre d'inondations survenant chaque année sur le territoire et aux coûts financiers importants qui en découlent. À titre d'exemple, l'association française des assurances a évalué dans une fourchette allant de 900 millions à 1,4 milliard d'euros les coûts associés à l'épisode de crue survenue en région parisienne en mai 2016.

Une préservation et une bonne gestion des écosystèmes jouant le rôle d'écrêteur de crues peuvent être génératrices d'une diminution de ces coûts.

Ce service de régulation des débits de crues est d'autant plus prépondérant au niveau national qu'une grande partie de la population française réside en zone inondable. En 2009, la part de la population exposée au risque d'inondation par cours d'eau était en effet estimée à 11 % en France métropolitaine, à 17 % à La Réunion et à 10 % en Martinique (cf. Figure 80).

Dans la totalité des départements, une part de la population réside en zone inondable, même si des disparités locales existent. 12 départements ont plus de 20 % de leur population en zone inondable. Le nombre de logements situés en zone inondable est estimé à 3,7 millions en 2009.

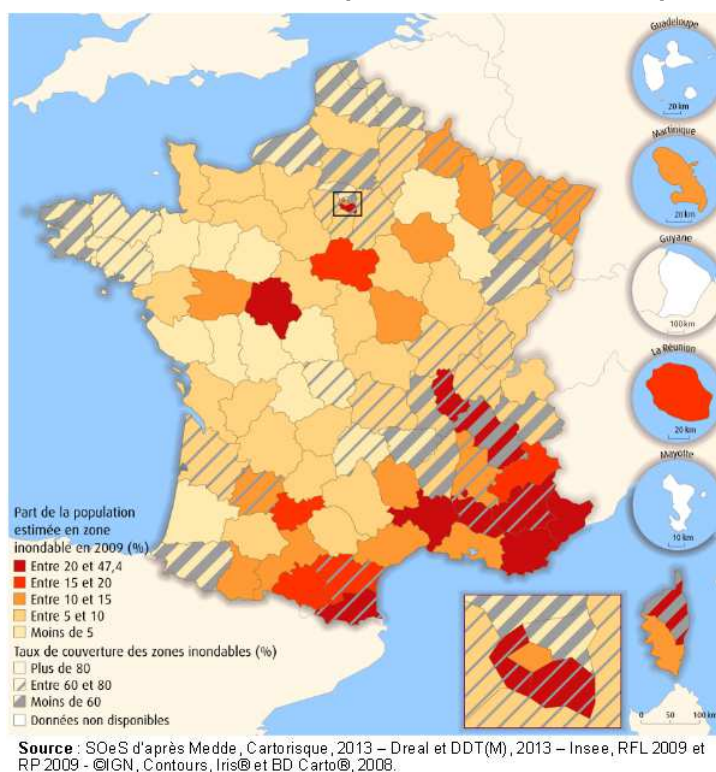


L'Aude en crue (Occitanie, 2005)
© Laurent Mignaux - Terra



Cultures inondées (Occitanie, 2005)
© Laurent Mignaux - Terra

Figure 80 – Part de la population estimée en zone inondable par cours d'eau en 2009, et taux de couverture des zones inondables par des atlas numérisés (SOeS, 2013)



Principaux déterminants du niveau de service

Liens avec l'état et le fonctionnement des écosystèmes

Figure 81 – Déterminants du niveau de service en lien avec la biodiversité

Aspects de la biodiversité qui renforcent le service	Aspects de la biodiversité qui réduisent le service
<ul style="list-style-type: none"> Abondance de végétation favorisant le laminage des crues en ralentissant le courant 	

Le service de régulation des débits de crues dépend de la capacité des milieux humides à stocker une partie des précipitations et à compenser les variations du niveau des eaux.

Plusieurs paramètres du milieu contribuent à cette capacité : sa rugosité (elle-même dépendante du relief de la végétation), sa position dans le bassin versant, sa superficie relative au bassin de drainage et ses caractéristiques morphologiques.

La présence de végétation dans le milieu favorise le laminage des crues en ralentissant le courant. Le couvert arboricole peut se révéler particulièrement efficace lorsque les débits sont élevés et la lame d'eau importante. Les forêts alluviales, par exemple, jouent un double rôle dans la régulation des crues. Outre celui de zones permettant l'expansion des crues, elles peuvent être un frein important à l'écoulement latéral des crues. Ainsi, le niveau d'eau diminue à mesure que l'on s'éloigne du chenal et que l'on s'approche de l'arrière de la forêt. Les strates arbustives et herbacées, quant à elles, offrent généralement une plus grande résistance aux écoulements.

Le niveau de saturation en eau du milieu humide, qui peut s'apprécier par le niveau d'engorgement des sols, est un paramètre essentiel dans la réalisation du service. À la sortie de l'hiver, l'engorgement des sols des zones humides ne permet généralement plus d'assurer cette bonne réalisation.

Le volume d'eau stocké lors d'une crue diminue par évapotranspiration, par infiltration vers les nappes ou par évacuation progressive *via* un exutoire. En bordure de cours d'eau, le stockage de l'eau peut persister dans le sol et dans les différentes annexes hydrauliques non connectées au chenal. De nombreux milieux présentant une faible perméabilité peuvent ainsi voir leur vidange se dérouler sur plusieurs semaines ou mois par des écoulements souterrains.

Liens avec les pratiques de gestion

Figure 82 – Déterminants du niveau de service en lien avec les pratiques de gestion

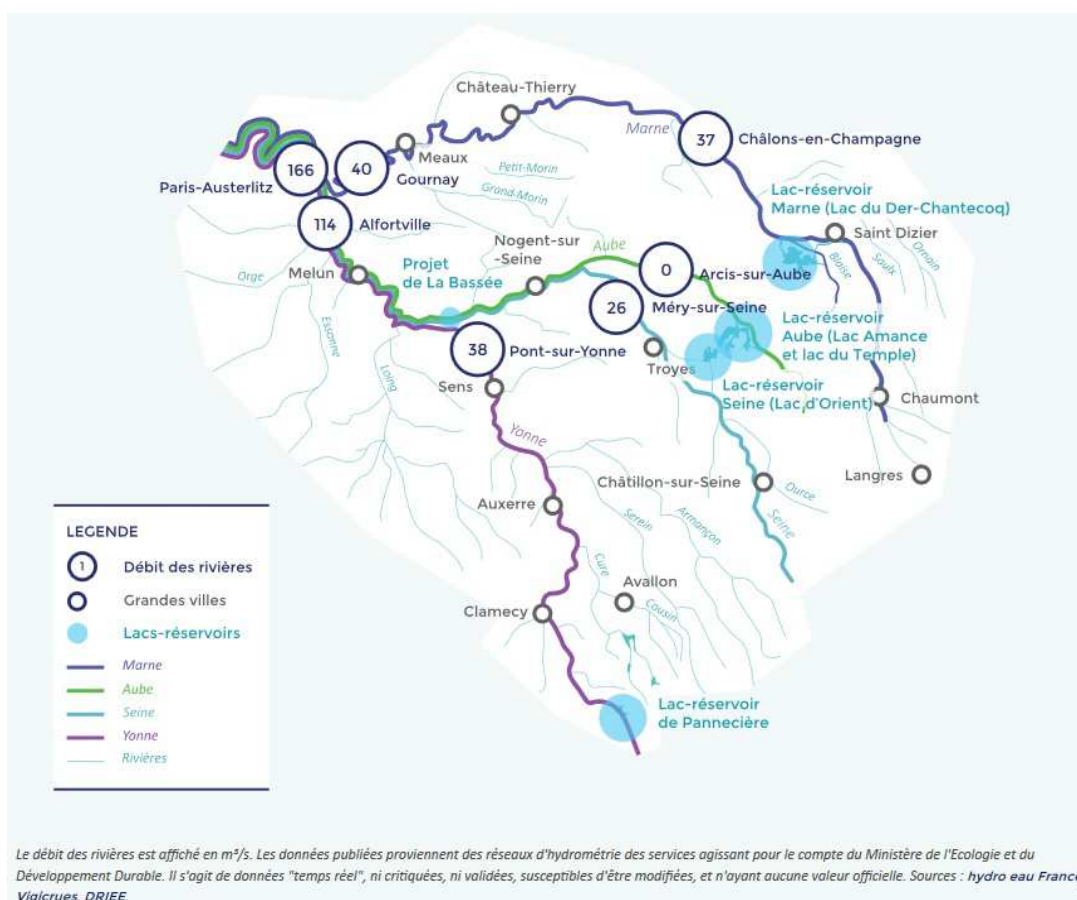
Pratiques de gestion qui renforcent le service	Pratiques de gestion qui réduisent le service
<ul style="list-style-type: none"> ○ Création de milieux artificiels écrêteurs de crues ○ Renaturation de cours d'eau (reconnexion de bras morts, reconnexion lit mineur – lit majeur, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Artificialisation des milieux humides et imperméabilisation des sols ○ Recalibrage des rivières ○ Remplacement des milieux humides par des cultures

De nombreuses pratiques de gestion peuvent altérer les fonctions de régulation des milieux humides : artificialisation des milieux, empiètement progressif des cultures sur les milieux humides, disparition de celles-ci, recalibrage des rivières, etc.

À l'inverse, des pratiques de type « renaturation des cours d'eau » peuvent renforcer le niveau de service. De nombreux projets, établis dans cette optique, existent au niveau national. Ceci est notamment le cas du projet *Isère amont* qui, à l'échelle de 29 communes de la vallée du Grésivaudan vise à protéger contre les inondations des zones urbanisées et urbanisables au schéma directeur de l'agglomération grenobloise en redonnant à l'Isère plus d'espace en crue grâce au principe des champs d'inondation contrôlée.

La mise en place de milieux artificiels peut également permettre la création ou le renforcement du service de régulation des débits de crues. Au niveau national, la construction de quatre lacs-réservoirs à l'amont du bassin parisien en constitue un des exemples les plus emblématiques (cf. Figure 83).

Figure 83 – Carte des quatre lacs-réservoirs du bassin parisien (Seine Grands Lacs, 2016)

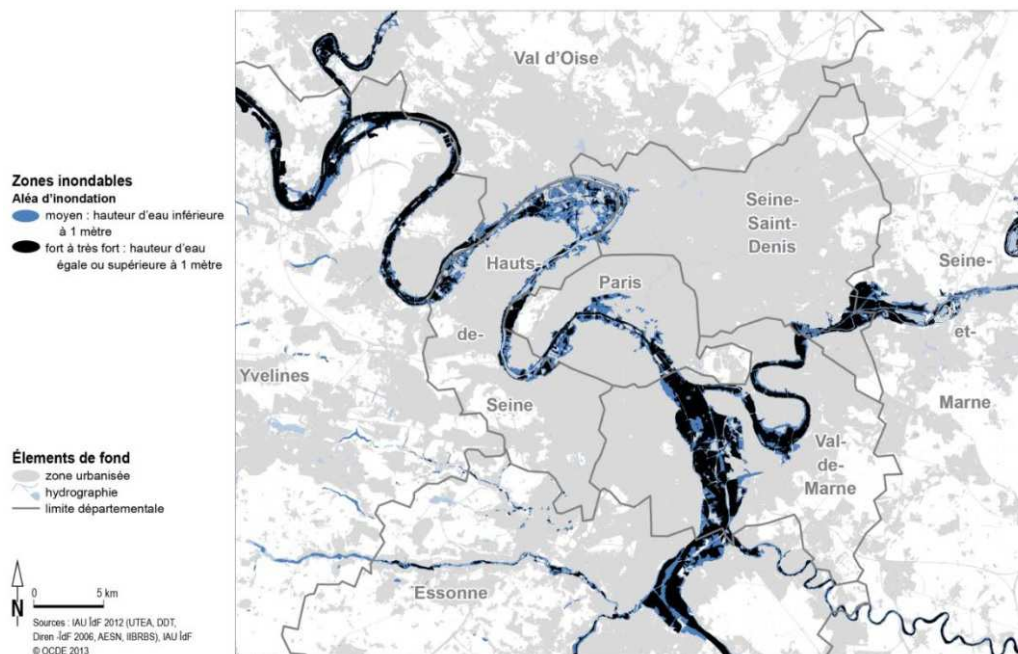


Avec une capacité de stockage de 800 millions de m³, ces grands barrages, gérés par l'établissement public territorial de bassin *Seine Grands Lacs*, peuvent ensemble faire baisser la ligne d'eau de 70 cm à Paris. Comme en atteste une étude menée par l'OCDE, ce potentiel peut réduire de manière significative l'ampleur des dommages en cas de crue centennale sur la ville de Paris (cf. Encadré 11).

Encadré 11 – Gestion des risques d'inondation – La Seine en Ile-de-France (OCDE, 2014)

Sur commande de *Seine Grands Lacs*, en partenariat avec le Ministère de l'environnement et le Conseil régional d'Île-de-France, l'OCDE a conduit une étude pour évaluer les conséquences d'une inondation par débordement de la Seine et de ses affluents en Ile-de-France.

Figure 84 - Carte de la zone inondable en cas de crue centennale (OCDE, 2014)



Sur la base d'une cartographie des zones inondables (cf. Figure 84), l'étude identifie plus particulièrement les impacts d'une crue de type 1910. Compte-tenu du fait que l'Île-de-France représente environ le tiers de l'activité économique de la France, qu'elle abrite le siège du gouvernement, des grandes entreprises, des principaux centres de décisions et de recherche, il apparaît que, dans le cas le plus extrême, une inondation de la Seine impacterait directement et indirectement près de 5 millions de citoyens. Elle pourrait perturber le fonctionnement de l'État et des institutions ainsi que l'ensemble des infrastructures et réseaux critiques qui irriguent quotidiennement la métropole francilienne. 1,5 million d'individus seraient privés d'électricité. Le réseau routier pourrait être bloqué en de nombreux points, notamment au niveau des ponts traversant la Seine. Plus de 5 millions d'abonnés pourraient subir des coupures d'eau prolongées et 1,3 million une dégradation de sa qualité.

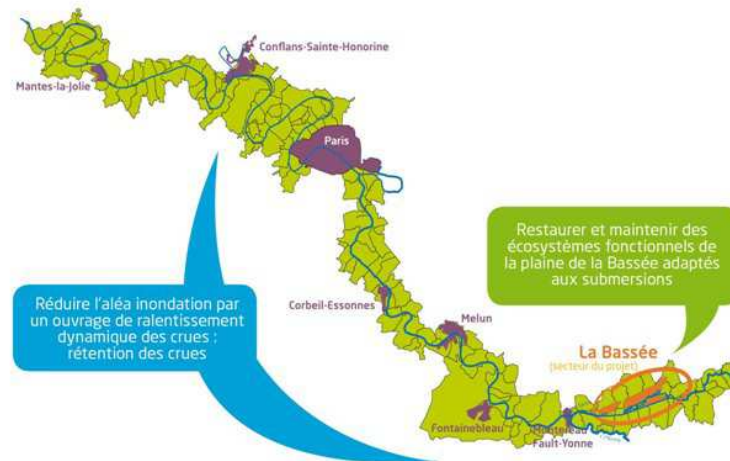
Les évaluations des impacts économiques montrent également un impact macroéconomique significatif en termes de PIB, avec des répercussions tant en termes d'emploi, que sur les finances publiques. Celles-ci seraient alors fortement sollicitées, et pourraient connaître une dégradation correspondante sur une période durable. Les dommages d'une telle catastrophe ont été estimés de 3 à 30 milliards d'euros pour les dommages directs selon les scénarios d'inondation, assortis d'une réduction significative du PIB qui atteindrait sur cinq ans de 1,5 à 58,5 milliards d'euros soit de 0,1 à 3 % en cumulé. Dans le cas où l'impact dépasserait les réserves disponibles pour y faire face par le régime d'indemnisation CatNat et la Caisse centrale de réassurance, l'État serait conduit à jouer pleinement son rôle de garant de dernier ressort.

Enfin, l'étude précise que l'action des quatre lacs-réservoirs en amont de Paris pourrait réduire de moitié des dommages directs.

Cette même étude établit une batterie de recommandations relatives à la gouvernance, aux mesures de résilience et au financement pour améliorer la situation de l'agglomération parisienne face au risque d'inondation. Est notamment mis en avant le projet de site pilote de la Bassée. À l'étude depuis les années 1990, ce projet poursuit un double objectif de diminution des niveaux de la Seine en crue et de valorisation écologique du territoire de la Bassée aval (cf. Figure 85).

Le projet permettrait de retenir les eaux de la Seine au moment du passage de la crue de l'Yonne en pompant et stockant dans des casiers l'eau de la Seine au moment du pic de crue. Cet aménagement serait constitué d'unités de stockages remplies par pompage lors de fortes crues. Son volume stockable serait de 55 millions de m³. Le casier pilote pourrait présenter une capacité de stockage allant jusqu'à 10 millions de m³ d'eau et permettrait d'avoir un effet d'abaissement de la ligne d'eau d'environ 5 cm en cas de crue majeure à Paris.

Figure 85 - Carte du projet de site pilote de la Bassée (Seine Grands Lacs, 2016)



Evaluation monétaire du service

La quasi-totalité des études menées au niveau national sur le service de régulation des débits de crues se sont appuyées sur des méthodes basées sur les coûts. Via cette famille de méthodes, l'évaluation consiste à s'interroger sur l'absence de service et sur les conséquences qui en découleraient. Deux approches sont alors envisageables :

- 1) Considérer qu'aucune action spécifique ne serait conduite en cas de disparition du service et ainsi considérer l'exposition aux dégâts (habitations, réseaux, activités économiques, agriculture, etc.) qui seraient causés en aval en cas de crues. La valeur du service peut alors être considérée comme égale aux dégâts en question ;
- 2) Considérer que la disparition du service engendrerait une réaction des acteurs locaux qui mettraient en place un moyen artificiel de protection permettant de rendre le même service (construction d'un barrage écrêteur de crues par exemple). La valeur du service peut alors être considérée comme égale aux coûts de construction et fonctionnement du moyen artificiel mis en place.

Le recours systématique à cette famille de méthodes s'explique par le caractère plus tangible de leurs résultats comparativement à ceux des préférences déclarées. Au sein même des méthodes basées sur les coûts, la méthode des coûts substitués apparaît comme celle à privilégier car elle repose sur un raisonnement plus tangible également. En effet, en cas de disparition du service (par exemple via la destruction de l'écosystème considéré), il est concevable de penser que la société fera le choix d'opter pour la solution la moins coûteuse et la plus acceptable socialement, à savoir construire un substitut plutôt que de subir les dommages (humains, économiques, sociaux, environnementaux, etc.) d'une crue.

Les encadrés 12 et 13 présentent succinctement deux études de cas (Moyenne vallée de l'Oise et Plaine alluviale de la Bassée) s'étant appuyées sur ces méthodes basées sur les coûts.

Encadré 12 – Evaluation économique des services rendus par les zones humides – Le cas de la moyenne vallée de l'Oise (CGDD, ACTeon, EcoVia, Cemagref, 2012)

L'étude pilotée par le CGDD sur la moyenne vallée de l'Oise a permis de mettre en avant l'importance de disposer de données locales précises pour parvenir à identifier l'importance du service de régulation des débits de crues d'une zone humide.

En l'absence de modèle hydraulique complexe permettant de déterminer avec précision le volume stocké par les prairies alluviales du site d'étude, le volume potentiellement stockable a été approché, d'une part, par le logiciel Mapinfo et un modèle numérique de terrain et, d'autre part, par des hypothèses quant à la hauteur d'eau moyenne sur l'ensemble des prairies régulièrement inondées. La capacité de stockage des zones humides de la moyenne vallée de l'Oise a ainsi été évaluée dans une large fourchette allant de 54 à 2 000 millions de m³.

Par ailleurs, l'étude a permis de déterminer que le site permet de limiter les débits de pointe et les hauteurs d'eau arrivant au niveau des agglomérations aval (notamment Compiègne) lors des épisodes de crue récurrents (infradécennale) mais qu'il ne permet pas de protéger ces bassins de population en aval lors des épisodes de crues très sévères (crue centennale).

.../...

.../...

Sur la base de ces éléments, l'étude a proposé deux chiffrages du service. Le premier, *via* la méthode des dommages évités, a permis d'évaluer le service de rétention des crues dans une fourchette comprise entre 6 et 15 millions d'euros par an. Le deuxième, *via* la méthode des coûts substitués, a considéré le barrage écrêteur de crue comme le moyen artificiel le plus à même de remplacer le service naturellement rendu par la moyenne vallée de l'Oise. Sur la base de coûts de construction et de fonctionnement de référence, la valeur du service a alors été chiffrée dans une fourchette allant de 0,6 et 2 millions d'euros par an.

Ces deux chiffrages établis, l'étude retient dans son évaluation finale le deuxième (construction d'un barrage écrêteur de crues). Il est en effet considéré que, en situation de disparition du service, la société devra faire un choix et optera certainement pour la solution la moins coûteuse et la plus acceptable socialement. De plus, l'approche par les dommages laissait apparaître une incertitude plus grande tant ces coûts sont particulièrement dépendants de l'importance des populations impactées. Bien qu'extrapolées de sites relativement similaires à la moyenne vallée de l'Oise, les données de coûts mobilisées étaient donc intrinsèquement plus incertaines que les coûts afférents à la construction d'un barrage écrêteur de crues.

Encadré 13 – Evaluation économique des services rendus par les zones humides – Le cas de la plaine alluviale de la Bassée (CGDD, ACTeOn, EcoVia, Cemagref, 2012)

Une autre étude pilotée par le CGDD, portant sur le site de la plaine alluviale de la Bassée, a évalué le service de régulation des débits de crues par la seule méthode des coûts substitués.

Si la mise en service des grands barrages de la Seine et de l'Aube sur les 50 dernières années et la mise en place du canal grand gabarit ont modifié le fonctionnement hydraulique de la Seine et de ses affluents et permis de limiter ses épisodes de crues réguliers, la plaine alluviale de la Bassée continue de jouer un rôle dans la régulation des inondations.

Si ce service venait à disparaître, deux solutions s'appuyant sur des substitués artificiels sont envisagées par l'étude : 1) La construction d'un barrage, 2) La mise en place de casiers de sur-stockage. Ces deux options sont évaluées économiquement par les méthodes basées sur les coûts.

Il apparaît alors que la construction d'un barrage écrêteur de crues permettant de stocker un volume d'eau compris entre 65 et 130 millions de m³ (volume retenu par la plaine alluviale de la Bassée) et son fonctionnement engendrerait une dépense comprise entre 2 et 12 millions d'euros par an. La construction de casiers de sur-stockage aboutirait, elle, à une dépense comprise entre 19 et 37 millions d'euros par an.

Recherche d'un chiffrage national du service

L'évaluation à l'échelle nationale du service de régulation des débits de crues apparaît comme une des plus incertaines et complexes à mettre en œuvre parmi l'ensemble des biens et services écosystémiques identifiés comme les plus importants, au sein de l'EFESE, pour les milieux humides. Que ce soit dans le cas d'une évaluation par les coûts des dommages ou dans le cas d'une évaluation par les coûts substitués, il apparaît impossible de se passer de données locales permettant de connaître notamment les capacités de stockage exactes des différents types de milieux humides ou encore l'ampleur des impacts de crues potentielles²⁴.

Le service de régulation des débits de crues est en effet très dépendant du contexte, comme en atteste une revue bibliographique menée en 2010 par le CGDD regroupant l'ensemble des évaluations monétaires de ce service à l'échelle nationale. Les résultats, ramenés à l'hectare de milieu humide, font apparaître une très grande disparité des valeurs obtenues (dans un rapport pouvant aller de 1 à 20). Dans le cas de sites emblématiques tels que la plaine alluviale de la Bassée (cf. Encadré 13), cette disparité peut s'avérer encore plus importante (rapport pouvant aller de 1 à 100). Comme identifié dans l'exercice d'application à la France du *Millenium Ecosystem Assessment* (Asconit, Biotope, Crédoc, 2009), l'évaluateur devrait disposer des éléments suivants pour mener une analyse cohérente et précise de ce service :

- *Potentiel d'atténuation des inondations des différents milieux humides. Celui-ci peut être estimé par le calcul du « temps de résidence » de l'eau dans les cours d'eau, réservoirs (zones humides, lacs) et sols²⁵ ;*

²⁴ Impacts pouvant par ailleurs être très fluctuants selon les années (ou la période de l'année) du fait des mouvements de population pouvant s'opérer.

²⁵ Le temps de résidence est défini comme le temps qu'il faut à l'eau pour passer à travers un écosystème depuis le moment où elle tombe sous forme de précipitation. Plus ce temps est long, plus la capacité d'un écosystème est grande à jouer le rôle de tampon et atténuer les pics d'écoulement d'eau.

- *Fréquence et magnitude des crues et des inondations, en relation avec le climat et l'occupation des sols, à l'échelle d'un bassin versant.*

En accord avec les conclusions tirées par des travaux récents sur le sujet (Cemagref, Onema, 2009), les orientations suivantes peuvent être envisagées pour les futurs travaux d'étude :

- **Travailler à la construction de modèles hydrauliques permettant, pour différents types de crues, d'identifier et d'évaluer l'importance des paramètres (hauteur d'eau, durée d'inondation, vitesse de l'eau, quantité de matériaux charriés) qui ont un impact sur les dommages causés. Ce travail devra être décliné selon les différents types de milieux humides jouant un rôle de régulation des débits de crues.**
- **Coupler les résultats obtenus avec ceux de modèles hydrologiques et météorologiques d'estimation de la fréquence des événements climatiques à l'origine des crues puis avec des modèles d'évaluation monétaires des dommages afin d'obtenir, in fine, une évaluation monétaire annuelle moyennée du service de régulation des débits de crues des milieux humides sur le territoire national.**

Fiche récapitulative

Présentation du service	
Fonctions écologiques Stockage de l'eau Ralentissement de l'écoulement	Service Régulation des débits de crues
Avantage Limitation de l'importance des inondations et de leurs dommages	
Caractérisation du service	
Aspects économiques liés au service Le rôle d'écrêteur de crues des milieux humides permet une limitation des impacts de ces phénomènes sur les installations humaines et des coûts associés	
Déterminants du niveau du service	
Déterminants en lien avec la biodiversité Abondance de végétation favorisant le laminage des crues en ralentissant le courant	Déterminants en lien avec les pratiques de gestion Création de milieux artificiels écrêteurs de crues Artificialisation des milieux humides et imperméabilisation des sols Recalibrage des rivières Remplacement des milieux humides par des cultures
Evaluation monétaire du service	
<i>Pas de données chiffrées</i>	
Orientation des futurs travaux à conduire pour l'évaluation monétaire Travailler à la construction de modèles hydrauliques permettant, pour différents types de crues, d'identifier et d'évaluer l'importance des paramètres (hauteur d'eau, durée d'inondation, vitesse de l'eau, quantité de matériaux charriés) qui ont un impact sur les dommages causés. Ce travail devra être décliné selon les différents types de milieux humides jouant un rôle de régulation des débits de crues Coupler les résultats obtenus avec ceux de modèles hydrologiques et météorologiques d'estimation de la fréquence des événements climatiques à l'origine des crues puis avec des modèles d'évaluation monétaires des dommages afin d'obtenir, in fine, une évaluation monétaire annuelle moyennée du service de régulation des débits de crues des milieux humides sur le territoire national.	

REGULATION DU DEBIT D'ETIAGE

Présentation du service

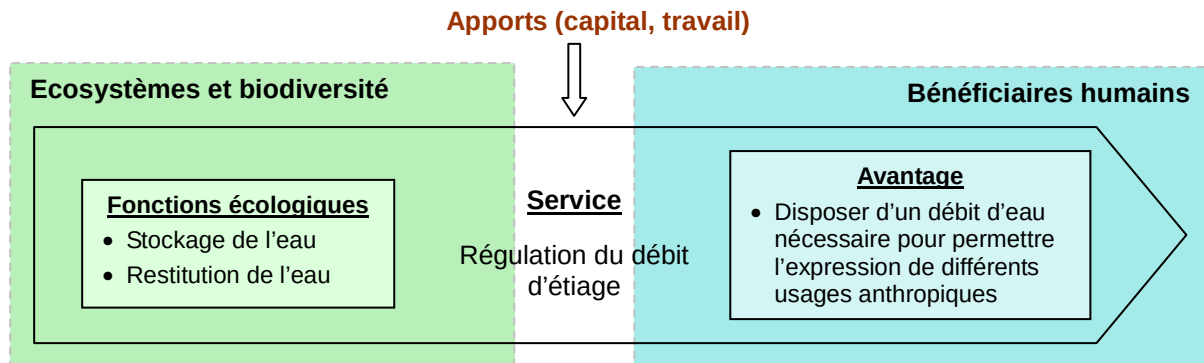
Les zones humides et leur sol et sous-sol plus ou moins poreux emmagasinent lors des périodes de crues et de fortes précipitations des volumes d'eau plus ou moins importants qu'ils vont ensuite relarguer en aval de façon plus ou moins lente et retardée. Cette restitution peut s'étaler jusqu'en période d'étiage des cours d'eau et dans ce cas contribue au maintien du débit en étiage. Le service rendu est donc la régulation de l'effet des sécheresses par les écosystèmes, grâce à leurs capacités de stockage de l'eau et de sa restitution au moment des étiages.



Etiage sévère sur la rivière le Clain (Nouvelle Aquitaine, 2005)
© Thierry Degen - Terra

Caractérisation du service

Figure 86 – Schéma des éléments constitutifs du service « régulation des débits de crues »



La capacité des écosystèmes à stocker de l'eau et recharger les nappes souterraines, qui permettent d'alimenter les rivières et fleuves en période d'étiage, est permise grâce au cycle de l'eau, à la géomorphologie des cours d'eau et à l'occupation des sols des bassins versants : une partie de l'eau tombée sous forme de précipitations repart dans l'atmosphère sous l'effet de l'évapotranspiration (évaporation du sol et transpiration de la végétation), tandis que le reste est drainé vers les nappes ou ruisselle vers les cours d'eau, et enfin les océans.

En moyenne, le territoire métropolitain reçoit annuellement 479 milliards de m³ de précipitations, dont environ 300 sont évaporés, 75 alimentent les cours d'eau, lacs et retenues, et 100 alimentent les nappes.

L'évaluation des capacités des milieux humides à recharger les nappes et à soutenir les débits des rivières demeure délicate dans la mesure où elle met en jeu de multiples systèmes de stockage, implique une estimation précise des pertes par évaporation dans les réservoirs, évapotranspiration des plantes de ces milieux, et la prise en compte des eaux provenant d'aquifères profonds qui assurent souvent l'essentiel des débits des cours d'eau en périodes d'étiage. Cette évaluation nécessite donc des modélisations hydrologiques précises, s'appuyant sur des données locales.

Principaux déterminants du niveau de service

Liens avec l'état et le fonctionnement des écosystèmes

Figure 87 – Déterminants du niveau de service en lien avec la biodiversité

Aspects de la biodiversité qui renforcent le service	Aspects de la biodiversité qui réduisent le service
<ul style="list-style-type: none"> ○ Abondance de végétation jouant un rôle de rétention puis de relargage de l'eau 	

La capacité des milieux humides à réguler les débits d'étiage dépend de nombreux paramètres abiotiques (porosité du substrat, inertie du milieu, etc.) et biotiques (présence de végétation favorisant la rétention et le relargage de l'eau). Des couverts végétaux composés de sphaignes peuvent ainsi retenir de manière temporaire de grandes quantités d'eau et les relâcher sur des horizons temporels plus ou moins longs, permettant ainsi de soutenir les étiages.

Liens avec les pratiques de gestion

Figure 88 – Déterminants du niveau de service en lien avec les pratiques de gestion

Pratiques de gestion qui renforcent le service	Pratiques de gestion qui réduisent le service
<ul style="list-style-type: none"> ○ Mise en place de débits réservés, Actions de priorisation des usages de l'eau ○ Lâchers d'eau 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Artificialisation des milieux humides ○ Construction de barrages sur les cours d'eau ○ Prélèvements d'eau trop importants pour les différents usages anthropiques

Les pratiques de gestion à l'origine d'une altération du bilan hydrologique (réduction de l'alimentation et de la capacité de stockage, accélération de la restitution aux cours d'eau) des milieux humides producteurs du service peuvent être à l'origine d'une réduction du niveau de ce dernier. Ainsi, l'artificialisation des milieux, l'empiètement progressif de l'urbanisation sur les milieux humides, la construction de barrages sur les cours d'eau sont autant de pressions sur les écosystèmes qui perdent progressivement leurs fonctions de régulation des sécheresses.

Le service de régulation du débit d'étiage est étroitement lié aux problématiques de conflits entre les différents usages de l'eau. Afin de garantir une quantité d'eau suffisante pour satisfaire les différents usages anthropiques (agricole, industriel, alimentation en eau potable) et pour permettre une conservation de la vie aquatique à un niveau satisfaisante pour la faune et la flore, des seuils à ne pas franchir (débits réservés) dans les cours d'eau sont déterminés chaque année, dans le cadre des plans de contrôle départementaux.

Des suivis mensuels sont réalisés par les agents de l'Agence française pour la biodiversité en fonction de multiples paramètres (pluviométrie, quantité d'eau dans les rivières, niveau des nappes phréatiques, taux d'humidité des sols, etc.). Dès que les seuils des débits réservés sont atteints, les préfets de départements enclenchent des mesures de restrictions, limitées dans le temps et sur un périmètre précis, afin de préserver les usages prioritaires de l'eau. Sous le pilotage de la mission interservices de l'eau et de la nature, des inspecteurs de l'environnement veillent au respect de ces mesures de restrictions (Agence française pour la biodiversité, 2017).

Evaluation monétaire du service

La quasi-totalité des études menées au niveau national sur le service de régulation du débit d'étiage se sont appuyées sur des méthodes basées sur les coûts. Via cette famille de méthodes, l'évaluation consiste à s'interroger sur l'absence de service et sur les conséquences qui en découleraient. Deux approches sont alors envisageables :

- 1) Considérer qu'aucune action spécifique ne serait conduite en cas de disparition du service et ainsi considérer l'exposition aux conséquences d'une sécheresse (pertes de rendements pour l'agriculture par exemple). La valeur du service peut alors être considérée comme égale aux impacts négatifs en question.
- 2) Considérer que la disparition du service engendrerait une réaction des acteurs locaux qui mettraient en place un moyen artificiel permettant de rendre le même service (mobilisation de ressources en eau stockées dans un barrage pour exercer des lâchers par exemple). La valeur du service peut alors être considérée comme égale aux coûts de stockage de l'eau dans un barrage.

Le recours systématique à cette famille de méthodes s'explique par le caractère plus tangible de leurs résultats comparativement à ceux des préférences déclarées. Au sein même des méthodes basées sur les coûts, c'est la méthode des coûts substitués qui est généralement mobilisée (cf. Encadré 14).

Encadré 14 – Evaluation économique des zones humides - Désordres hydrauliques sur le bassin de la Charente – Quelques illustrations des services perdus (Agence de l'eau Adour-Garonne, Ecowhat, 2009)

Sur le territoire d'étude, il est avéré que le nombre d'épisodes de sécheresse s'est accru durant les 30 dernières années et que ceci est lié à la modification de l'occupation des sols.

Sans modèle permettant de définir avec une parfaite exactitude les effets hydrologiques, l'évaluation s'est appuyée sur des dires d'experts. La croissance des déficits en eau, durant les étiages moyens, est alors estimée à 60 Mm³ par an. Toutefois, une partie de ce déficit est à attribuer aux prélèvements supplémentaires qui sont intervenus sur ces mêmes 30 dernières années, à savoir 50 Mm³. 10 Mm³ demeurent donc non expliqués par les pompages supplémentaires. Par ailleurs, des barrages ont été construits, qui apportent 24 Mm³ en plus que 30 ans auparavant. Au final, 34 Mm³ peuvent donc être considérés comme ayant disparu par rapport aux conditions antérieures.

Les coûts de stockage et de restitution de ce volume *via* des barrages (déjà présents sur le site d'étude) permettent d'approcher alors la valeur du service. En considérant une valeur de 1 euro du m³, on obtient une valeur totale de 34 millions d'euros.

Recherche d'un chiffrage national du service

L'évaluation à l'échelle nationale du service de régulation du débit d'étiage apparaît comme particulièrement complexe à mettre en œuvre. Compte-tenu des spécificités territoriales, il apparaît en effet impossible de se passer de relevés de données au niveau local afin de connaître l'ampleur des effets hydrologiques sur les territoires concernés. **En accord avec les conclusions tirées de l'exercice d'application à la France du *Millenium Ecosystem Assessment* (Asconit, Biotope, Crédoc, 2009), les futures études à conduire dans le domaine pourraient travailler à la construction de modèles permettant de caractériser la fréquence des sécheresses en fonction de la présence plus ou moins importante de milieux humides dans la plaine alluviale, afin de mesurer le rôle et la capacité de ces milieux à restituer de l'eau en période d'étiage.**

Fiche récapitulative

Présentation du service	
Fonctions écologiques	→ Service → Avantage
Stockage de l'eau Restitution de l'eau	Régulation du débit d'étiage Disposer d'un débit d'eau nécessaire pour permettre l'expression de différents usages anthropiques
Caractérisation du service	
Aspects économiques liés au service	
Le rôle de régulation du débit d'étiage des milieux humides permet une limitation des impacts négatifs d'épisodes de sécheresses sur les activités humaines (agricoles par exemple)	
Déterminants du niveau du service	
Déterminants en lien avec la biodiversité	Déterminants en lien avec les pratiques de gestion
Abondance de végétation jouant un rôle de rétention puis de relargage de l'eau	Mise en place de débits réservés, Actions de priorisation des usages de l'eau Lâchers d'eau Artificialisation des milieux humides Construction de barrages sur les cours d'eau Prélèvements d'eau trop importants pour les différents usages anthropiques
Evaluation monétaire du service	
<i>Pas de données chiffrées</i>	
Orientation des futurs travaux à conduire pour l'évaluation monétaire	
Travailler à la construction de modèles permettant de caractériser la fréquence des sécheresses en fonction de la présence plus ou moins importante de milieux humides dans la plaine alluviale, afin de mesurer le rôle et la capacité de ces milieux à restituer de l'eau en période d'étiage.	

AUTRES SERVICES DE REGULATION PRODUITS PAR LES MILIEUX HUMIDES

Outre les trois services écosystémiques de régulation considérés par le groupe de travail comme les plus prépondérants pour les milieux humides, plusieurs autres services y interviennent également dans une moindre mesure.

Régulation des climats

Les milieux humides peuvent ainsi influencer le **climat au niveau local** *via* la régulation des précipitations et de la température ou la réduction de l'évapotranspiration. Du fait de leur caractère potentiellement « sombre », plusieurs types de surfaces en eau peuvent ainsi absorber une quantité de radiations solaires. On parle alors d'effet albédo. De nombreux travaux ont démontré que, à volume égal, l'eau peut absorber davantage d'énergie que l'air. Ainsi, lorsque la température de l'air est plus basse que celle de l'eau, les plans d'eau dégagent de la chaleur et réchauffent l'air ambiant. À l'inverse, durant les journées ensoleillées, l'eau absorbe une partie de la chaleur et contribue ainsi à rafraîchir l'air. On parle alors d'effet modérateur. La végétation caractéristique de certains types de zones humides favorise les phénomènes d'évapotranspiration. Les effets de cette évapotranspiration peuvent être bénéfiques à de nombreux usages lorsque l'augmentation de l'humidité atmosphérique permet de soutenir les étages. Par ailleurs, la présence de vapeur d'eau dans les zones humides la nuit permet de maintenir un certain niveau de chaleur et ainsi empêcher le gel des terres.

En pratique, l'évaluation du service de régulation du climat local produit par les milieux humides est complexe compte-tenu des données disponibles. Pour pouvoir mener à bien une évaluation, il conviendrait de disposer de modèles permettant de croiser des données météorologiques locales avec une cartographie détaillée des milieux humides et de l'évolution de l'occupation des sols (Asconit, Biotope, Crédoc, 2009).

Les milieux humides peuvent également influencer la **régulation du climat global**, principalement par l'intermédiaire des tourbières. Au sein de celles-ci, les sphaignes poussent de manière continue pour former des tapis au niveau superficiel des zones tourbeuses. L'importance de l'humidité et de l'acidité de ces milieux, ainsi que leur pauvreté en oxygène, empêchent alors les bactéries d'assurer complètement la décomposition des végétaux. 10 % du CO₂ fixé par photosynthèse ne peut alors être rejeté dans l'atmosphère. Ainsi les tourbières, si elles ne représentent que quelques pourcents de la surface totale des sols, concentrent tout de même 30 % du carbone contenu dans ces mêmes sols (Gilbert, 2009). Des données moyennes internationales portées par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement estiment que les tourbières sont « les meilleures réserves de carbone de tous les écosystèmes », avec une capacité moyenne de stockage de 1 400 tonnes de CO₂ par hectare. Ceci étant, il convient de noter que, une fois la capacité de stockage atteinte, le piégeage du carbone est quasiment nul au niveau des tourbières dont l'activité turfigène est arrêtée. De fait, ces milieux représentent plus un intérêt de conservation pour éviter la remobilisation d'un stock important de CO₂ capté durant la durée de vie du fonctionnement turfigène que réellement un service de « puits carbone ».

Par ailleurs, le rôle de régulateur du climat global des tourbières ne peut être apprécié uniquement *via* le prisme du CO₂. Les autres gaz à effet de serre doivent également être pris en considération. À cet effet, plusieurs travaux ont démontré la production naturelle de méthane dans des tourbières présentant des conditions anoxiques (*cf.* Chapitre 10).

Réduction des nuisances

Comme la plupart des écosystèmes, les milieux humides participent à l'**atténuation du bruit** par les obstacles physiques qu'ils offrent, la nature des sols et les conditions atmosphériques ou les sons qu'ils produisent eux-mêmes. Ce service de régulation a ainsi une influence sur le bien-être ressenti par les êtres humains. Toutefois, ce service apparaît comme moins prépondérant pour les milieux humides que pour d'autres grands types d'écosystèmes, recherchés pour leur calme (zones de haute montagne) ou pour leurs sonorités caractéristiques (milieux côtiers, écosystèmes forestiers).

Il convient de noter que, de par l'importance et la spécificité de leurs nombreuses communautés animales (crapauds, grenouilles, oiseaux, etc.), certains milieux humides peuvent également être

sources de bruit et s'apparenter alors à une forme de contrainte pour les populations humaines avoisinantes. Que l'on s'intéresse à la filtration naturelle des niveaux de bruit ou à la production de nuisances sonores par les communautés animales, la quantification de l'ampleur et des impacts réels de ce service et de sa contrainte demeure toutefois particulièrement difficile.

De la même manière qu'ils jouent un rôle de régulateur du bruit, les différents écosystèmes ont une action sur les **nuisances olfactives**. La végétation ou le relief notamment peuvent ainsi offrir des obstacles naturels contre les mauvaises odeurs, souvent issues d'activités humaines, ou diffuser de bonnes odeurs pour les êtres humains. Sur ces aspects, ce service de régulation entre en synergie avec d'autres services écosystémiques culturels tels que la randonnée, la baignade ou la pêche. L'évaluation de ce service est complexe à mener en l'état actuel des connaissances, bien que des travaux de recherche s'intéressent de plus en plus aux impacts sur la santé humaine d'une exposition prolongée à des odeurs nuisibles ou à des odeurs perçues comme agréables. Moins développé dans les milieux humides que dans d'autres types d'écosystèmes, ce service peut se révéler négatif dans le cas de zones humides productrices elles-mêmes de nuisances olfactives caractéristiques bien connues (marais, tourbières).

Enfin, les milieux humides peuvent, selon leur topographie ou leur végétation, offrir des obstacles naturels contre diverses **nuisances visuelles**, notamment d'origines anthropiques. Pour ce service aussi, l'évaluation est difficilement réalisable compte-tenu des données et des méthodologies disponibles.

Régulation du vent et de la qualité de l'air

De par leur végétation caractéristique, plusieurs types de milieux humides peuvent, dans une certaine mesure, tenir un rôle de **régulation du vent**. Ainsi, ce service de régulation peut être à l'origine de l'atténuation de phénomènes de type érosion éolienne. Toutefois, ce service apparaît moins nettement moins prépondérant pour les milieux humides que pour d'autres grands types d'écosystèmes.

Le service de **régulation de la qualité de l'air** renvoie aux substances présentes dans l'air (gaz, particules) pouvant affecter le bien-être et la santé humaine (apparition de maladies notamment). De manière directe, plusieurs types d'écosystèmes peuvent influencer sur cette qualité de l'air par l'intermédiaire des plantes qu'ils abritent. À titre d'exemple, certains polluants (benzène, monoxyde de carbone, ozone, formaldéhyde, trichloréthylène, etc.) sont absorbés au niveau des feuilles et transformés chimiquement par certains types de plantes, perdant ensuite leur caractère nocif. Comme pour la régulation du vent, ce service apparaît moins prépondérant pour les milieux humides que pour d'autres grands types d'écosystèmes (Asconit, Biotope, Crédoc, 2009).

Chapitre 8

Services écosystémiques culturels

Les services culturels résultent de l'interaction des êtres humains avec leur environnement naturel. Ils sont associés à un ensemble d'avantages. À cet égard, les milieux humides français offrent une multitude d'opportunités récréatives et de paysages, contribuant non seulement à l'économie du tourisme ou du sport mais aussi plus largement au bien-être individuel et collectif des Français, et notamment à la santé physique et mentale des individus.

Les réflexions conduites par les experts dans le cadre du groupe de travail « Milieux humides » de l'EFESE ont permis d'identifier et caractériser l'importance des services culturels produits par ces écosystèmes au niveau national. L'ensemble des services écosystémiques culturels produits par les milieux humides selon la classification EFESE ayant été jugés comme prépondérants, ils ont tous fait l'objet d'une évaluation détaillée, restituée dans les pages suivantes.

SPORTS D'EAU DOUCE, BAINNADE, PROMENADE

Présentation du service

Le service produit renvoie à la possibilité de pratiquer différentes activités de loisirs en lien avec les milieux humides. Il recouvre les dimensions suivantes :

- Les **sports d'eau douce**. Ceux-ci comprennent les sports dits « d'eau vive » et les sports dits « d'eau calme », les premiers étant associés à des milieux où l'eau est courante (torrents, fleuves, rivières, etc.) contrairement aux seconds. Il convient de noter que les sports d'eau douce peuvent être pratiqués sans que la présence d'eau soit permanente (progression par marche, sauts, glissades, etc.).

Les sports d'eau douce ayant pour principal objet le déplacement, ils n'englobent pas la pratique de la pêche de loisir pour laquelle le déplacement est un moyen de capture du poisson. Au sein de l'EFESE, ce service de pêche de loisir est donc évalué séparément.

Alors qu'auparavant, ils s'apparentaient principalement à la discipline du canoë-kayak, les sports d'eau douce se sont diversifiés depuis les années 1960, avec l'apparition d'une multitude de nouvelles disciplines. Aujourd'hui, les sports d'eau calme regroupent principalement les disciplines suivantes : **canoë-kayak**, **aviron**, **jet-ski**, **ski nautique**, **plongée en eau douce** et **sports de voiles** (dériveur, planche à voiles, catamaran, etc.). Les sports d'eau vive regroupent quant à eux les disciplines suivantes : **canoë-kayak**, **rafting**²⁶, **nage en eau vive**²⁷, **canyonisme** (ou canyoning)²⁸ et **randonnée aquatique**²⁹.

Ces listes ne sont ni totalement exhaustives ni figées. Les eaux (vives ou calmes) dans lesquelles se pratiquent ces activités peuvent donc être différentes de celles précisées plus haut. En outre, certaines activités se pratiquent également en mer ou en zones côtières.

- **La baignade en eau douce.**
- Les **promenades, randonnées et visites liées à l'eau**. Celles-ci peuvent couvrir une grande diversité d'espaces tels que des milieux naturels protégés ou exceptionnels (zones humides, lacs volcaniques, cascades, etc.) ou des éléments de patrimoine historique et culturel liés à l'eau et aux usages anciens ou présents de l'eau (moulins, écluses, ponts, etc.).

²⁶ Activité qui s'exprime sur les eaux rapides dans un radeau pneumatique.

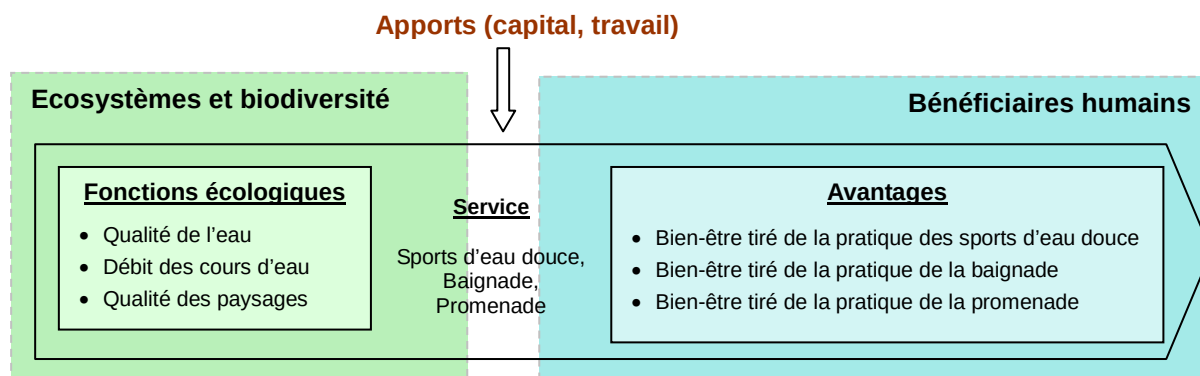
²⁷ Activité en eaux rapides qui se pratique avec une combinaison isotherme, des palmes et un flotteur.

²⁸ Activité pédestre qui privilégie les parcours accidentés et qui emploie différents modes de déplacements (marche, nage, sauts, glissades, descente en rappel, etc.).

²⁹ Activité pédestre et de nage pratiquée en combinaison sans palmes, proposée en activité principale ou lorsque les débits de rivières ne permettent pas la pratique des autres disciplines.

Caractérisation du service

Figure 89 – Schéma des éléments constitutifs du service « sports d'eau douce, baignade, promenade »



Sports d'eau douce

Les activités de sports d'eau douce revêtent un intérêt économique dans la mesure où leurs pratiquants consentent à un certain nombre de dépenses pour s'y adonner. Une grande part de ces activités est pratiquée au sein de clubs sportifs, d'associations ou de structures commerciales.

De manière générale, l'économie des sports d'eau douce est saisonnière et diurne, avec un pic durant la période estivale. Le nombre exact d'adeptes des sports d'eau douce, ainsi que les impacts économiques associés, demeurent toutefois difficiles à appréhender compte-tenu des nombreuses activités concernées et de l'absence de référentiel compilant les données nationales disponibles dans le domaine (CGEDD - IGJS, 2016).

Quelques éléments peuvent toutefois être avancés sur certaines activités, à titre indicatif. Les enquêtes effectuées auprès des adhérents de la fédération nationale professionnelle des loueurs de canoë-kayak font ainsi état de 2,5 millions de pratiquants recourant à des services de loueurs d'embarcations. Ces mêmes enquêtes estiment à 500 000 le nombre de pratiquants autonomes de canoë-kayak et le nombre de canyonistes (CGEDD - IGJS, 2016).

Les données Insee relatives aux licences sportives et aux autres titres de participation par fédération agréée permettent, elles, d'établir que la France comptait 385 300 licenciées de canoë-kayak et 103 000 licenciés d'aviron en 2013 (cf. Figure 90).

Figure 90 – Evolution du nombre de licences sportives et autres titres de participation par fédération agréée (en milliers) (Insee)

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Canoë-kayak	112,9	97,6	89,2	94,9	89,9	86,7	90,1	105,1	93,9	111,5	123,1
Aviron	43,8	43,3	44,1	45,3	48,6	53,0	70,7	73,5	60,3	63,5	64,8

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Canoë-kayak	236,8	254,6	268,0	244,0	235,1	205,5	338,8	372,6	346,6	376,1	385,3
Aviron	64,2	70,3	73,7	91,0	89,3	90,6	92,1	89,0	95,3	43,8	103,1

La base de données du *Recensement des Equipements Sportifs* (RES) gérée par le Ministère chargé des sports permet, quant à elle, de rendre compte de l'importance d'un certain nombre d'activités de sports d'eau douce en termes d'installations. Ainsi, on peut noter la présence de près de 3 400 équipements dédiés au canoë sur l'ensemble du territoire (cf. Figure 91).

Figure 91 – Nombre d'équipements sportifs au niveau national pour quelques sports d'eau douce en date de novembre 2016 (Ministère des sports)³⁰

Canoë-kayak	Plongée subaquatique	Aviron	Rafting	Nage avec palmes	Ski nautique	Nage en eau vive	Télési nautique
3 373	1 519	556	414	267	262	159	42

³⁰ La répartition géographique de ces équipements sportifs est présentée en Annexe 13.

Baignade

Le territoire français compte un très grand nombre de sites consacrés à la baignade en eau douce. Qu'ils soient aménagés ou non, ces sites sont recensés annuellement par les communes. Effectué avant le début de chaque saison balnéaire, ce recensement se fait notamment sur la base de retours des usagers exprimés au cours de la saison précédente sur des registres mis à disposition en mairie.

L'évaluation du nombre exact de sites de baignade à l'échelle du territoire national apparaît complexe à établir. Toutefois, en s'appuyant sur les contrôles sanitaires qu'ils effectuent³¹, les services de la *Direction générale de la santé* et des *Agences régionales de santé* estiment que la France comptait, en 2015, 1 277 sites de baignade en eau douce.

Aucune donnée statistique ne permet en revanche d'estimer le nombre de baigneurs en eau douce sur l'ensemble du territoire.

Promenades, randonnées et visites liées à l'eau

De par leur grande diversité et les différents vecteurs commerciaux ou non dans lesquelles elles s'inscrivent, il est complexe de circonscrire le champ exact des activités de promenades, de randonnées et de visites liées à l'eau. La *Ligue pour la protection des oiseaux* estime, quant à elle, que les touristes présents dans les zones humides regroupent un nombre important d'observateurs d'oiseaux (dits « birdwatchers »). Elle évalue ces derniers à environ 1,2 million à l'échelle nationale (Zones Humides Infos, 2013).



Grand site national du Saut du Doubs : passerelle aérienne franco-suisse au dessus du Doubs (Bourgogne-Franche-Comté, 2014) © Arnaud Bouisson - Terra

Principaux déterminants du niveau de service

Liens avec l'état et le fonctionnement des écosystèmes

Figure 92 – Déterminants du niveau de service en lien avec la biodiversité

Aspects de la biodiversité qui renforcent le service	Aspects de la biodiversité qui réduisent le service
<ul style="list-style-type: none"> ○ Capacités épuratoires des milieux humides permettant de disposer d'une eau de meilleure qualité ○ Couvert végétal sur les berges permettant de limiter la turbidité de l'eau lors d'épisodes pluvieux ○ Présence d'espèces emblématiques ○ Qualité paysagère 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Compétition et prédation entre espèces réduisant la diversité des espèces observables ○ Prolifération d'algues et de plantes aquatiques ○ Présence d'espèces animales ou végétales génératrices de nuisances (piqûres, morsures, etc.)

Les caractéristiques morpho-dynamiques des cours d'eau, la qualité de l'eau et les qualités paysagères sont des éléments déterminants de la pratique des sports d'eau douce, de la baignade et de la promenade. En ce sens, l'expression du service de sports d'eau douce est corrélée à d'autres services écosystémiques, notamment la régulation de la qualité de l'eau. Pour certaines activités telles que la plongée en eau douce, la présence d'espèces emblématiques et la capacité de l'écosystème à limiter la turbidité de l'eau viennent également renforcer l'expression du service.

Les activités de sports d'eau douce, de baignade et de promenade impliquant un contact entre le pratiquant et les éléments constitutifs des écosystèmes considérés, la présence d'espèces génératrices de nuisance directes (piqûres, morsures, transmission de maladies, etc.) ou la prolifération d'une végétation empêchant la tenue des activités en question apparaissent comme des déterminants à l'origine d'une réduction du niveau de service.

Si des éléments caractéristiques de la biodiversité des milieux humides ont une influence sur l'importance du service, il convient également de noter que la réciproque existe. Ainsi, l'usage des milieux humides pour les pratiques récréatives peut devenir une pression si la fréquentation qui l'accompagne devient trop importante ou mal adaptée, posant alors la question de la durabilité de ces pratiques. On peut ainsi citer des situations d'augmentation de la turbidité de l'eau, de remaniement du substrat, d'arrachage du couvert végétal, de tassement du sol avec raréfaction de la végétation, de colmatage des fonds, de modifications morphologiques, de réduction de la capacité d'accueil des invertébrés, d'augmentation de leur dérive et du décrochage, et de dérangement de la faune aquatique et terrestre (stress, fuite, abandon des nids et gîtes).

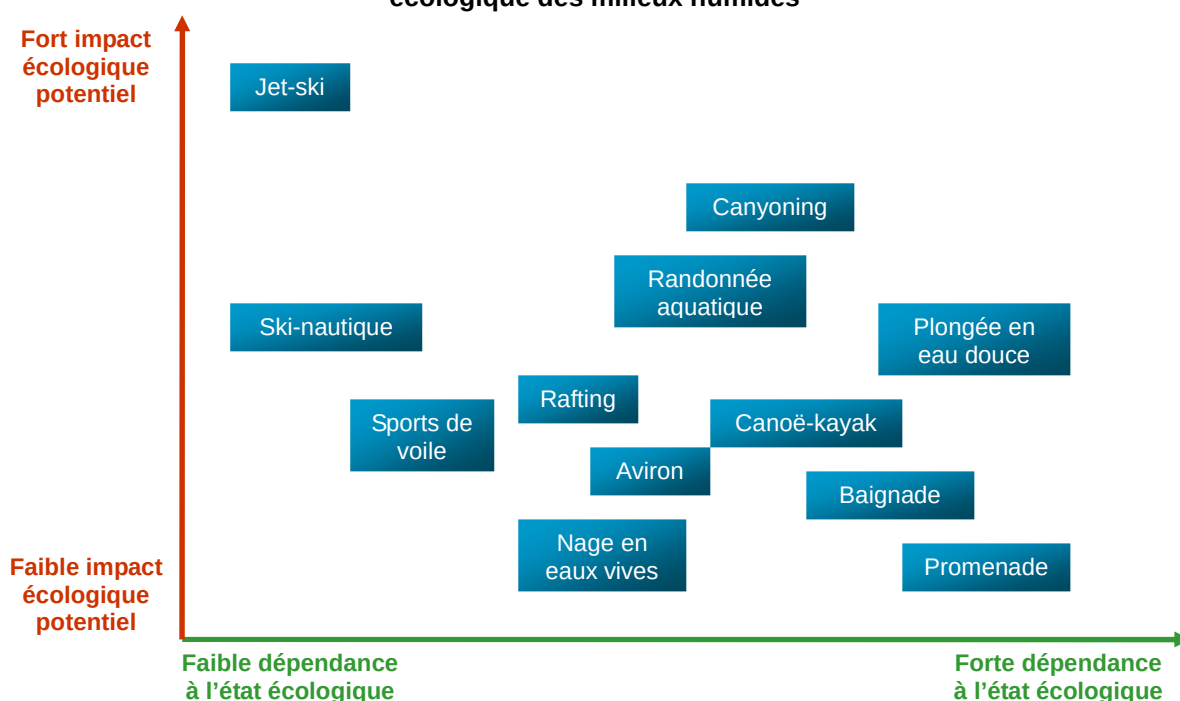
³¹ Contrôles portant sur l'ensemble des zones accessibles au public où la baignade est habituellement pratiquée par un nombre important de baigneurs et qui n'ont pas fait l'objet d'un arrêté d'interdiction.

Caractérisée par la prédominance d'études locales ne permettant pas d'appréhender de manière exhaustive la complexité des systèmes naturels et d'évaluer dans le temps et l'espace les risques de dégradation de la qualité d'un milieu, la littérature disponible sur le sujet empêche toutefois la formulation de constats généraux quant au degré d'impact écologique des sports d'eau douce (CGEDD - IGJS, 2016).

Etablie à dire d'experts dans le cadre du groupe de travail de l'EFESE consacré aux milieux humides, la Figure 93 établit des liens de dépendance entre chacune des activités de sports d'eau douce, de baignade et de promenade et l'état écologique des milieux humides. Elle permet également de visualiser l'impact écologique de ces mêmes activités sur les milieux humides.

La répartition des différentes activités sur la figure fait apparaître une relation inversée entre la dépendance à l'état écologique et l'impact écologique potentiel. En d'autres termes, les activités les plus dépendantes de l'état écologique des milieux humides sont également celles qui ont potentiellement l'impact le plus faible.

Figure 93 – Répartition des différentes activités de sports d'eau douce, baignade et promenade en fonction de leur impact potentiel et de leur degré de dépendance à la biodiversité et à l'état écologique des milieux humides



Il convient de noter que cette figure ne présage pas de l'importance des activités concernées sur des dimensions autres qu'environnementales, notamment économiques et sociales.

Liens avec les pratiques de gestion

Figure 94 – Déterminants du niveau de service en lien avec les pratiques de gestion

Pratiques de gestion qui renforcent le service	Pratiques de gestion qui réduisent le service
<ul style="list-style-type: none"> ○ Régulation du public ○ Lâchers d'eau ○ Aménagements des milieux (chenalisation, construction de voies d'accès) ○ Mise en place d'instances de concertation et de planification, de schémas directeurs 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mauvaise régulation des débits ○ Introduction d'espèces exotiques envahissantes ○ Pollution des milieux humides par les activités anthropiques à l'origine d'une dégradation de la qualité de l'eau et de phénomènes d'eutrophisation

Les sports d'eau douce sont à la croisée des politiques publiques mises en place tant en faveur de l'environnement que du développement des activités physiques et sportives. Ces dernières années, l'évolution la plus significative des modalités de gestion dans le domaine est l'installation d'instances locales de concertation et de planification ayant pour mission de favoriser et de réguler le

développement de ces sports, dans une logique territoriale, à l'image des commissions départementales des espaces, sites et itinéraires (CDESI), ou de structures plus spécifiquement orientées vers les milieux aquatiques tels que les commissions locales de l'eau qui décident des schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE).

Il arrive que le débit des cours d'eau soit trop faible pour permettre la bonne pratique de certaines activités. Des lâchers d'eau peuvent alors être réalisés. Il convient alors de noter que les brusques variations du débit occasionnées par ce type de pratiques peuvent perturber le fonctionnement des écosystèmes et des populations d'espèces aquatiques.

D'autre part, toujours dans une logique de soutien ou de développement des activités sportives en eau douce, des aménagements peuvent être mis en place directement dans le lit mineur ou aux environs immédiats pour l'accès et le stationnement. En période de faible débit, des travaux de « chenalisation » des cours d'eau sont également effectués afin d'éviter les heurts des embarcations contre les berges ou les fonds.

Dépendants de la qualité de la ressource, les sports d'eau douce et les activités de baignade et de promenade au bord de l'eau peuvent être affectés par des pollutions, notamment celles dues à des dysfonctionnements des ouvrages de collecte et de traitement des eaux usées ou à des pluies importantes amenant des polluants par ruissellement sur les terrains en amont des baignades (Direction générale de la santé, Agences régionales de santé, 2015).

En accord avec la directive européenne 2006/7/CE relative à la gestion de la qualité des eaux de baignade, demandant une amélioration constante de la qualité des eaux de baignade et que les mesures soient prises pour éviter que des baigneurs soient exposés à des éventuelles pollutions, un suivi est effectué annuellement. En 2015, les 33 000 prélèvements d'échantillons d'eau réalisés ont permis de montrer que 92 % des 1 277 sites de baignade en eau douce testés ont une qualité de l'eau au moins suffisante (cf. Encadré 15).

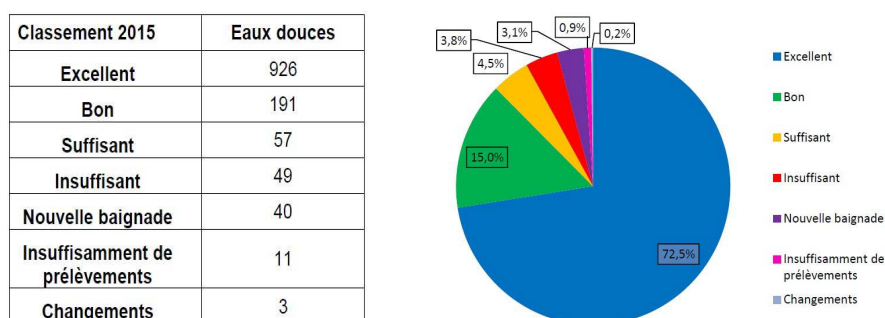
Encadré 15 – Classement des sites de baignade en eau douce pour la saison 2015 (Direction générale de la santé, Agences régionales de santé, 2015)

Les analyses des échantillons d'eau prélevés portent sur la recherche des germes *Escherichia coli* et entérocoques intestinaux. Le contrôle sanitaire peut être complété par l'Agence régionale de santé en ajoutant des paramètres (pH, transparence, cyanobactéries, etc.) dont le suivi se révèle pertinent en raison d'un risque suspecté ou de qualité d'eau fluctuante.

Conformément à la directive 2006/7/CE, 4 classes de qualité sont attribuées aux eaux de baignade : « insuffisante », « suffisante », « bonne » ou « excellente », en fonction des résultats des analyses obtenues pendant les 4 dernières saisons.

Un nombre minimum de 16 prélèvements et le respect des règles d'échantillonnage étant requis afin de pouvoir classer un site de baignade, 3 classements supplémentaires sont prévus : 1) « Nouvelle baignade » pour les nouveaux sites pour lesquels moins de 16 prélèvements ont été réalisés ; 2) « Changements » pour les sites dont la qualité de l'eau s'est améliorée suite à la réalisation de travaux (les prélèvements réalisés avant ces travaux ne sont alors plus pris en compte dans le calcul du classement) ; 3) « Insuffisamment de prélèvements » pour les sites pour lesquels les règles d'échantillonnage n'ont pas été respectées (nombre de prélèvements insuffisant, pas de prélèvement pré-saison ou écart entre deux prélèvements consécutifs supérieur à un mois).

Figure 95 – Répartition de la qualité de l'ensemble des eaux de baignade en eau douce selon leur classement en 2015 (Direction générale de la santé, Agences régionales de santé, 2015)



Evaluation monétaire du service

Une revue de la littérature permet de mettre en évidence que la majorité des exercices d'évaluation économique de la dimension « sports d'eau douce » ont recours à la méthode des prix de marché. Ceci a notamment été le cas pour une étude pilotée par l'Agence de l'eau Artois-Picardie sur la vallée de la Somme, qui a considéré les dépenses afférentes aux licences des pratiquants réguliers de canoë-kayak et aux dépenses journalières des touristes en tant que pratiquants (cf. Encadré 16).

Encadré 16 - Évaluation des services rendus par les zones humides dans le bassin Artois-Picardie – Étude de cas de la vallée de la Somme (Agence de l'eau Artois-Picardie, Ecowhat, 2010)

Dans le cadre d'une étude menée en 2010 sur plusieurs sites de zones humides de son bassin, l'Agence de l'eau Artois-Picardie a approché la valeur du service de sports d'eau vive par le prisme de l'activité de canoë-kayak et par la méthode des prix de marché. Sur le site de la vallée de la Somme, l'étude s'est ainsi focalisée sur le nombre de licenciés, à savoir 470, et sur le nombre de touristes pratiquant la même activité occasionnellement, à savoir 18 000 forfaits journaliers déclarés (chiffage du Comité régional de canoë-kayak). Sur la base de frais d'inscription et de licence estimés en moyenne à 80 euros et sur la base d'une dépense journalière d'un touriste pratiquant un sport d'eau vive de 45 euros (forfait journalier + autres dépenses liées à l'activité), la valeur du service est au final estimée à 847 600 euros.

Cette évaluation ne couvre pas, sur le site d'étude, la totalité de la valeur du service de sports d'eau douce. Tout d'abord, l'évaluation ne considère que l'activité de canoë-kayak. De plus, elle ne considère que les dépenses liées aux licences pour les pratiquants réguliers. Comme pour les pratiquants occasionnels, il aurait été intéressant de considérer également les autres dépenses consenties par les usagers pour pratiquer cette activité (achat de matériel par exemple).

Pour les usages baignade et promenade, l'absence d'échanges marchands ou de données permettant de les quantifier conduirait à privilégier les méthodes à préférences déclarées pour obtenir une valorisation monétaire du service.

Recherche d'un chiffrage national du service

Afin d'établir un chiffrage national du service culturel de sports d'eau douce, l'approche idéale consisterait à référencer toutes les dépenses consenties par les pratiquants pour exercer leur activité. À cet effet, la collecte des montants acquittés pour l'achat de licences ou des chiffres d'affaires des secteurs concernés apparaît comme une première étape essentielle. Les données publiques disponibles ne permettent toutefois pas cette collecte de manière directe. Les futurs travaux pourraient donc s'orienter sur la construction d'un tel référentiel. En cas d'impossibilité 1) de recueillir des informations pour l'ensemble des sports d'eau douce et 2) de recueillir des données économiques exhaustives sur les dépenses des pratiquants de sports d'eau vive, il pourra se révéler pertinent de conduire une étude à l'échelle nationale permettant de rendre compte de l'ampleur économique de ce service.

Dans l'attente de ces éléments, une première estimation nationale de la valeur du service ne peut passer que par l'extrapolation de résultats obtenus à un niveau local lors de la conduite d'études spécifiques. Bien que les éléments issus de l'étude de cas de la vallée de la Somme (cf. Encadré 16) ne revêtent pas un caractère parfaitement robuste, ils offrent cette possibilité. Sur la base de 385 300 licenciés de canoë-kayak (Insee) et de plus de 2,6 millions de pratiquants occasionnels de canoë-kayak et de canyionisme (CGEDD - IGJS, 2016) et sur la base de dépenses respectives de 80 euros et 45 euros, on obtient une première estimation monétaire de l'ordre de 150 millions d'euros annuels. À titre de comparaison, ce chiffre peut être rapproché d'éléments quantitatifs présentés dans une analyse menée en 2013 par l'Agence de l'eau Adour-Garonne sur son bassin. Il y est précisé que le chiffre d'affaires lié à l'activité du canoë-kayak est compris entre 12 et 18 millions d'euros par an. Le bassin en question regroupant 10,6 % des licenciés nationaux, une extrapolation linéaire permet d'aboutir à un chiffrage global compris entre 112 et 189 millions d'euros par an. Cette première estimation ne concernant que les activités de canoë-kayak et de canyionisme, elle ne présage pas l'ampleur réelle du service culturel de sports d'eau douce pris dans la globalité.

Pour les usages baignade et promenade, en l'état actuel des connaissances, il n'est pas possible d'établir d'estimation autrement qu'en ayant recours aux méthodes à préférences déclarées. Afin d'éviter les biais propres aux transferts de valeurs d'études locales déjà existantes, le présent rapport suggère la conduite d'une étude nationale spécifique afin d'évaluer monétairement ces usages.

Fiche récapitulative

Présentation du service		
Fonctions écologiques	→	Service
Qualité de l'eau Débit des cours d'eau Qualité des paysages		Sports d'eau douce
		Avantages
		Bien-être tiré de la pratique des sports d'eau calme Bien-être tiré de la pratique des sports d'eau vive
Caractérisation du service		
Pratiques anthropiques permettant l'expression du service		
Regroupement des pratiquants au sein de fédérations Mise en place d'équipements sportifs dédiés		
Aspects économiques liés au service		
Les pratiquants de sports d'eau douce consentent à des dépenses pour s'adonner à ces activités		
Déterminants du niveau du service		
Déterminants en lien avec la biodiversité		Déterminants en lien avec les pratiques de gestion
Capacités épuratoires des milieux humides permettant de disposer d'une eau de meilleure qualité Couvert végétal sur les berges permettant de limiter la turbidité de l'eau lors d'épisodes pluvieux Présence d'espèces emblématiques Qualité paysagère Compétition et prédation entre espèces réduisant la diversité des espèces observables Prolifération d'algues et de plantes aquatiques Présence d'espèces animales ou végétales génératrices de nuisances (piques, morsures, etc.)		Régulation du public Lâchers d'eau Aménagements des milieux (chenalisation, construction de voies d'accès) Mise en place d'instances de concertation et de planification, de schémas directeurs Mauvaise régulation des débits Introduction d'espèces exotiques envahissantes Pollution des milieux humides par les activités anthropiques à l'origine d'une dégradation de la qualité de l'eau et de phénomènes d'eutrophisation
Evaluation monétaire du service		
Activités de canoë-kayak et de canyonisme		
150 millions d'euro _{S2010} (Méthode des prix de marché) <i>Limite : Evaluation basée sur des estimations forfaitaires de dépenses des pratiquants, Seules les activités de canoë-kayak et de canyonisme sont chiffrées</i>		
Orientation des futurs travaux à conduire pour l'évaluation monétaire		
Construire un ensemble de référentiels et d'indicateurs permettant de caractériser, à l'échelle nationale, l'importance du service de sports d'eau douce. Pour ce faire, il conviendra notamment de collecter les données des nombres de pratiquants et licenciés auprès de l'ensemble des fédérations de sports d'eau lorsqu'elles existent, ainsi que les montants acquittés au titre d'achats de licences et forfaits.		
En cas d'impossibilité 1) de recueillir des informations pour l'ensemble des sports d'eau douce et 2) de recueillir des données économiques exhaustives sur les dépenses des pratiquants de sports d'eau vive, il pourra se révéler pertinent de conduire une étude à l'échelle nationale permettant de rendre compte de l'ampleur économique de ce service.		
Compte-tenu du caractère diffus des usages « baignade » et « promenade », conduire une enquête à l'échelle nationale permettant d'isoler le niveau auquel les Français valorisent ces usages en lien avec les milieux humides. Les résultats de cette enquête permettront, <i>in fine</i> , d'évaluer monétairement ces composantes.		

TOURISME FLUVIAL

Présentation du service

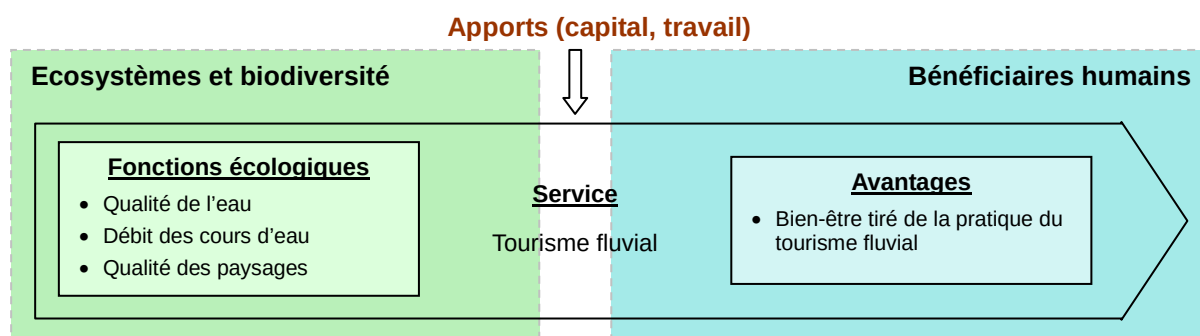
Le service rendu renvoie à la possibilité de pratiquer différentes activités de tourisme fluvial. Le fort potentiel touristique de ces derniers est notamment lié à leurs caractéristiques écologiques : habitats variés liés à l'eau, habitats de bordure (forêt, bocage), espèces emblématiques d'oiseaux, de libellules, d'amphibiens, etc.

Le **tourisme fluvial**, c'est-à-dire l'ensemble des activités de loisir pratiquées sur les voies d'eau, se décline sous plusieurs formes :

- La croisière fluviale, promenade à bord d'un bateau à passagers (péniches³² ou paquebots³³), quelle qu'en soit la durée.
- Les locations de bateaux sans permis, qu'ils soient habitables (coches de plaisances³⁴, pénichettes) ou non (voiliers, barques, etc.) ;

Caractérisation du service

Figure 96 – Schéma des éléments constitutifs du service « tourisme fluvial »



La France métropolitaine dispose du premier réseau européen (8 500 km de voies navigables) qui permet de relier deux façades maritimes (Atlantique-Manche et Méditerranée). 6 700 km de ce réseau (3 800 km de canaux et 2 900 km de rivières et fleuves) sont sous administration de l'établissement public Voies Navigables de France (VNF). Environ 3 000 communes sont traversées par ce réseau fluvial, tandis qu'on compte jusqu'à 2 000 écluses, formant un patrimoine historique et culturel attractif.

Le tourisme fluvial est un secteur en pleine expansion en France métropolitaine depuis une trentaine d'années. De nombreux travaux et collectes de données réalisés par VNF permettent de rendre compte de l'importance économique des différentes activités composant ce secteur.

- **Bateaux-promenade**

Les données nationales 2013 récoltées par VNF font état d'une flotte de 434 bateaux-promenade pour près de 11 millions de passagers transportés (VNF, 2016)

³² Voies Navigables de France définit le paquebot fluvial comme « un bateau à passagers proposant des croisières avec hébergement, dont la capacité en passagers est supérieure ou égale à 50 personnes. Ces unités peuvent transporter jusqu'à 200 passagers maximum » (VNF, 2014).

³³ Voies Navigables de France définit la péniche hôtel comme « un bateau à passagers proposant des croisières avec hébergement, dont la capacité en passagers varie entre 4 et 50 places maximum » (VNF, 2015).

³⁴ Voies Navigables de France définit le coche de plaisance (également appelé « house boat ») comme : « un bateau empruntant essentiellement les voies d'eau dont les qualités paysagères sont remarquables et qui sont dites « petit gabarit ». Les coches de plaisance habitables mesurent de moins de 15 mètres, sont mis en location par une société appelée « noliseur » (ou plus simplement « loueur »). Le coche de plaisance concerné est dit « nolisé ». Le noliseur est alors détenteur d'un label, document qui lui permet de délivrer une carte de plaisance à une personne non titulaire d'un certificat de capacité afin de lui permettre de piloter un coche de plaisance. Pour les voies d'eau où le permis est obligatoire (Loire, Rhône, Seine, Rhin), certains loueurs proposent à la location un bateau avec pilote » (VNF, 2013).

- **Paquebots fluviaux**

En 2013, 174 000 passagers ont été transportés à bord de paquebots fluviaux. Le chiffre d'affaires du secteur était estimé à plus de 310 millions d'euros. Sur la base de ce chiffre d'affaires, VNF estimait que les retombées économiques sur les territoires concernées (achats de produits frais, recours à des services extérieurs, droits d'amarrage, taxes, etc.) étaient de l'ordre 35 %, soit un total de l'ordre de 109 millions d'euros. En sus des dépenses engagées par les passagers des paquebots fluviaux pour embarquer, d'autres dépenses affiliées ont été chiffrées par VNF : dépenses durant la croisière (55,8 millions d'euros), dépenses de transport vers le lieu d'embarquement (1,4 million d'euros) et dépenses engagées sur les pré-séjours ou les post-séjours (12,1 millions d'euros) (cf. Figure 97).

Figure 97 - Données nationales sur les paquebots fluviaux pour l'année 2013 (VNF, 2014)

Paquebots fluviaux	
Nombre de paquebots	35
Nombre de passagers transportés	174 000
Chiffre d'affaires des sociétés de paquebots fluviaux	310 751 000
Dépenses des opérateurs	108 762 000
Dépenses des passagers au cours de la croisière	55 771 000
Dépenses des passagers liées au transport vers le lieu d'embarquement	1 421 000
Dépenses liées aux pré et post-séjours	12 106 000
Dépenses du personnel embarqué	2 120 000

- **Péniches hôtels**

Le nombre de passagers de péniches hôtels a été estimé par VNF à plus de 19 000 pour l'année 2013. L'offre de péniches-hôtels se concentre dans le bassin Centre et Est grâce à de nombreux sites à la renommée importante (pont-canal de Briare, voûtes de la Collancelle, etc.) et dans le bassin du Sud-ouest, notamment suite au classement, depuis 1996, du canal du Midi au patrimoine mondial de l'Unesco. Le chiffre d'affaires du secteur est estimé à 67 millions d'euros pour l'année 2013 (cf. Figure 98).



Parc de la Deûle, péniche (Hauts-de-France, 2006)
© Laurent Mignaux - Terra

Figure 98 – Données nationales sur les péniches hôtels pour l'année 2013 (VNF, 2015)

Péniches hôtels	
Nombre de péniches hôtels	82
Nombre de passagers transportés	19 290
Chiffre d'affaires des sociétés de péniches hôtels	67 056 000
Dépenses des passagers transportés au cours de leur croisière	9 883 000

- **Locations de bateaux**

Pour l'année 2011, le chiffre d'affaires de la filière des locations de bateaux atteint près de 50 millions d'euros. Les dépenses réalisées par les passagers durant leur croisière atteignent quant à elles les 26 millions d'euros (cf. Figure 99).

Figure 99 – Données nationales sur les locations de bateaux pour les années 2011 et 2012 (VNF, 2013)

Locations de bateaux	
Nombre de bateaux (année 2012)	1 604
Chiffre d'affaires des loueurs de bateaux (année 2011)	49 084 000
Dépenses des passagers transportés au cours de leur croisière (2011)	26 400 000
Dépenses liées aux pré et post-séjours (année 2011)	20 800 000

Principaux déterminants du niveau de service

Liens avec l'état et le fonctionnement des écosystèmes

Figure 100 – Déterminants du niveau de service en lien avec la biodiversité

Aspects de la biodiversité qui renforcent le service	Aspects de la biodiversité qui réduisent le service
<ul style="list-style-type: none"> ○ Capacités épuratoires des milieux humides permettant de disposer d'une eau de meilleure qualité ○ Couvert végétal sur les berges permettant de limiter la turbidité de l'eau lors d'épisodes pluvieux ○ Présence d'espèces emblématiques ○ Qualité paysagère 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Compétition et prédation entre espèces réduisant la diversité des espèces observables ○ Prolifération d'algues et de plantes aquatiques ○ Présence d'espèces animales génératrices de nuisances (piqûres, morsures, etc.)

Les caractéristiques morpho-dynamiques des cours d'eau, la qualité de l'eau et les qualités paysagères sont des éléments déterminants pour l'expression du tourisme fluvial. En ce sens, l'existence même de ce service est corrélée à d'autres services écosystémiques, notamment la régulation de la qualité de l'eau ou la régulation du débit d'étiage. Des synergies positives peuvent ainsi exister.

À l'inverse, les activités de tourisme fluvial peuvent être entravées par la prolifération d'une végétation empêchant la bonne circulation des embarcations. Les usagers peuvent, quant à eux pâtir de la présence d'espèces génératrices de nuisances directes (piqûres, morsures, etc.) dans les écosystèmes considérés.

Liens avec les pratiques de gestion

Figure 101 – Déterminants du niveau de service en lien avec les pratiques de gestion

Pratiques de gestion qui renforcent le service	Pratiques de gestion qui réduisent le service
<ul style="list-style-type: none"> ○ Lâchers d'eau ○ Aménagements des milieux (construction de ports et voies d'accès) ○ Mise en place d'instances de concertation et de planification, de schémas directeurs 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mauvaise régulation des débits ○ Introduction d'espèces exotiques envahissantes ○ Pollution des milieux humides par les activités anthropiques à l'origine d'une dégradation de la qualité de l'eau et de phénomènes d'eutrophisation

Si l'expression du service de tourisme fluvial peut être renforcée par diverses pratiques de gestion quantitative de la ressource (lâchers d'eau) et d'aménagements (artificialisation du milieu afin de permettre l'accueil des touristes au bord de l'eau *via* la construction de ports et de voies d'accès), celles-ci peuvent avoir des répercussions directes sur le milieu. La forte saisonnalité des activités de tourisme fluvial est, par ailleurs, source de pressions environnementales sur des espaces limités et vulnérables sur le plan écologique. Enfin, l'entretien des embarcations (utilisation de peinture, détergents, approvisionnement en carburants) et les mouillages peuvent également être à l'origine de rejets de macro-déchets et de dégradation de la qualité des eaux.

Evaluation monétaire du service

Comme pour l'ensemble des activités de loisirs liées à l'eau, l'approche *via* les prix de marché se révèle être la plus robuste pour l'évaluation monétaire.

Recherche d'un chiffrage national du service

Les données issues des études pilotées par VNF sur le tourisme fluvial permettent d'obtenir de premières estimations de la valeur du service associé pour les composantes suivantes :

- Paquebots fluviaux : 368 millions d'euros pour l'année 2013 ;
- Péniches-hôtels : 77 millions d'euros pour 2013 ;
- Locations de bateaux : 75 millions d'euros pour 2011.

Ces trois chiffrages prennent en compte les dépenses consenties pour se rendre sur le lieu d'embarquement, pour l'embarquement en lui-même, ainsi que celles durant le séjour à bord. Les impacts économiques indirects liés aux pré-séjours ou aux post-séjours n'ont pas été repris.

Il n'est pas possible en revanche d'établir d'évaluation pour la composante « bateaux-promenades » de l'usage tourisme fluvial compte-tenu de l'absence de données économiques chiffrées.

Fiche récapitulative

Présentation du service	
Fonctions écologiques	Service
Qualité de l'eau Débit des cours d'eau Qualité des paysages	Tourisme fluvial
	Avantage
	Bien-être tiré de la pratique du tourisme fluvial
Caractérisation du service	
Pratiques anthropiques permettant l'expression du service	
Mise en place d'un réseau fluvial (usage « tourisme fluvial »)	
Aspects économiques liés au service	
Le développement des pratiques de tourisme fluvial a donné lieu à la naissance d'activités commerciales dédiées (organisation de croisières, locations de bateaux, etc.).	
Déterminants du niveau du service	
Déterminants en lien avec la biodiversité	Déterminants en lien avec les pratiques de gestion
Capacités épuratoires des milieux humides permettant de disposer d'une eau de meilleure qualité	Lâchers d'eau
Couvert végétal sur les berges permettant de limiter la turbidité de l'eau lors d'épisodes pluvieux	Aménagements des milieux (construction de ports et voies d'accès)
Présence d'espèces emblématiques	Mise en place d'instances de concertation et de planification, de schémas directeurs
Qualité paysagère	Mauvaise régulation des débits
Compétition et prédation entre espèces réduisant la diversité des espèces observables	Introduction d'espèces exotiques envahissantes
Prolifération d'algues et de plantes aquatiques	Pollution des milieux humides par les activités anthropiques à l'origine d'une dégradation de la qualité de l'eau et de phénomènes d'eutrophisation
Présence d'espèces animales génératrices de nuisances (piques, morsures, etc.)	
Evaluation monétaire du service	
<u>Paquebots fluviaux</u> : 368 millions d'euros ₂₀₁₃ (Méthode des prix de marché)	
<u>Péniches-hôtels</u> : 77 millions d'euros ₂₀₁₃ (Méthode des prix de marché)	
<u>Locations de bateaux</u> : 75 millions d'euros ₂₀₁₁ (Méthode des prix de marché)	
<i>Limite : Pas de données chiffrées pour l'usage « bateaux-promenades »</i>	
Orientation des futurs travaux à conduire pour l'évaluation monétaire	
Analyser la disponibilité des données chiffrées caractérisant la composante « bateaux-promenades » du tourisme fluvial. En l'absence d'éléments, conduire une étude spécifique.	

CHASSE DE LOISIR

Présentation du service

La chasse désigne la traque d'animaux sauvages dans le but de les capturer et/ou de les abattre. Dans la présente analyse de ce service, la chasse est considérée comme une activité de loisir, de détente. Le gibier n'est donc pas considéré ici comme un bien d'approvisionnement mais comme objet de la traque. Au sein du présent rapport, l'autoconsommation du gibier par les chasseurs de loisir est évaluée au sein de la fiche consacrée au bien « animaux ».

La chasse au gibier d'eau, propre aux milieux humides, se pratique de différentes manières : à partir d'un abri (gabion) où le chasseur se poste pour tirer les oiseaux (cf. Encadré 17), en arpentant le marais accompagné d'un chien, à la passée (à l'occasion du transit quotidien des canards, le chasseur est caché).

Encadré 17 – Création d'installations cynégétiques – Aspects réglementaires

(Extrait de l'article d'Olivier Cizel – Zones humides infos n°55, 2007)

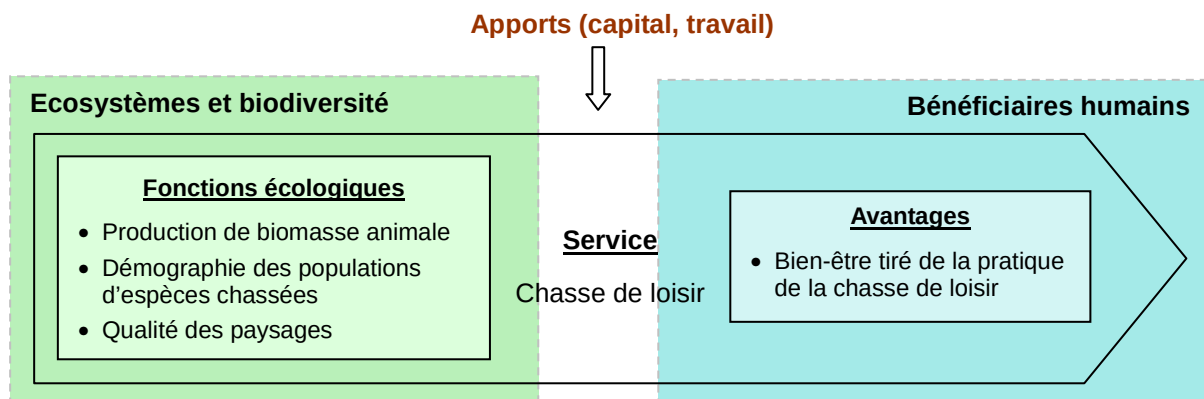
En termes de respect du droit de l'urbanisme, la création d'installations cynégétiques est soumise à certaines autorisations. Les huttes et hutteaux peuvent être localement réglementées par le préfet. Certaines installations, tels que les tonnes, sont soumises à autorisation, si les travaux, effectués sur une commune dotée d'un plan local d'urbanisme, sont supérieurs à 100 m², et si la hauteur des remblais ou des excavations dépassent 2 mètres. Les ouvrages en dur, tels que les gabions, sont soumis à permis de construire, si leur surface dépasse 2 m² et leur hauteur 1,50 m. Sur le domaine public fluvial et le domaine public maritime, les cahiers des charges peuvent contenir des clauses particulières propres à chaque lot déterminant la possibilité d'implanter ou d'utiliser des postes fixes.

En termes de droit cynégétique, les chasseurs des départements où la chasse de nuit est autorisée sont assujettis à certaines obligations :

- 1) les hutteaux, huttes, tonnes et gabions existants au 1^{er} janvier 2000 ont dû faire l'objet d'une déclaration à l'administration avant le 1^{er} janvier 2001 (ou avant le 1^{er} juillet 2006 dans certains cantons). Leur déplacement doit faire l'objet d'une autorisation préfectorale qui peut leur être refusée si ce déplacement a une incidence négative sur la faune et la flore ;
- 2) chaque chasseur doit tenir à jour, pour chacune de ces installations, un carnet de prélèvements indiquant le nombre d'espèces tirées et communiquer à la fédération départementale des chasseurs, un récapitulatif annuel de ces prélèvements, avant le 15 mars de chaque année. C'est l'Office national de la chasse qui publie le bilan annuel des prélèvements avant le 1^{er} juillet de chaque année ;
- 3) les chasseurs doivent entretenir les plans d'eau et les parcelles attenantes de marais et de prairies humides sur lesquels la chasse du gibier d'eau est pratiquée sur ce poste. Lorsque plusieurs propriétaires possèdent des postes fixes permettant la chasse du gibier d'eau sur les mêmes plans d'eau, ils sont solidairement responsables de l'entretien de ces plans d'eau et des zones humides attenantes.

Caractérisation du service

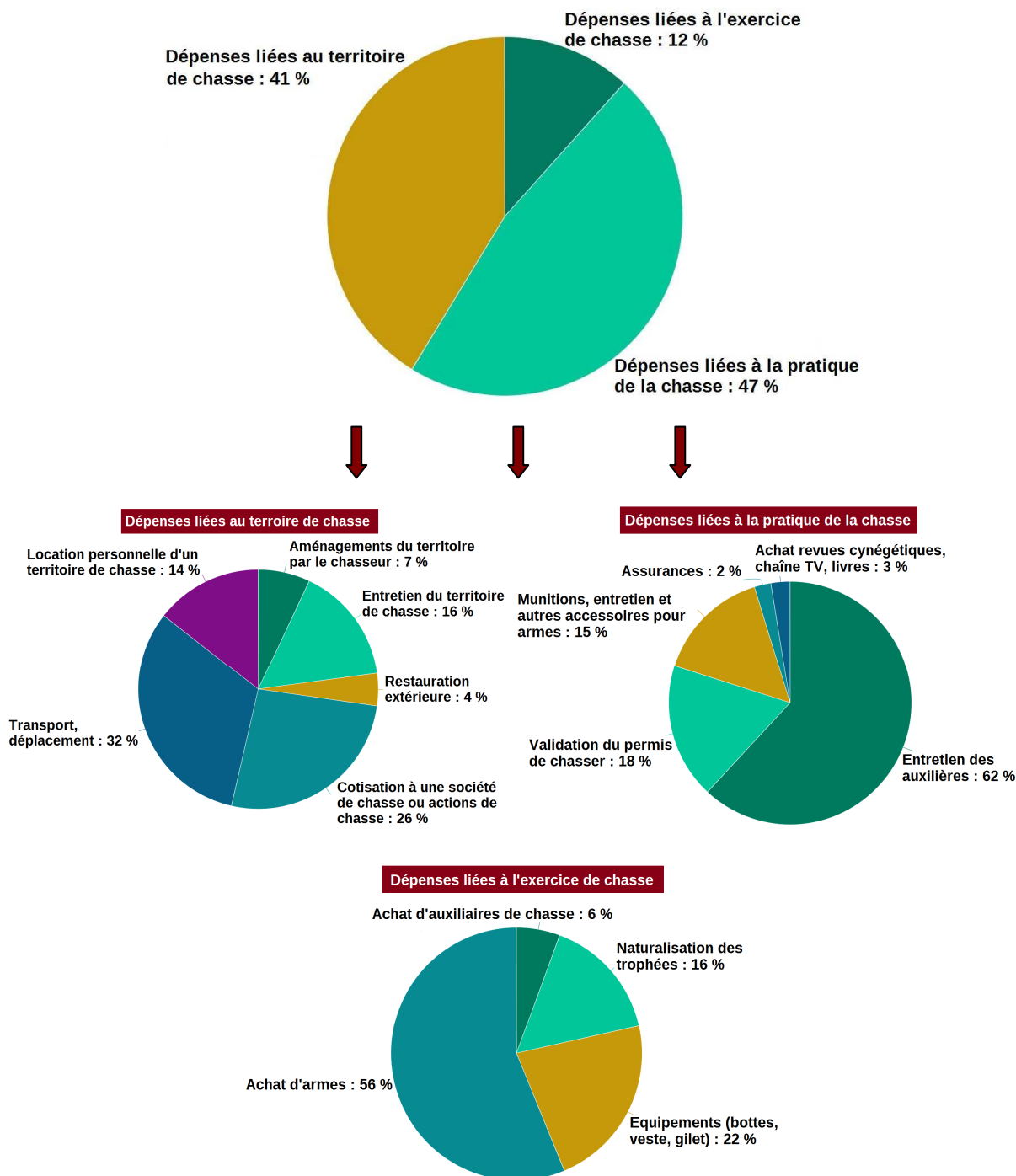
Figure 102 – Schéma des éléments constitutifs du service « chasse de loisir »



Une étude pilotée par la Fédération nationale des chasseurs et conduite par le BIPE en 2016 a permis de fournir une batterie d'informations sur l'impact économique, social et environnemental de la filière chasse en France. Pour la saison 2013-2014, il a ainsi pu être dénombré plus de 1,2 million de chasseurs de loisir en métropole. Sur ce même exercice, la filière chasse prise dans sa globalité (et donc non spécifique aux seuls milieux humides) générerait 3,89 milliards d'euros de chiffre d'affaires.

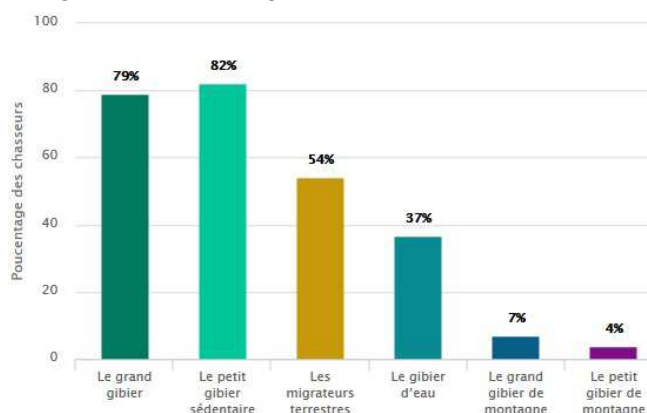
Toujours selon la même étude, un chasseur dépensait en moyenne 2 168 euros par an pour la pratique de son activité de loisir. Ces dépenses ont pu être ventilées selon trois grands postes : 47 % pour les dépenses liées à la pratique de la chasse (entretien des auxiliaires, validation du permis de chasser, etc.), 41 % pour les dépenses liées au territoire de chasse (transport, entretien du territoire de chasse, etc.) et 12 % pour les dépenses liées à l'exercice de chasse (achat d'armes, équipements, etc.) (cf. Figure 103).

Figure 103 – Détail des dépenses individuelles des chasseurs (BIPE, Fédération nationale des chasseurs, 2016)



Concernant uniquement la chasse de loisir en lien avec les milieux humides, l'étude conclut que 37 % des chasseurs, au niveau national, chassent du gibier d'eau, et tirent donc bénéfice de la présence de ces milieux spécifiques (cf. Figure 104).

Figure 104 – Type de gibiers chassés (BIPE, Fédération nationale des chasseurs, 2016)



Principaux déterminants du niveau de service

Liens avec l'état et le fonctionnement des écosystèmes

Figure 105 – Déterminants du niveau de service en lien avec la biodiversité

Aspects de la biodiversité qui renforcent le service	Aspects de la biodiversité qui réduisent le service
<ul style="list-style-type: none"> Abondance et diversité des espèces et des habitats 	<ul style="list-style-type: none"> Compétition et prédation entre espèces réduisant la diversité des espèces chassables Transmission de parasites entre espèces induisant une réduction des espèces chassables

La pérennité de l'activité de chasse est en partie tributaire des relations entre les différentes espèces. La présence d'espèces envahissantes peut ainsi entraîner des risques de compétition, de prédation et de transmissions de maladies et parasites qui peuvent, à terme, réduire le niveau de service.

Liens avec les pratiques de gestion

Figure 106 – Déterminants du niveau de service en lien avec les pratiques de gestion

Pratiques de gestion qui renforcent le service	Pratiques de gestion qui réduisent le service
<ul style="list-style-type: none"> Entretien de milieux favorables aux espèces chassées Comptage et suivi des populations Nourrissage et agrainage localisés Régulation des niveaux d'eau Lâchers d'individus issus d'élevage Mise en place de quotas et de calendriers de chasse 	<ul style="list-style-type: none"> Introduction d'espèces exotiques envahissantes Pollution des milieux humides par les activités anthropiques Prélèvements excessifs ou non respectueux des règles en vigueur

Diverses actions de gestion des territoires de chasse peuvent être menées par les chasseurs pour améliorer, de manière directe ou indirecte, le niveau de service : entretien de milieux favorables à la reproduction du gibier, comptage et suivi des populations, nourrissage et agrainage localisés, lâchers d'individus issus d'élevage, etc.

Il convient de noter que certaines de ces pratiques peuvent en revanche avoir des impacts négatifs sur le milieu ou d'autres activités économiques. Le nourrissage et l'agrainage peuvent par exemple être à l'origine d'un accroissement des populations de sangliers, avec potentiellement des effets négatifs sur la production forestière ou les cultures.

La gestion de la végétation au sein des milieux humides faisant office de quartier d'hivernage des anatidés herbivores fait l'objet de réflexions dans le but de leur fournir des sites d'alimentation favorables et ainsi favoriser leur stationnement. En France, cette gestion se fait de plus en plus par

l'intermédiaire des herbivores domestiques (bovins, moutons ou chevaux) qui, par le prélèvement de matière végétale qu'ils opèrent, maintiennent l'herbe à un stade phénologique jeune (et donc riche en nutriments) favorable à l'alimentation des canards herbivores et des oies. Le choix de l'espèce de grand herbivore est important en ce qui concerne l'attractivité d'une prairie pour un anatidé donné : pour l'accueil du canard siffleur, un pâturage équin est ainsi plus favorable qu'un pâturage bovin, qui, lui, est plus apprécié par les oies.

Certaines techniques de chasse peuvent conditionner l'aménagement et la gestion de milieux humides et de l'environnement. Dans le cas de la chasse de nuit (qui consiste à faire se poser le gibier d'eau sur une mare lors de ces déplacements nocturnes afin de pouvoir le tirer à partir d'affûts), les chasseurs cherchent à réguler la hauteur des mares afin d'attirer différentes espèces de canards.

La pérennité du service est également conditionnée par le respect des règles en vigueur, notamment en termes de calendriers de chasse. Les prélèvements excessifs ou hors périodes réservées peuvent conduire à une réduction de la diversité des espèces présentes et donc du niveau de service.

Evaluation monétaire du service

La plupart des études de cas menées au niveau français ces dernières années sur les zones humides se sont appuyées sur la méthode des prix de marché. Ceci a notamment été le cas d'une étude pilotée par le CGDD sur le site du Parc naturel régional des marais du Cotentin et du Bessin (cf. Encadré 18).

Encadré 18 – Evaluation économique des services rendus par les zones humides – Enseignements méthodologiques de monétarisation (CGDD, ACTeon, EcoVia, Cemagref, 2011)

La présence des zones humides et leur importance, en termes de surface, sur le Parc naturel régional des marais du Cotentin et du Bessin font de ce site une zone privilégiée pour la chasse, et plus particulièrement pour celle consacrée au gibier d'eau.

Toutefois, le nombre de chasseurs précis sur le territoire est difficile à estimer, en particulier pour les chasseurs de gibier d'eau dans la mesure. Des entretiens téléphoniques avec les fédérations de chasse de la Manche et du Calvados ont cependant permis d'avoir une idée de l'importance de cette activité sur le territoire. Le nombre de chasseurs sur ce dernier a ainsi été estimé dans une fourchette allant de 7 700 et 13 000, alors qu'ils sont près de 36 000 au total sur l'ensemble des deux départements auxquels appartient le Parc naturel régional. Parmi eux, les chasseurs de gibier d'eau, directement inféodés aux zones humides, sont entre 6 500 et 7 500 sur le site. On peut cependant considérer que tous les chasseurs sont plus ou moins dépendants de la présence des zones humides et de leur richesse : les roselières constituent par exemple des milieux intéressants pour le grand gibier dont les sangliers. Les zones humides représentent donc quelque chose de très important localement pour l'activité cynégétique.

L'évaluation du service s'appuie sur une estimation des dépenses annuelles consenties par ces chasseurs pour pratiquer leur activité. En l'absence de données locales, une étude réalisée à l'échelle nationale (Fédération nationale des chasseurs, Institut CSA, 2006) a été mobilisée. Le tableau ci-dessous en restitue les résultats.

	Coût par chasseur (en euros par an)	Pourcentage de chasseurs concernés	Coût effectif par chasseur (en euros par an)
Chien	400	78	312
Cotisation à une société de chasse	300	100	300
Transport	250	100	250
Equipement, vêtements	200	69	138
Achat d'armes	150	10	15
Entretien d'armes, munitions	180	100	180
Entretien du territoire	40	100	40
Restauration extérieure	40	4	1,6
Nuitées extérieures	15	100	15
Naturalisation des trophées	15	5	0,75
Total	1 590	-	1 252

Compte-tenu de l'incertitude concernant le nombre exact de chasseurs à prendre en compte, plusieurs hypothèses ont été formulées : 1) Une hypothèse basse qui consiste à considérer le nombre minimal de chasseurs de petit gibier sur le territoire (6 500) ; 2) Une fourchette haute de l'estimation fournie par les fédérations de chasse considérée comme une hypothèse moyenne (7 500) ; 3) Une hypothèse forte consistant à considérer l'ensemble des chasseurs sur le territoire (13 000).

Les dépenses totales sont alors comprises entre 8,1 et 16,2 millions d'euros par an.

Recherche d'un chiffrage national du service

L'étude de 2016 de la Fédération nationale des chasseurs et du BIPE permet de donner un premier chiffrage au niveau des dépenses consenties par l'ensemble des chasseurs pour pratiquer leur activité. Pour la saison 2013-2014, sur la base de 1 246 273 chasseurs et de dépenses individuelles de 2 168 euros, on obtient une dépense globale de 2,7 milliards d'euros. Ceci étant, ce chiffrage englobe les activités de chasse sur l'ensemble des écosystèmes français et non pas uniquement sur les milieux humides. En considérant les données fournies par la même étude sur les types de gibiers chassés, il est possible d'estimer à 14 % les activités de chasse de gibiers d'eau dans l'ensemble des activités de chasse. En considérant alors que la chasse au gibier d'eau permet d'approcher l'activité de chasse en milieux humides, on obtient une valeur du service de l'ordre de 380 millions d'euros par an.

La construction d'une déclinaison régionale des données de chasse selon le type de gibiers chassés permettrait une première représentation spatiale de la valorisation monétaire du service de chasse de loisir en milieux humides.

Fiche récapitulative

Présentation du service	
Fonctions écologiques → Production de biomasse animale Qualité des paysages Démographie des populations d'espèces chassées	Service → Chasse de loisir
Avantage Bien-être tiré de la pratique de la chasse de loisir	
Caractérisation du service	
Pratiques anthropiques permettant l'expression du service Regroupement des pratiquants au sein de fédérations	
Aspects économiques liés au service Les pratiquants de la chasse de loisir consentent à des dépenses pour s'adonner à cette activité	
Déterminants du niveau du service	
Déterminants en lien avec la biodiversité Abondance et diversité des espèces et des habitats Compétition et prédation entre espèces réduisant la diversité des espèces chassables Transmission de parasites entre espèces induisant une réduction des espèces chassables	Déterminants en lien avec les pratiques de gestion Entretien de milieux favorables aux espèces chassées Comptage et suivi des populations Nourrissage et agrainage localisés Régulation des niveaux d'eau Lâchers d'individus issus d'élevage Mise en place de quotas et de calendriers de chasse Introduction d'espèces exotiques envahissantes Pollution des milieux humides par les activités anthropiques Prélèvements excessifs ou non respectueux des règles en vigueur
Evaluation monétaire du service	
380 millions d'euros ₂₀₁₃ (Méthode des prix de marché) Limite : Données non spatialisées	
Orientation des futurs travaux à conduire pour l'évaluation monétaire Sur la base des données disponibles, construire une déclinaison régionale des données de chasse selon le type de gibiers chassés. Cela permettrait, in fine, une première représentation spatiale de la valorisation monétaire du service de chasse de loisir en milieux humides.	

PECHE DE LOISIR

Présentation du service

La pêche en eau douce est l'activité consistant à capturer des animaux aquatiques (poissons, crustacés, batraciens) dans leur milieu (cours d'eau, étangs, lacs, mares, etc.). Dans la présente analyse de ce service, la pêche est considérée comme une activité de loisir et implique la non-commercialisation des espèces pêchées.

Les activités de pêche en eau douce peuvent être de nature très variées et répondent à plusieurs droits et obligations (cf. Encadré 19).

S'il n'existe pas de typologie officielle des pratiques de pêche, il est possible de distinguer de manière globale : 1) La pêche au coup (pêche à la ligne flottante ou au poser) qui se définit comme une pêche statique consistant à attirer le poisson vers l'appât ; 2) La pêche itinérante (leurre, mouche, toc, à rôder, etc.) qui implique des déplacements du pêcheur.

La pêche dite « aux engins » (pièges, lignes de fond, etc.) peut constituer une troisième pratique, mais elle reste très minoritaire dans le monde de la pêche amateur.

Les différents types de pêche peuvent également être distingués en fonction de ce qui est mis au bout de la ligne : appâts naturels ou leurres artificiels.

Encadré 19 – Les droits et obligations applicables aux pêcheurs (Extrait de l'article d'Olivier Cizel – Zones humides infos n°90-91, 2016)

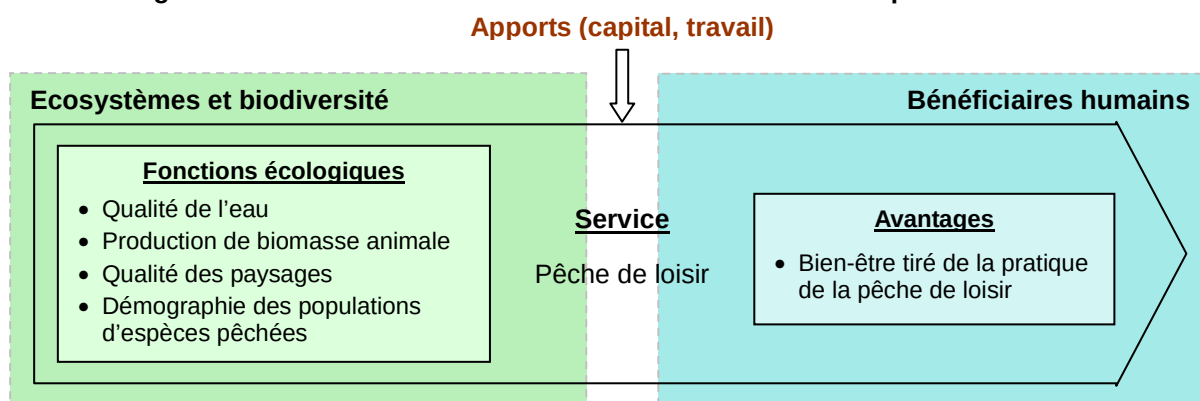
Pour pratiquer la pêche de loisir en eau douce, il faut être adhérent d'une association agréée de pêche et de protection du milieu aquatique (AAPPMA) et acheter une carte de pêche auprès de celle-ci. Le prix de cette carte, variable selon sa durée, inclut la cotisation à l'AAPPMA et à la fédération départementale, la cotisation « protection du milieu aquatique » revenant à la fédération nationale de la pêche et de la protection du milieu aquatique et, enfin, la redevance pour protection du milieu aquatique versée à l'agence de l'eau du bassin concerné. Ces règles ne s'appliquent pas aux eaux closes, aux piscicultures à vocation touristique et à certains plans d'eau fondés en titre (droits d'usage de l'eau particuliers, exonérés de procédure d'autorisation ou de renouvellement).

L'adhésion à l'AAPPMA et la carte de pêche donnent le droit de pêcher. Ce droit est différent du droit de pêche (C. envir., art. L. 435-4) qui est lié au droit de propriété, ce qui permet au propriétaire d'interdire à quiconque de venir pêcher sur son terrain, riverain d'un cours d'eau ou d'un plan d'eau.

Le pêcheur bénéficie, d'une part, d'un droit de passage le long des cours d'eau, qui doit s'exercer autant que possible en suivant la rive du cours d'eau et à moindre dommage, d'autre part, des servitudes de marche-pied (interdiction faite aux propriétaires, locataire, fermier ou titulaire d'un droit réel, riverain d'un cours d'eau ou d'un lac domanial en France, de mettre des obstacles au passage le long de ses berges et obligation d'en laisser l'usage aux services gestionnaires, aux pêcheurs et aux piétons) et de halage (les propriétaires riverains des fleuves et rivières navigables ou flottables sont tenus, partout où il n'existe pas un chemin de halage, de laisser le long des bords un espace libre de 9,75 m de largeur) sur les cours d'eau et lacs domaniaux (C. envir., art. L. 435-6 et R. 435-7 ; CGPPP, art. L. 2131-2 et L. 2131-3).

Caractérisation du service

Figure 107 – Schéma des éléments constitutifs du service « pêche de loisir »

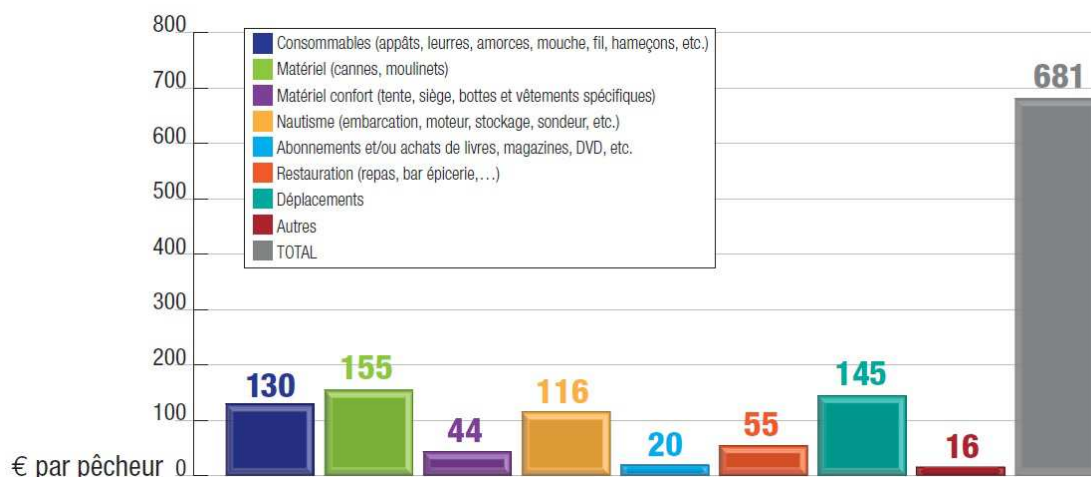


De nombreuses données fournies par la *Fédération Nationale de la Pêche en France et de la protection du milieu aquatique* permettent de rendre compte de l'importance de l'activité de pêche de loisir à l'échelle nationale. Au travers d'une étude dont la réalisation a été confiée au BIPE, il apparaît ainsi que la pêche en eau douce compte 1,4 million d'adhérents, composés à 97 % d'hommes. Ces adhérents se répartissent de la manière suivante selon leur âge : 16 % de plus de 65 ans, 19 % de 55-64 ans, 17 % de 45-54 ans, 16 % de 35-44 ans, 17 % de 25-34 ans, 11 % de 15-24 ans.

La motivation première pour les pratiquants (53 %) est la dimension « loisir / détente ». Viennent ensuite le contact avec la nature (20 %), l'intérêt / plaisir de la capture (15 %) et la compétition / sport (15 %). Par ailleurs, 95 % des pratiquants pêchent plus de 7 jours par an et 71 % plus de 25 jours par an. 34 % des répondants possèdent une embarcation, motorisée dans 77 % des cas.

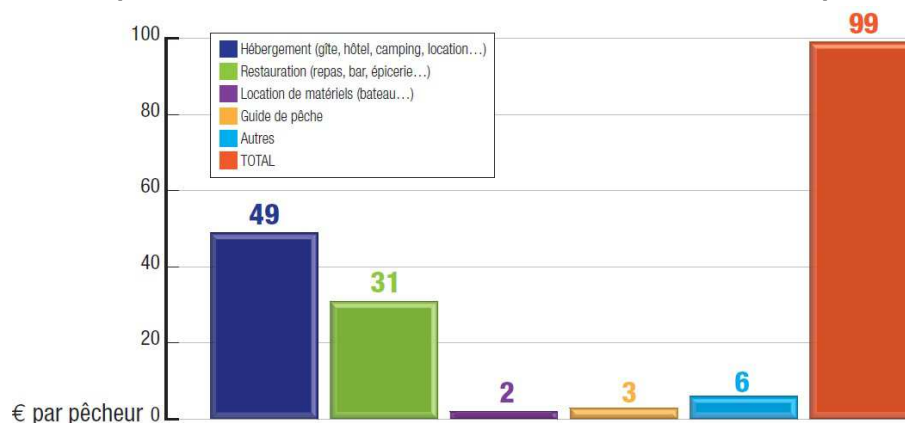
Hors coût lié à l'acquisition de la carte de pêche, la dépense moyenne annuelle d'un pêcheur est de 681 euros. Les principaux postes de dépenses concernent l'activité directe de pêche : matériel (155 euros), consommables (174 euros) et nautisme (116 euros). Toutefois les dépenses dites « catalytiques » (non-spécifiques à la pêche mais qui n'auraient pas lieu sans l'activité des pêcheurs) occupent une part non-négligeable de ce total : 145 euros de déplacement et 55 euros de restauration (cf. Figure 108).

Figure 108 - Dépenses moyennes annuelles pour la pratique habituelle de la pêche en eau douce (BIPE, Fédération Nationale de la Pêche en France, 2011)



L'étude réalisée par le BIPE met également en avant des chiffrages économiques quant à la pratique de l'activité lors des séjours de pêche. Ces derniers concernant un nombre restreint de pêcheurs, la valeur moyenne des dépenses associées est plus basse que celle précédemment citée (99 euros par an sur l'ensemble des pêcheurs français (cf. Figure 109)).

Figure 109 - Dépenses moyennes annuelles pour les séjours de pêche en eau douce (BIPE, Fédération Nationale de la Pêche en France, 2011)



Les séjours liés à la pêche en eau douce sont pratiqués par 39 % des pêcheurs, pour une moyenne de 21 jours par an. Le dernier lieu de vacances a même été déterminé par la pêche en eau douce pour 49 % des répondants à l'enquête réalisée par le BIPE.

Sur l'ensemble du territoire, on dénombre environ 4 400 associations locales de pêche, regroupant chacune, en moyenne, 476 adhérents. Ces structures reçoivent la majorité de leur financement des cotisations de leurs adhérents. Leurs revenus sont estimés à 42,5 millions d'euros annuels. Ces ressources sont consacrées à des actions en faveur de l'environnement, y compris pour le soutien de la biodiversité, de la surveillance et du développement du loisir pêche.

Enfin, l'étude réalisée par le BIPE estime les impacts économiques liés à la pêche de loisir en eau douce à 2 milliards d'euros par an (cf. Figure 110).

Figure 110 – Impacts économiques (en millions d'euros) liés à la pêche de loisir en eau douce (BIPE, Fédération Nationale de la Pêche en France, 2011)

Nature de l'impact	Montant (en M€ annuels)
Impact direct	790
○ Matériel de pêche	462
○ Nautisme	162
○ Adhésions	82
○ Aquaculture et pisciculture	50
○ Abonnements et livres	27
○ Tourisme (guides de pêche)	5
Impact indirect fournisseurs des activités directes	340
○ Tertiaire	180
○ Industrie	150
Impact induit (salaires versés aux employés des activités directes et indirectes)	510
Impact catalytique (dépenses entourant la pratique de la pêche sans faire partie de sa filière directe ou indirecte)	390
○ Hébergement et restauration	190
○ Transports	200

La base de données du *Recensement des Equipements Sportifs (RES)* gérée par le Ministère chargé des sports, fournit également quelques chiffres intéressants permettant de rendre compte de l'importance de la pêche de loisir à l'échelle nationale. Ainsi, en 2016, on recense 3 161 équipements sportifs pour la pêche à la mouche et la pêche au lancer et 463 équipements sportifs pour la pêche au coup en eau douce (cf. Annexe 13 pour données départementales).

Principaux déterminants du niveau de service

Liens avec l'état et le fonctionnement des écosystèmes

Figure 111 – Déterminants du niveau de service en lien avec la biodiversité

Aspects de la biodiversité qui renforcent le service	Aspects de la biodiversité qui réduisent le service
○ Abondance et diversité des espèces et des habitats	○ Compétition et prédation entre espèces réduisant la diversité des espèces pouvant être pêchées
	○ Transmission de parasites entre espèces induisant une réduction des espèces pouvant être pêchées

La pérennité de l'activité de pêche de loisir est en partie tributaire des relations entre les différentes espèces. La présence d'espèces envahissantes peut ainsi entraîner des risques de compétition, de prédation et de transmissions de maladies et parasites qui peuvent, à terme, réduire le niveau de service.

Liens avec les pratiques de gestion

Figure 112 – Déterminants du niveau de service en lien avec les pratiques de gestion

Pratiques de gestion qui renforcent le service	Pratiques de gestion qui réduisent le service
<ul style="list-style-type: none"> ○ Participation à la gestion piscicole <i>via</i> une adhésion à une association de pêcheurs professionnels ○ Mise en place de quotas de pêche ○ Opérations de rempoissonnement, pacages 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Introduction d'espèces exotiques envahissantes ○ Pisciculture intensive (apports en fertilisants, surexploitation, destruction d'habitats naturels, dégradation des berges, etc.) ○ Pollution des milieux humides par les activités anthropiques ○ Prélèvements excessifs ou non respectueux des règles en vigueur ○ Obstacles sur les cours d'eau empêchant les migrations des espèces

De nombreuses pressions anthropiques peuvent perturber les écosystèmes et le cycle biologique des poissons et donc avoir, en bout de chaîne, des impacts sur la pratique de la pêche de loisir : pollutions agricoles, urbaines et industrielles, modifications géomorphologiques des cours d'eau (curage, recalibrage, etc.) dans le cadre d'aménagement des terres agricoles, diminution des débits due à la mise en place d'aménagements pour l'hydroélectricité, l'irrigation, etc.

La pêche de loisir elle-même peut affecter les écosystèmes et la biodiversité *via* la pollution organique due aux amorçages (farines, appâts) de la pêche au coup, la capture d'espèces cibles ou encore l'introduction de nouvelles espèces dans un milieu.

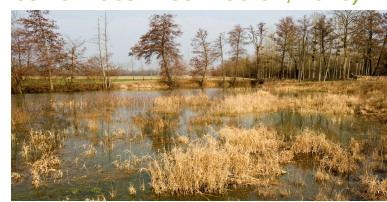
Pour lutter contre les pressions, des mesures sont prises dans certaines régions. Sur le bassin d'Arcachon, la pêche à la civelle fait ainsi l'objet de mesures de reconstitution des stocks (restriction de la pêche professionnelle et interdiction de la pêche de loisir).

Des efforts ont par ailleurs été faits pour restaurer des espèces (poissons migrateurs) dans plusieurs régions où elles avaient presque disparu (comme le saumon, dans le bassin du Rhin ou de la Loire).

De nombreuses autres initiatives locales permettant de concilier protection de la biodiversité et pratique de la pêche de loisir ont vu le jour ces dernières années. L'aménagement de frayères dans le département de la Vienne en constitue un exemple (*cf.* Encadré 20).

Encadré 20 – Aménagement de zones de frai pour la biodiversité et la pêche de loisir dans le département de la Vienne (Extrait de l'article d'Édouard Brangeon et Lucie Dalibard – Zones humides infos n°90-91, 2016)

La diminution des surfaces de zones humides lors des dernières décennies a eu des conséquences sur les zones de frai du brochet et, in fine, sur la survie même de cette espèce. Pour pallier la disparition de ces milieux humides et maintenir la pratique de la pêche, les fédérations départementales des associations agréées pour la pêche et la protection du milieu aquatique (FDAAPPMA), en collaboration avec leurs associations, œuvrent pour réhabiliter ces zones de frai.



Frayère à brochets (Seine-et-Marne, 2006)
© Laurent Mignaux - Terra

Les aménagements consistent globalement à créer une zone talutée en pente douce, recouverte de végétation et inondée pendant la reproduction des brochets (environ deux mois). Un broyage de la végétation est généralement réalisé de septembre à octobre pour obtenir un support de ponte herbacé apprécié par les brochets. Avant les crues hivernales, les équipements des frayères sont manœuvrés pour permettre l'inondation des zones pendant toute la période de reproduction. Les gestionnaires conduisent ensuite un suivi du succès reproducteur par comptage des juvéniles. Ils en profitent également pour définir le moment où les dispositifs doivent être ouverts pour permettre la dévalaison des alevins.

Plusieurs frayères à brochet ont été aménagées dans le département de la Vienne. A Danlot, sur la commune d'Aslonnes, un ancien plan d'eau a été réhabilité en zone de frai. À cet effet, un batardeau a été mis en place à l'aval de cette ancienne retenue pour maintenir le niveau d'eau en période de reproduction. La frayère est inondée lors des crues hivernales, par le débordement du Clain et de la Clouère. Une autre frayère a été aménagée à Villemonnay, sur la commune de Champagné-Saint-Hilaire, dans un ancien bras du Clain avec un ouvrage en amont pour capter l'eau de la rivière et alimenter la zone de frai. Une structure à caractère de piège peut y être installée pour le comptage des individus. Lors de ces suivis, de nombreuses autres espèces aquatiques sont également observées, et notamment des tritons palmés.

Evaluation monétaire du service

La plupart des études de monétarisation menées au niveau français ces dernières années sur des sites de zones humides se sont appuyées sur la méthode des prix de marché. Un exemple d'application, sur le site des tourbières du Cézallier, est détaillé en Encadré 21.

Encadré 21 – Amélioration des connaissances sur les fonctions et usages des zones humides : évaluation économique sur des sites tests – Le cas des tourbières du Cézallier (Agence de l'eau Loire-Bretagne, ACTeon, EcoVia, 2011)

Au sein des tourbières du Cézallier, seul le lac de Bourdouze est fréquenté par les pêcheurs (une centaine selon les estimations locales). Pour appréhender monétairement ce service, l'étude pilotée par l'Agence Loire-Bretagne distingue les retombées économiques marchandes (achat des cartes de pêche, dépenses pour pratiquer l'activité) d'une dimension non marchande (notion de bien-être procuré par l'activité).

Pour les retombées économiques marchandes, seuls les achats de cartes de pêche ont pu être chiffrés à partir de données locales. Ceux-ci s'élèvent à 7 000 euros par an. Pour les autres dépenses (matériel, vêtement, transport, hébergement, etc.), l'étude a eu recours au transfert de valeurs, sur la base de plusieurs sources :

- 1) Une étude CSP-Gamond de 1991 rapportant des dépenses de 156,8 euros par pêcheur et par an (soit 208,4 euros en actualisant à l'année de conduite de l'étude, à savoir 2010).
- 2) Une estimation faite sur le bassin Artois-Picardie en 2001 rapporte des ordres de grandeurs de 185,5 euros par pêcheur et par an (soit 211,3 euros₂₀₁₀).
- 3) Une étude réalisée pour l'Agence de l'Eau Seine-Normandie en 2004 rapportant des dépenses moyenne de 269,5 euros₂₀₁₀ par pêcheur et par an pour des adhérents des AAPPMA sur des eaux continentales.

À partir de ces trois sources, l'étude a établi, pour ces dépenses complémentaires, une fourchette allant de 208,4 euros à 269,5 euros par an. Le transfert de ces valeurs unitaires au cas d'étude des tourbières du Cézallier permet d'obtenir un chiffrage compris entre 21 000 et 27 000 euros par an. Avec l'ajout des 7 000 euros de cartes de pêche précédemment évalués, on obtient un chiffrage global de la dimension marchande compris entre 28 000 et 34 000 euros par an.

Pour ce qui est des bénéfices non marchands, diverses sources ont été mobilisées pour avoir recours, là également, au transfert de valeurs. À partir d'une étude portant sur la rivière Erdre, un chiffrage individuel de 20,2 euros est mobilisé et permet d'aboutir à une valeur de 2 000 euros environ pour l'ensemble des pêcheurs du territoire des tourbières du Cézallier.

Au final, le service de pêche de loisir est valorisé entre 30 000 et 36 000 euros par an.

Recherche d'un chiffrage national du service

Les données mises en avant par l'étude commanditée par la *Fédération Nationale de la Pêche en France et de la protection du milieu aquatique* permettent d'aboutir à une première estimation monétaire du service au niveau national. Ainsi, en considérant les dépenses directes des pêcheurs, on obtient un chiffrage de 790 millions d'euros par an. En y ajoutant les dépenses catalytiques (transports et hébergements), on obtient une borne haute de 1 180 millions d'euros annuels pour le service de pêche de loisir.

Afin d'obtenir une première représentation spatiale de la valorisation monétaire du service, les futurs travaux pourraient recenser l'ensemble des données de ventes de cartes de pêche des différentes fédérations départementales.

Fiche récapitulative

Présentation du service	
Fonctions écologiques → Qualité de l'eau Production de biomasse animale Qualité des paysages Démographie des populations d'espèces pêchées	Service → Pêche de loisir
Avantage Bien-être tiré de la pratique de la pêche de loisir	
Caractérisation du service	
Pratiques anthropiques permettant l'expression du service Regroupement des pratiquants au sein de fédérations Mise en place d'équipements sportifs dédiés	
Aspects économiques liés au service Les pratiquants de la pêche de loisir consentent à des dépenses pour s'adonner à cette activité	
Déterminants du niveau du service	
Déterminants en lien avec la biodiversité Abondance et diversité des espèces et des habitats Compétition et prédation entre espèces réduisant la diversité des espèces pouvant être pêchées Transmission de parasites entre espèces induisant une réduction des espèces pouvant être pêchées	Déterminants en lien avec les pratiques de gestion Participation à la gestion piscicole <i>via</i> une adhésion à une association de pêcheurs professionnels Mise en place de quotas de pêche Opérations de rempoissonnement, pacages Introduction d'espèces exotiques envahissantes Pisciculture intensive (apports en fertilisants, surexploitation, destruction d'habitats naturels, dégradation des berges, etc.) Pollution des milieux humides par les activités anthropiques Prélèvements excessifs ou non respectueux des règles en vigueur Obstacles sur les cours d'eau empêchant les migrations des espèces
Evaluation monétaire du service	
1 180 millions d'euros ₂₀₁₁ (Méthode des prix de marché) <i>Limite : Données non spatialisées</i>	
Orientation des futurs travaux à conduire pour l'évaluation monétaire A l'aide des données de ventes de cartes de pêche des différentes fédérations départementales, construire des éléments cartographiques de spatialisation des pêcheurs sur le territoire national. Cela permettrait, <i>in fine</i> , une première représentation spatiale de la valorisation monétaire du service de pêche de loisir.	

EDUCATION

Présentation du service

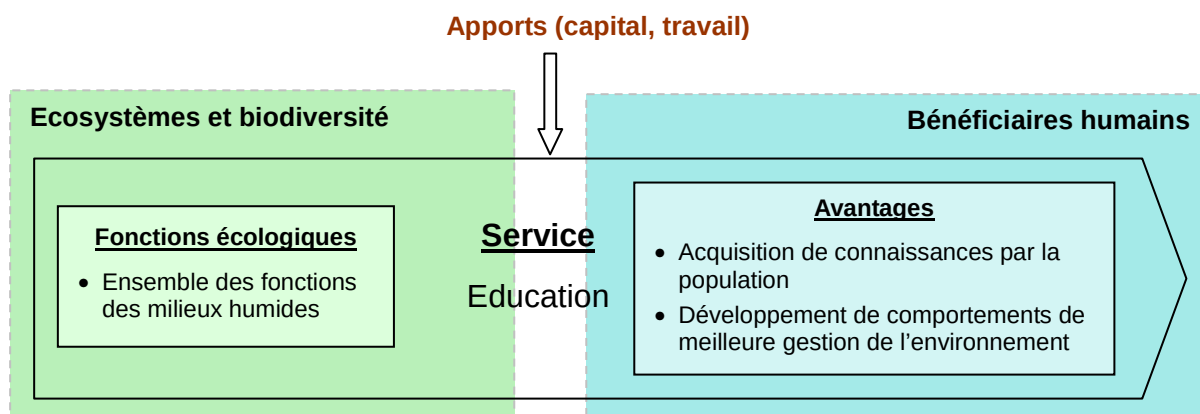
Les activités éducatives générées par les milieux humides permettent à la population de se familiariser et d'acquérir des connaissances sur les sciences (écologie, biologie des espèces, botanique, ornithologie, etc.) liées à ces écosystèmes. Au cœur des finalités de ce service, on trouve le développement de nouveaux comportements individuels et collectifs nécessaires à une meilleure gestion de l'environnement «éco-socio-culturel».

Les « savoirs éducatifs » en lien avec les milieux humides peuvent être véhiculés aussi bien par des vecteurs d'enseignements formels (organisés de manière structurée au sein par exemple d'un établissement scolaire) qu'informels (*via* des activités, planifiées ou non, relevant par exemple de la sphère des loisirs).

La dimension éducative en lien avec les milieux humides, lorsque ces derniers sont intégrés au sein de parcs naturels, peut s'exprimer au travers de parcours aménagés, de circuits pédestres, de points fixes d'observation, de visites guidées, etc. Sa valorisation passe également par la production de brochures ou plaquettes, de panneaux d'information sur la flore et la faune des écosystèmes, etc.

Caractérisation du service

Figure 113 – Schéma des éléments constitutifs du service « éducation »



La caractérisation de l'ampleur du service d'éducation propre aux milieux humides apparaît comme complexe à établir du fait de la diversité des actions existantes et de l'absence de recensement exhaustif et régulier de celles-ci.

Quelques données disponibles sur certains événements et programmes précis, détaillés ci-après, permettent de rendre compte d'une partie de l'importance du service.

- Adopté en 2008, le programme de communication, éducation, participation et sensibilisation (CESP) de la Convention de Ramsar encourage la création de centres d'éducation aux zones humides, reconnaissant leur valeur pour la promotion des principes de conservation et d'utilisation rationnelle des zones humides. Ce programme regroupe aussi bien des centres à la pointe du progrès, conçus pour accueillir un grand nombre de visiteurs que des centres simples sans personnel et ouverts à un petit nombre de personnes (Ramsar, 2016). La France compte 6 centres intégrés au CESP : Maison de la nature du département - Grange nature (25 000 visiteurs en 2013), Parc du Marquenterre (170 000 visiteurs en 2014), Maison de la Baie de Somme (36 000 visiteurs en 2014), Maison du Lac de Grand-Lieu (3 500 visiteurs en 2014), Réserve ornithologique la Gabrière, Scamandre – Camargue Gardoise (15 000 visiteurs annuels dont 3 000 scolaires).

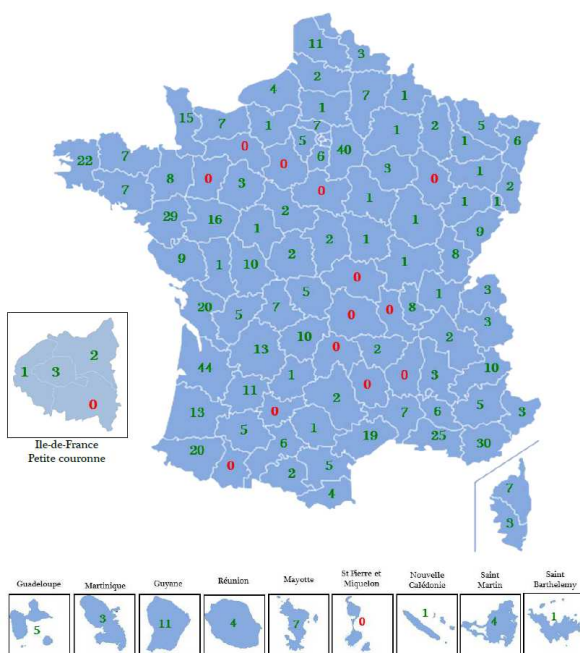
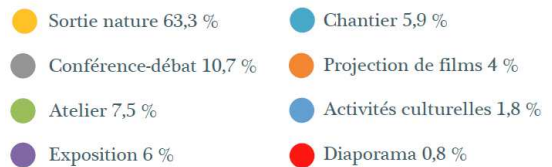


- Toujours dans le cadre de la Convention de Ramsar, a été instaurée la Journée mondiale des zones humides, manifestation internationale qui met à l'honneur ces milieux au travers de nombreuses animations de sensibilisation du public. Organisées aussi bien par des associations, des gestionnaires d'espaces naturels ou des collectivités territoriales, ces animations sont coordonnées à l'échelle nationale par l'Association Ramsar France, les Pôles-relais zones humides, l'Onema, la Ligue pour la protection des oiseaux et la Société nationale de la protection de la nature. Comme en atteste son perpétuel développement depuis 2010, la déclinaison française de la Journée mondiale des zones humides suscite un véritable engouement de la population sur l'ensemble du territoire (cf. Encadré 22).

Encadré 22 – Eléments de bilan de la Journée mondiale des zones humides 2016 en France (Association Ramsar France, Pôles-relais zones humides, Ligue pour la protection des oiseaux, Société nationale de protection de la nature, Onema, 2016)

Pour la *Journée mondiale des zones humides 2016*, 626 actions portées par 293 structures ont été proposées en France. Ce nombre progresse chaque année (282 actions en 2010, 551 en 2015).

88 % des animations labellisées en 2016 s'adressaient au grand public.



Répartition par types et par départements des animations organisées en France pour la Journée mondiale des zones humides 2016 (Association Ramsar France, Pôles-relais zones humides, Ligue pour la protection des oiseaux, Société nationale de protection de la nature, Onema, 2016)

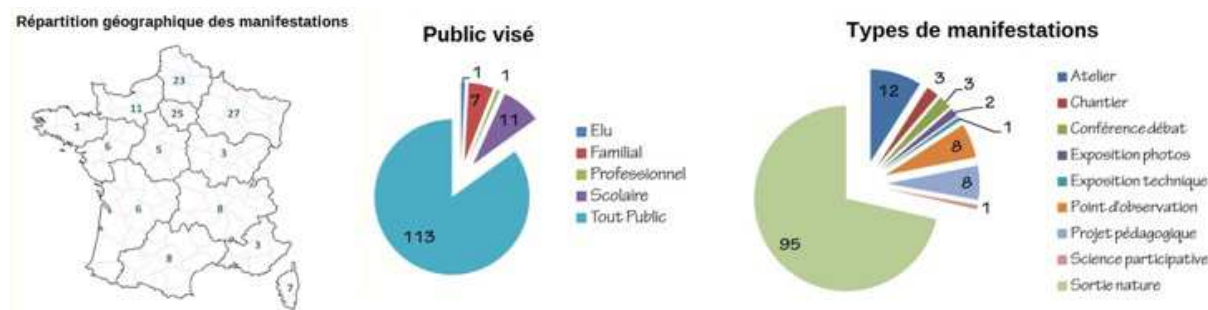
En 2016, la Société nationale de protection de la nature et le Pôle-relais Mares, zones humides intérieures et vallées alluviales ont lancé la *Fête des mares*. Cette fête propose de nombreuses animations sur l'ensemble du territoire national (sorties nature, expositions, conférences, chantiers, etc.). Elle est l'occasion de mieux faire connaître ces milieux spécifiques et de sensibiliser la population à l'intérêt de les préserver (cf. Encadré 23).



Visite et présentation de sites Natura 2000 par les agents ONF en forêt de Fontainebleau (Ile-de-France, 2007) © Laurent Mignaux – Terra

Encadré 23 – Bilan de la première édition de la *Fête des mares* en quelques chiffres (Société nationale de protection de la nature et le Pôle-relais Mares, zones humides intérieures et vallées alluviales, 2016)

Pour la première édition de la *Fête des mares*, qui s'est déroulée du 30 mai au 5 juin 2016, 133 manifestations ont été proposées, réparties sur 50 départements. 60 % de ces manifestations étaient portées par des associations. Au moins, 2 276 personnes ont assisté à celles-ci, dont 893 jeunes de moins de 18 ans.



Principaux déterminants du niveau de service

Liens avec l'état et le fonctionnement des écosystèmes

Figure 114 – Déterminants du niveau de service en lien avec la biodiversité

Aspects de la biodiversité qui renforcent le service	Aspects de la biodiversité qui réduisent le service
<ul style="list-style-type: none"> Abondance et diversité des espèces et des habitats 	<ul style="list-style-type: none"> Compétition et prédation entre espèces réduisant la diversité des espèces observables Transmission de parasites entre espèces induisant une réduction des espèces observables

Aucune fonction écosystémique spécifique n'est à proprement parler à l'origine des activités éducatives liées aux milieux humides. C'est la variété des écosystèmes, leur fonctionnement ou encore la richesse des espèces qu'ils abritent qui vont en faire des supports pédagogiques intéressants. Le simple fait que les écosystèmes existent, avec leur richesse et leur diversité, justifie l'existence de ces activités éducatives.

Liens avec les pratiques de gestion

Figure 115 – Déterminants du niveau de service en lien avec les pratiques de gestion

Pratiques de gestion qui renforcent le service	Pratiques de gestion qui réduisent le service
<ul style="list-style-type: none"> Organisation d'événements éducatifs autour des milieux humides Conduite de programmes de valorisation des milieux humides 	<ul style="list-style-type: none"> Pollution des milieux humides par les activités anthropiques Atteintes diverses aux habitats et espèces propres aux milieux humides

Le service d'éducation est étroitement corrélé aux pratiques de gestion qui l'accompagnent. La conduite de programmes de valorisation et l'organisation d'événements autour des milieux humides et de leur biodiversité, notamment au travers des exemples décrits dans la section précédente (Journée

mondiale des zones humides, Fête des mares), contribuent ainsi directement à l'expression du service. À l'opposé, les différentes atteintes d'origine anthropiques à ces mêmes milieux, espèces et habitats ayant pour conséquence une diminution de leur richesse et de leur diversité rendra moins attrayant ces espaces pour des activités éducatives.

Evaluation monétaire du service

L'analyse de la littérature permet de constater que le recours aux méthodes à préférences déclarées pour chiffrer le service d'éducation des milieux humides se heurte à quelques difficultés méthodologiques, notamment le fait pour les individus enquêtés de parvenir à isoler avec précision la seule dimension éducative offerte par ces écosystèmes.

Au sein des méthodes à préférences révélées, le recours à la méthode des coûts de transports peut également se heurter à la même difficulté. Il apparaît en effet complexe d'isoler uniquement la dimension éducative propre à une visite sur site.

L'utilisation de la méthode des prix de marché apparaît potentiellement comme la plus robuste et facile à mettre en œuvre. Elle a pu être déclinée au niveau local sur plusieurs cas d'études, notamment sur le bassin Loire-Bretagne (cf. Encadré 24). La principale limite de cette méthode est de ne faire apparaître une valeur que dans les cas où le site dispose d'une offre permettant d'exploiter sa dimension éducative. Les visites effectuées directement par la population sur des sites ne disposant pas de ce type d'offres sortent ainsi du champ de l'évaluation.

Encadré 24 – Amélioration des connaissances sur les fonctions et usages des zones humides : évaluation économique sur des sites tests – Le cas du marais breton (Agence de l'eau Loire-Bretagne, ACTeon, EcoVia, 2011)

Le territoire du marais breton dispose de structures dynamiques permettant d'organiser des activités d'éducation à l'environnement.

La Maison de la Nature et de la Réserve a notamment accueilli 19 800 visiteurs (entrée gratuite) en 2007 et près de 25 000 en 2005, dont 15 % participent à la visite de l'exposition permanente payante. Des visites accompagnées payantes sont également proposées en saison avec 600 participants en 2006. Par ailleurs, 7 structures proposent des animations nature au sein du Parc de la Brenne. Le nombre d'animations est passé de 64 en 1999 à 147 en 2007. 966 personnes se sont inscrites en 2007 à ces animations payantes. Enfin, le Centre Permanent d'Initiatives pour l'Environnement propose des stages scientifiques et artistiques d'une semaine en collaboration avec le Parc. En 2006, 142 personnes avaient participé aux 16 stages proposés.

Pour évaluer l'ensemble du service d'éducation sur le site, l'étude pilotée par l'Agence de l'eau Loire-Bretagne a considéré le coût des moyens humains nécessaires à la réalisation de ce service. En considérant une fourchette de 5 à 10 équivalents temps, les dépenses engagées annuellement sont alors comprises entre 90 000 et 420 000 euros.

Recherche d'un chiffrage national du service

L'évaluation à l'échelle nationale du service d'éducation lié aux milieux humides est rendue particulièrement complexe pour l'heure en raison de l'absence d'un référentiel regroupant l'ensemble des actions menées dans le domaine sur le territoire.

La construction d'un ensemble de référentiels et d'indicateurs permettrait de caractériser l'importance à l'échelle nationale de l'effectivité du service d'éducation des milieux humides. Pour ce faire, une des approches possibles pourrait consister à recueillir les données disponibles en termes de fréquentation à visée pédagogique dans les centres d'accueil du public situés dans des milieux humides³⁵.

³⁵ Il conviendra toutefois de noter que les données recueillies ne permettront d'établir qu'une borne basse de l'évaluation du service d'éducation. En effet, les visiteurs ne transitant pas par des centres d'accueil ne seront pas comptabilisés par cet intermédiaire.

En complément, il pourra alors se révéler pertinent de conduire une étude à l'échelle nationale permettant de rendre compte de cette composante du service ne s'exprimant pas par l'offre.

Fiche récapitulative

Présentation du service		
Fonctions écologiques → Ensemble des fonctions des milieux humides	Service → Education	Avantages Acquisition de connaissances par la population Développement de comportements de meilleure gestion de l'environnement
Caractérisation du service		
Pratiques anthropiques permettant l'expression du service Mise en place d'actions d'enseignement formel ou informel		
Aspects économiques liés au service La population peut consentir à des dépenses pour enrichir son savoir et ses connaissances des milieux humides (visites de parcs naturels, etc.)		
Déterminants du niveau du service		
Déterminants en lien avec la biodiversité <i>Abondance et diversité des espèces et des habitats</i> <i>Compétition et prédation entre espèces réduisant la diversité des espèces observables</i> <i>Transmission de parasites entre espèces induisant une réduction des espèces observables</i>	Déterminants en lien avec les pratiques de gestion <i>Organisation d'événements éducatifs autour des milieux humides</i> <i>Conduite de programmes de valorisation des milieux humides</i> <i>Pollution des milieux humides par les activités anthropiques</i> <i>Atteintes diverses aux habitats et espèces propres aux milieux humides</i>	
Evaluation monétaire du service		
<i>Pas de données chiffrées</i>		
Orientation des futurs travaux à conduire pour l'évaluation monétaire Construire un ensemble de référentiels et d'indicateurs permettant de caractériser l'importance à l'échelle nationale de l'effectivité du service d'éducation des milieux humides. Pour ce faire, une des approches possibles pourrait consister à recueillir les données disponibles en termes de fréquentation à visée pédagogique dans les centres d'accueil du public situés dans des milieux humides.		

EXPERIMENTATION, SCIENCE

Présentation du service

Le service d'expérimentation et de science renvoie à la possibilité de mettre en œuvre des programmes de recherche quant au fonctionnement et à l'évolution des milieux humides. Cela recouvre des approches scientifiques allant de l'acquisition de connaissances sur les processus sous-tendant le fonctionnement de ces écosystèmes et des populations animales et végétales inféodées à de la recherche-action aboutissant à des programmes de réhabilitation, de restauration, de gestion ou de création de milieu.

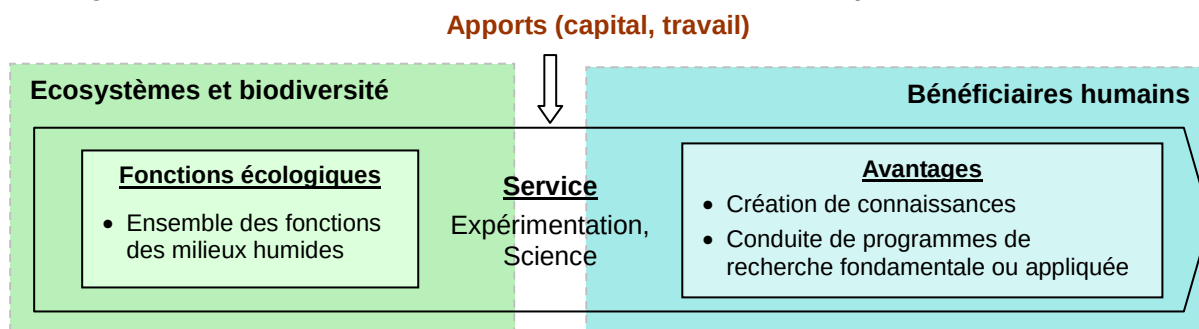
Si le secteur public porte plus particulièrement le volet plus fondamental de cette recherche, les secteurs associatif (comme les conservatoires) et privé (bureaux d'études, grandes entreprises d'aménagement) peuvent être fortement impliqués sur le volet plus appliqué, généralement en partenariat avec la recherche publique, en particulier dans le domaine de la restauration de zones humides et de l'évaluation environnementale.



Cistude d'Europe (Gard, 2010)
© Laurent Mignaux - Terra

Caractérisation du service

Figure 116 – Schéma des éléments constitutifs du service « expérimentation, science »



La recherche peut concerner l'ensemble des milieux humides et couvrir des disciplines très diverses. Toutefois, certains milieux revêtent un intérêt plus prégnant, notamment d'un point de vue historique et patrimonial.

Ceci est le cas des tourbières qui, grâce à l'anoxie qui les caractérise, et par l'intermédiaire de la matière organique fossile qu'est la tourbe, peuvent conserver pendant des milliers d'années des archives naturelles et des objets archéologiques dont l'analyse renseigne sur l'évolution du climat et l'utilisation successive des milieux. L'analyse de macrorestes fossiles en tourbières peut ainsi apporter des informations sur : « 1) les différentes communautés qui ont occupé la tourbière, notamment les végétations turfigènes qui ont construit l'édifice tourbeux, 2) les changements dans le temps de la répartition des communautés, qui peuvent être mis en relation avec des facteurs allogènes et autogènes, 3) l'évaluation de l'impact des perturbations comme le feu, le piétinement, etc. et l'évaluation de la résilience du système face à ces perturbations ». Les tourbières jouent ainsi un rôle central pour des domaines de recherche particuliers tels que la reconstitution des paléoenvironnements (Bernard, 2017).

Si des données sont disponibles pour permettre de rendre compte de l'ampleur économique et sociétale des travaux de recherche au niveau national, il n'existe, pour l'heure, aucun référentiel permettant d'isoler les travaux se concentrant uniquement sur les milieux humides.

Principaux déterminants du niveau de service

Liens avec l'état, le fonctionnement des écosystèmes et les pratiques de gestion

Figure 117 – Déterminants du niveau de service en lien avec la biodiversité

Aspects de la biodiversité qui renforcent le service	Aspects de la biodiversité qui réduisent le service
<ul style="list-style-type: none"> ○ Diversité des espèces et des habitats 	

Figure 118 – Déterminants du niveau de service en lien avec les pratiques de gestion

Pratiques de gestion qui renforcent le service	Pratiques de gestion qui réduisent le service
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Pratiques anthropiques à l'origine d'une uniformisation des espaces ○ Exploitation et destruction de ressources fossiles (tourbe) jouant le rôle « d'archives » et de « mémoire scientifique » des milieux

Contrairement à la plupart des autres biens et services écosystémiques produits par les milieux humides, le service d'expérimentation et science recherche n'est pas nécessairement conditionné par un état de préservation spécifique. Tant que ces milieux existent, les champs de la recherche pourront étudier leurs évolutions, que celles-ci soient positives ou négatives (Asconit, Biotope, Crédoc, 2009). Ceci étant, il est possible de considérer que le maintien d'une diversité importante d'écosystèmes et des espèces qu'ils abritent permet l'expression d'un large champ de recherche. Une uniformisation des espaces peut donc conduire à une réduction de service. Par ailleurs, la dégradation de certains types d'écosystèmes particuliers peut conduire à la perte de « matière première » en termes de recherche scientifique. Comme décrit précédemment, ceci est notamment le cas de la tourbe.

Evaluation monétaire du service

Les études récentes d'évaluation des biens et services écosystémiques produits par les milieux humides menées au niveau national n'ont que très rarement proposé un chiffrage pour le service de recherche et de science. L'étude pilotée par le CGDD sur le Parc naturel régional des marais du Cotentin et du Bessin a eu recours au transfert de valeurs à partir d'une analyse conjointe intégrant une dimension « recherche et éducation » dans les attributs de questionnaire d'enquête (cf. Encadré 25). Issu d'une étude conduite en Grèce, ce recours au transfert de valeur n'apparaît pas comme pleinement satisfaisant au final. Dans l'idéal, l'application d'une méthode à préférences révélées apparaît comme la plus robuste. Elle se heurte toutefois à l'absence de données permettant de la décliner aussi bien au niveau local que national.

Encadré 25 – Evaluation économique des services rendus par les zones humides - Enseignements méthodologiques de monétarisation (CGDD, ACTeon, EcoVia, Cemagref, 2011)

Compte-tenu de l'absence de données au niveau local permettant d'appréhender à la fois la valeur éducative et la valeur scientifique des zones humides du Parc naturel régional des marais du Cotentin et du Bessin, l'étude pilotée par le CGDD a eu recours à la technique du transfert de valeurs à partir d'une approche originale de Birol *et al.* (2005) qui ont réalisé une analyse conjointe sur les zones humides du Cheimaditida (lac de 168 km² situé en Grèce). La recherche et l'éducation sont intégrées dans les attributs par les auteurs au même titre que la biodiversité, la superficie de lac non-couverte par des roselières ou encore le nombre d'agriculteurs et de pêcheurs formés à des pratiques environnementales. La valeur accordée à une meilleure exploitation des potentialités éducatives et scientifiques du site, notamment par son aménagement (passage du niveau faible au niveau élevé) est alors comprise entre 8,2 et 9,2 euros par personne interrogée (selon le modèle utilisé). En extrapolant ce chiffrage à la population concernée au sein du Parc naturel régional des marais du Cotentin et du Bessin, le service est évalué au final dans une fourchette allant de 470 000 à 720 000 euros par an.

Outre les limites de l'étude elle-même (pas de précision quant à la nature annuelle ou forfaitaire des consentements à payer obtenus), l'utilisation des valeurs de cette étude pose la question de la pertinence de sa transposition d'un site étranger à un site français. Son applicabilité à l'EFESE est par ailleurs rendue caduque par le fait que Birol *et al.* considèrent dans une même composante les dimensions éducatives et scientifiques du site étudié. Ces deux composantes sont en effet abordées comme deux services écosystémiques culturels distincts au sein du cadre conceptuel de l'EFESE.

Recherche d'un chiffrage national du service

L'évaluation à l'échelle nationale du service de recherche et de science lié aux milieux humides est rendue particulièrement complexe pour l'heure en raison de l'absence d'un référentiel regroupant l'ensemble des travaux de recherche menés dans le domaine sur le territoire. **La construction d'un tel référentiel permettrait d'isoler le nombre de chercheurs concernés, aussi bien dans le domaine public que dans le domaine privé, ainsi que les budgets associés.**

Fiche récapitulative

Présentation du service		
Fonctions écologiques → Ensemble des fonctions des milieux humides	Service → Expérimentation, Science	Avantages Création de connaissances Conduite de programmes de recherche fondamentale ou appliquée
Caractérisation du service		
Pratiques anthropiques permettant l'expression du service Mise en place d'actions de recherche fondamentale et appliquée		
Aspects économiques liés au service La recherche peut avoir une visée à destination commerciale		
Déterminants du niveau du service		
Déterminants en lien avec la biodiversité Diversité des espèces et des habitats	Déterminants en lien avec les pratiques de gestion Pratiques anthropiques à l'origine d'une uniformisation des espaces Exploitation et destruction de ressources fossiles (tourbe) jouant le rôle « d'archives » et de « mémoire scientifique » des milieux	
Evaluation monétaire du service		
<i>Pas de données chiffrées</i>		
Orientation des futurs travaux à conduire pour l'évaluation monétaire Construire un ensemble de référentiels et d'indicateurs permettant de caractériser l'importance à l'échelle nationale de l'effectivité du service de recherche et de science en lien avec les milieux humides. Ce travail devra permettre d'isoler le nombre de chercheurs concernés, aussi bien dans le domaine public que dans le domaine privé, ainsi que les budgets associés.		

AMENITES PAYSAGERES

Présentation du service

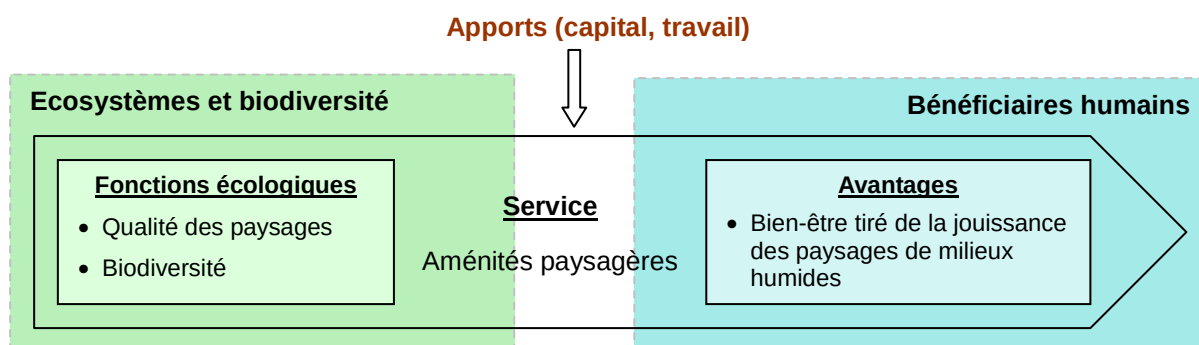
Le service d'aménités paysagères renvoie à l'intérêt paysager des milieux humides et au plaisir qui en est retiré par les individus.

Défini par la *Convention Européenne du Paysage* comme une : « partie de territoire telle que perçue par les populations, dont le caractère résulte de l'action de facteurs naturels et/ou humains et de leurs interrelations », le paysage est de par sa nature même très divers selon les grands types d'écosystèmes et au sein même d'un grand type d'écosystème. Il apparaît ainsi impossible de considérer un seul et unique paysage de milieux humides. Le traitement du paysage dans une perspective d'évaluation semble donc devoir se faire de manière individualisée.

Si le service d'aménités paysagères est appréhendé individuellement au sein du présent exercice, il entre en interactions avec de nombreux autres services culturels (tourisme fluvial, baignade, promenade, pêche de loisir, chasse de loisir, etc.) et avec la notion de patrimoine naturel.

Caractérisation du service

Figure 119 – Schéma des éléments constitutifs du service « aménités paysagères »



D'un point de vue économique, la dimension paysagère joue un rôle crucial. Élément d'attractivité d'un territoire, les paysages peuvent être directement à l'origine de visites sur site ou encore de pratiques d'activités récréatives. À cet effet, l'utilisation de paysages dans des campagnes publicitaires comme gage de qualité d'un espace ou d'une région est une pratique courante.

D'un point de vue social également, la dimension paysagère revêt un enjeu important, notamment lors de la construction d'aménagements anthropiques au sein de paysages considérés comme préservés jusque-là par une frange de la population. De nombreux exemples nationaux et internationaux de conflits, d'affrontements et de processus de conciliation permettent d'étayer cette problématique. Cette dernière renvoie par ailleurs aux caractéristiques intrinsèques du service d'aménités paysagères et dans la subjectivité dans la perception qu'en ont les différents individus d'une même société. Ainsi, un paysage pourra être source d'aménités plus ou moins importantes selon les individus considérés.

Principaux déterminants du niveau de service

Liens avec l'état et le fonctionnement des écosystèmes

Figure 120 – Déterminants du niveau de service en lien avec la biodiversité

Aspects de la biodiversité qui renforcent le service	Aspects de la biodiversité qui réduisent le service
○ Diversité des espèces et des habitats	

Plusieurs fonctions écosystémiques permettent de façonner les paysages au cours du temps. La fonction de production primaire donne lieu à la production et à la reproduction de la faune et de la flore. La formation des sols détermine les caractéristiques de la biomasse (nature, densité, etc.) (Asconit, Biotope, Crédoc, 2009).

Liens avec les pratiques de gestion

Figure 121 – Déterminants du niveau de service en lien avec les pratiques de gestion

Pratiques de gestion qui renforcent le service	Pratiques de gestion qui réduisent le service
<ul style="list-style-type: none"> ○ Mesures de protection des milieux humides ○ Valorisation des espaces 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Pollution des milieux humides par les activités anthropiques ○ Atteintes diverses aux habitats et espèces propres aux milieux humides ○ Pratiques anthropiques à l'origine d'une uniformisation des espaces

Éléments résultant initialement d'une combinaison de facteurs pouvant être qualifiés de naturels (végétation, sols, relief, etc.), les paysages ont été façonnés depuis plusieurs siècles par les activités humaines. Ainsi, au niveau national, il apparaît actuellement impossible de considérer que certains paysages de milieux humides ont été et sont toujours totalement préservés des activités humaines et résultent exclusivement de phénomènes naturels. La jouissance de paysages propres à ces milieux par la population peut donc être conditionnée par ce passif et les pratiques de gestion passées ou actuelles. Ainsi, une dégradation anthropique des milieux avec un impact sur les habitats et les espèces pourra réduire l'intérêt paysager de ces espaces. À l'inverse, la mise en place de mesures de protection ou de valorisation au travers de programmes reconnus pour permettre la préservation de paysages emblématiques ou typiques et donc de renforcer le service afférent.

Evaluation monétaire du service

Les interactions existant entre le service d'aménités paysagères en milieux humides et les autres services culturels à dimension récréative peuvent alors rendre complexe l'évaluation de ce service et générer des doubles-comptes. La pratique de la chasse ou de la pêche de loisir peut ainsi être motivée en partie par la dimension paysagère des sites visités.

Pour isoler la stricte composante paysagère d'une visite en milieux humides, le recours aux méthodes à préférences déclarées apparaît alors comme la plus adéquate. Cette méthodologie a ainsi fait l'objet de plusieurs applications pratiques au niveau local *via* la conduite d'études spécifiques, notamment sur le site du Parc naturel régional des marais du Cotentin et du Bessin (cf. Encadré 26).

Encadré 26 – Evaluation économique des services rendus par les zones humides – Enseignements méthodologiques de monétarisation (CGDD, ACTeOn, EcoVia, Cemagref, 2011)

Afin d'évaluer les aménités paysagères du Parc naturel régional des marais du Cotentin et du Bessin, une étude pilotée en 2011 par le CGDD a fait le choix d'enquêter directement la population *via* la méthode dite de l'analyse conjointe.

Dans le but d'éviter les doubles-comptes générés par les interactions entre ce service et les autres services à dimension récréative s'exprimant sur ce même site, la dimension paysagère a été couplée, au sein de l'analyse, à la notion d'accessibilité au site. *Via* le classement de différents scénarios qui leur étaient présentés, les individus interrogés donnaient alors une valeur uniquement au paysage qu'ils pouvaient visiter.

En moyenne, la population interrogée a accordé une valeur de 15 euros annuels aux aménités paysagères qu'elle retirait du site du Parc naturel régional des marais du Cotentin et du Bessin.

Le recours aux méthodes à préférences révélées pour évaluer monétairement ce même service d'aménités paysagères pourra également être possible *via* l'identification et la quantification des différents dispositifs de protection du paysage existants (Natura 2000, Patrimoine mondial de l'Unesco, etc.). Toutefois, ces dispositifs de protection concernent généralement des paysages remarquables ou exceptionnels. L'évaluation ne permettrait alors pas de capter l'ensemble du service d'aménités paysagères au niveau national.

Recherche d'un chiffrage national du service

Si le recours aux méthodes à préférences déclarées apparaît comme pertinent pour évaluer monétairement le service d'aménités paysagères des milieux humides, il apparaît hasardeux d'avoir recours à une extrapolation pour l'ensemble des milieux humides à partir de données issues d'une étude locale telle que celle développée dans l'Encadré 26. En effet, plusieurs types de paysages distincts existent selon les types de milieux humides. La valeur accordée à chacun d'entre eux par la population peut ainsi être considérée comme potentiellement variable.

La recherche d'un chiffrage national pour ce service semble donc devoir passer par la définition de paysages caractéristiques des différents types de milieux humides et par la conduite d'une enquête nationale auprès de la population permettant de déterminer à quel niveau monétaire sont valorisés ces différents paysages. Durant la conduite de cet exercice de chiffrage national, il conviendra de prendre en compte les limites quant à la multiplicité des valeurs attribuées aux différents paysages de milieux humides et à leur imputation à une population donnée. En effet, si un individu considère qu'il est prêt à payer annuellement une somme X pour préserver un paysage de marais, une somme Y pour préserver un paysage propre à un cours d'eau et une somme Z pour un paysage propre à un lac, il apparaît en revanche incertain de considérer que ce même individu sera prêt à payer l'ensemble de ces sommes (X + Y + Z) annuellement pour préserver les paysages sur lesquels il a formulé une réponse au sein de l'enquête.

Fiche récapitulative

Présentation du service	
Fonctions écologiques → Qualité des paysages Biodiversité Formation des sols	Service → Aménités paysagères
Avantage Bien-être tiré de la jouissance des paysages de milieux humides	
Caractérisation du service	
Pratiques anthropiques permettant l'expression du service Mise en place de mesures de valorisation des paysages	
Aspects économiques liés au service En tant qu'élément d'attractivité d'un territoire, les paysages peuvent être directement à l'origine de visites sur site ou encore de pratiques d'activités récréatives	
Déterminants du niveau du service	
Déterminants en lien avec la biodiversité Diversité des espèces et des habitats	Déterminants en lien avec les pratiques de gestion Mesures de protection des milieux humides Valorisation des espaces Pollution des milieux humides par les activités anthropiques Atteintes diverses aux habitats et espèces propres aux milieux humides Pratiques anthropiques à l'origine d'une uniformisation des espaces
Evaluation monétaire du service	
<i>Pas de données chiffrées</i>	
Orientation des futurs travaux à conduire pour l'évaluation monétaire Conduire une étude nationale permettant d'évaluer monétairement le service d'aménités paysagères des milieux humides. Cette étude pourrait consister en une évaluation nationale sur la base de préférences déclarées à partir de scénarii définissant un ensemble de paysages propres aux différents types de milieux humides présents en métropole et en outre-mer.	

Chapitre 9

-

Patrimoine naturel

LA NOTION DE PATRIMOINE NATUREL

Au-delà de la dimension utilitaire pour les sociétés humaines de la nature, que transcrit l'évaluation des biens et services écosystémiques, existe une dimension non-utilitaire que l'EFESE qualifie de patrimoniale. L'identification et l'évaluation des valeurs patrimoniales propres à chaque type d'écosystèmes présents au niveau national constituent un enjeu majeur dans la mesure où ces valeurs sont une source de motivation importante dans les décisions de protection des milieux.

Les valeurs patrimoniales couvrent un ensemble de réalités caractérisant le rapport non-utilitaire entre l'Homme et la nature. On y retrouve ainsi des valeurs de non-usage propres aux différents biens et services écosystémiques telles que des valeurs d'existence³⁶, de legs³⁷ ou altruiste³⁸. L'évaluation du patrimoine naturel peut également renvoyer à des notions de valeur identitaire, relationnelle, esthétique et spirituelle.

Les éléments des écosystèmes susceptibles d'être concernés par cette dimension patrimoniale peuvent être des sites naturels (aires protégées), des espèces (espèces endémiques, emblématiques ou rares), des individus particuliers (arbre remarquable) ou des processus écologiques (reproduction d'une espèce en un lieu donné).

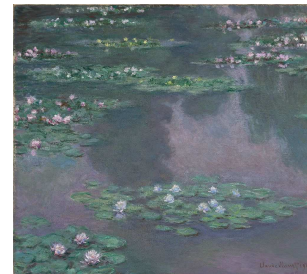
La reconnaissance des valeurs patrimoniales peut se manifester par des efforts de protection indépendants de tout usage. Par ailleurs, la labellisation, ou plus généralement la désignation d'un élément des écosystèmes et sa qualification, peut révéler son caractère patrimonial. Cette labellisation peut se manifester par l'association d'une pratique culturelle à un élément de biodiversité donné (expression artistique, photographie, gastronomie, identité territoriale, spiritualité).



Auguste Renoir, *La grenouillère*. 1869
(Nationalmuseum, Stockholm)



Auguste Renoir, *La Yole*. 1875
(National Gallery, Londres)



Claude Monet, *Nymphéas*. 1905
(Musée des beaux-arts, Boston)

Le patrimoine naturel est aussi reconnu par sa contribution à l'inspiration artistique et aux identités individuelles et collectives. Certaines espèces revêtent une forte dimension symbolique comme l'aigle ou l'abeille qui ont été associés au pouvoir. Les signes de reconnaissance des écosystèmes dans la peinture, la littérature, voire dans la musique sont nombreux et témoignent également du rôle fondamental que joue cette nature comme source d'inspiration. Certains lieux et espèces emblématiques sont à l'origine de légendes et à la base de l'identité collective de certains territoires. Enfin, certains habitats et certaines espèces ou individus peuvent revêtir une dimension sacrée pour certaines populations.

Au sein du présent rapport, le patrimoine naturel caractérisant les milieux humides est tout d'abord documenté à travers la présentation de différents statuts de protection réglementaire et labels. Au regard du caractère limitant des méthodes de monétarisation pour évaluer le patrimoine naturel, deux contributions originales permettent de rendre compte de leur dimension incommensurable.

³⁶ Volonté de préservation indépendamment de tout usage.

³⁷ Volonté de préservation pour les générations futures.

³⁸ Volonté de préservation pour l'usage d'autres personnes de la même génération.

RECONNAISSANCE SOCIALE ET PATRIMONIALE DES MILIEUX HUMIDES ET AQUATIQUES CONTINENTAUX : PROTECTIONS REGLEMENTAIRES ET INVENTAIRES

En France, la reconnaissance de la dimension patrimoniale des milieux humides et des différentes espèces inféodées à ces espaces repose, entre autres, sur l'existence d'un système de protection à caractère réglementaire.

Réseau Natura 2000 : des sites d'intérêt communautaire

Au même titre que les autres pays de l'Union Européenne, la France s'est engagée, en 1992, à mettre en place un réseau dit « Natura 2000 ». Prenant appui sur la *Directive Oiseaux* (1979) et la *Directive Habitats* (1992), ce réseau a pour objectif d'assurer la survie à long terme des espèces et des habitats particulièrement menacés, à forts enjeux de conservation en Europe.

Le réseau *Natura 2000* est constitué d'un ensemble de sites naturels identifiés pour la rareté ou la fragilité des espèces de la flore et de la faune sauvage et des milieux naturels qu'ils abritent. Ces sites sont désignés, par arrêt ministériel, en Zone Spéciale de Conservation (ZSC) ou en Zone de Protection Spéciale (ZPS). Les ZSC visent à préserver les espèces et habitats naturels d'intérêts communautaires d'après la *Directive Habitats*. Les ZPS concernent la conservation des oiseaux sauvages d'après la *Directive Oiseaux* (Cartographies en Annexe 15). En 2016, la France avait désigné 1 766 sites *Natura 2000*, pour une superficie égale à environ 12,85 % de son territoire métropolitain (Inventaire National du Patrimoine Naturel, 2016).

Les zones humides occupent 22 % de la partie terrestre du réseau *Natura 2000*. Les 78 % restants se répartissent de la manière suivante entre les différents milieux : 35 % de forêts, 26 % de landes et milieux ouverts, 15 % de zones agricoles et 2 % de territoires artificialisés (Ministère de l'Environnement, 2016).

ZHIEP et ZGSE : des espaces reconnus pour une gestion intégrée du bassin versant

Introduites par la loi relative au développement des territoires ruraux, les zones humides d'intérêt environnemental particulier (ZHIEP) constituent des espaces dont le maintien ou la restauration présente un intérêt pour la gestion intégrée du bassin versant ou une valeur touristique, écologique, paysagère et cynégétique particulière. Des programmes d'actions y sont définis sur la base des propositions concertées dans le cadre des SAGE, mais aussi en dehors des territoires. Ces programmes d'actions détaillent les mesures à promouvoir par les propriétaires, les objectifs à atteindre, les aides publiques potentielles ainsi que les effets escomptés sur le milieu.

Au sein des ZHIEP peuvent être délimitées des zones stratégiques pour la gestion de l'eau (ZGSE) qui contribuent de manière significative à la protection de la ressource en eau potable ou à la réalisation des objectifs du SAGE. Dans ces zones, des servitudes d'utilité publique peuvent être mises en place afin de restreindre certains usages incompatibles avec la préservation des zones humides. Le préfet peut, par arrêté, interdire aux propriétaires et exploitants de procéder à tout acte de nature à nuire « à la nature et au rôle ainsi qu'à l'entretien et à la conservation de la zone ». Certaines activités sont alors interdites (drainage, remblaiement, retournement de prairies). Le préjudice résultant de cette servitude peut faire l'objet d'une indemnisation (Eau France, 2017).

Plans nationaux d'actions en faveur des espèces menacées

En application des directives européennes « Oiseaux » et « Habitat, Faune, Flore », qui engagent au maintien et/ou à la restauration des espèces d'intérêt communautaire dans un bon état de conservation, la France a mis en place une batterie de plans nationaux d'actions (cf. Encadré 27).

Propres à une ou plusieurs espèces, ces plans d'actions visent 1) à organiser un suivi cohérent des populations, 2) à mettre en œuvre des actions coordonnées favorables à la restauration des espèces ou de leur habitat, 3) à informer les acteurs concernés et le public et à faciliter l'intégration de la protection des espèces dans les activités humaines et dans les politiques publiques.

Parmi les plans d'actions mis en place (liste exhaustive en Annexe 16), plusieurs concernent des espèces emblématiques inféodées aux milieux humides. À titre d'exemples, les plans d'actions propres à la loutre d'Europe et aux odonates sont brièvement décrits par la suite (Inventaire national du patrimoine naturel).

Encadré 27 – Elaboration d'un plan national d'actions (Inventaire national du patrimoine naturel)

Le MNHN propose une liste d'espèces nécessitant un plan national d'actions à la Direction de l'eau et de la Biodiversité du Ministère de l'environnement. Cette dernière initie les plans en question et désigne une DREAL pour coordonner chacun d'entre eux. La DREAL coordinatrice nomme un opérateur et un rédacteur du plan. La phase de rédaction bénéficie de consultations interministérielles et publiques. Une fois rédigé, le plan est soumis au Conseil National pour la Protection de la Nature pour validation. Le plan est enfin mis en œuvre par l'intermédiaire d'un comité de pilotage coordonné par la DREAL. Ce comité propose des orientations stratégiques et budgétaires et effectue le suivi et l'évaluation de la réalisation et des moyens financiers du plan. Il fixe également les actions prioritaires à mettre en œuvre.

La loutre d'Europe

Présente en métropole dans différents types de milieux humides (cours d'eau, lacs, étangs, mares, marais littoraux, etc.), la loutre d'Europe est une des espèces les plus emblématiques de ces écosystèmes. Ayant vu sa population et son aire de répartition sur le territoire baisser de manière significative au cours de la deuxième moitié du XX^e siècle du fait de diverses menaces d'origine anthropique (infrastructures routières, barrages, pollution des cours d'eau, etc.), la loutre d'Europe est devenue une espèce protégée en France. Ainsi, sa chasse est interdite depuis 1972. Par ailleurs, sa protection légale a été renforcée par la loi sur la Protection de la Nature du 10 juillet 1976.

Au niveau international, la loutre d'Europe est inscrite à :

- l'Annexe I de la CITES (1973), la convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction, ce qui implique que le commerce international des spécimens de loutres d'Europe est interdit, sauf lorsque l'importation n'est pas faite à des fins commerciales, mais par exemple, à des fins scientifiques,
- l'Annexe II (espèces de faune strictement protégées) de la Convention de Berne (1979) qui a pour but d'assurer la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe par une coopération entre les Etats,
- les Annexes II (espèces d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de zones spéciales de conservation) et IV (espèces d'intérêt communautaire qui nécessitent une protection stricte) de la Directive Habitats Faune Flore 92/43/EC (1992) qui a pour objectif de maintenir ou de rétablir la biodiversité dans l'Union Européenne.

Notamment du fait de sa dimension emblématique et identitaire, la loutre d'Europe fait également l'objet d'un plan national d'action dont l'objectif est le maintien des populations existantes et le retour sur son ancienne aire de répartition (ensemble du territoire métropolitain, sauf la Corse), cela dans les meilleures conditions possibles de cohabitation avec les activités humaines. Réunissant de nombreux acteurs (Ministère de l'environnement, DREAL, Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères, MNHN, ONCFS, Agences de l'Eau, associations, etc.), ce plan national d'actions s'articule autour d'une logique de réduction de la mortalité d'origine anthropique, de protection et restauration des habitats et d'amélioration de la disponibilité des ressources alimentaires dans le milieu naturel. La liste détaillée des actions est présentée en Annexe 17.

Les odonates

Caractéristiques de plusieurs types de milieux humides, plusieurs espèces d'odonates sont menacées de disparition du fait de facteurs d'origines anthropiques ou naturelles liés à la dynamique des milieux. Un plan national d'actions couvrant 18 espèces d'odonates³⁹ a ainsi été mis en place, avec pour objectif d'évaluer et d'améliorer l'état de conservation de ces espèces. Afin de ne plus faire reposer l'évaluation de l'état de conservation des espèces uniquement sur des dires d'experts, ce plan national d'actions propose la réalisation d'un protocole standardisé national d'évaluation, à partir de données quantitatives. Ce dernier doit permettre une meilleure comparaison entre les sites, ce qui permettra l'élaboration d'une meilleure stratégie spatiale. La liste détaillée des actions est présentée en Annexe 17.

³⁹ *Lestes macrostigma* (Eversmann, 1836), *Sympecma paedisca* (Brauer, 1877), *Coenagrion caeruleum* (Fonscolombe, 1838), *Coenagrion lunulatum* (Charpentier, 1840), *Coenagrion mercuriale* (Charpentier, 1840), *Coenagrion ornatum* (Selys & Hagen, 1850), *Nehalennia speciosa* (Charpentier, 1840), *Aeshna caerulea* (Ström, 1783), *Gomphus flavipes* (Charpentier, 1825), *Gomphus graslinii* Rambur, 1842, *Ophiogomphus cecilia* (Fourcroy, 1785), *Lindenia tetraphylla* (Vander Linden, 1825), *Macromia splendens* (Pictet, 1843), *Oxygastra curtisii* (Dale, 1834), *Leucorrhinia albifrons* (Burmeister, 1839), *Leucorrhinia caudalis* (Charpentier, 1840), *Leucorrhinia pectoralis* (Charpentier, 1825), *Sympetrum depressiusculum* (Selys, 1841).

RECONNAISSANCE SOCIALE ET PATRIMONIALE DES MILIEUX HUMIDES ET AQUATIQUES CONTINENTAUX : LABELLISATIONS

Au-delà d'une protection nationale reposant sur des aspects réglementaires, les milieux humides peuvent également faire l'objet d'une reconnaissance locale, nationale ou internationale via l'attribution de différents labels.

Convention de Ramsar : des zones humides d'importance internationale

Plus ancien accord mondial et intergouvernemental sur l'environnement, la Convention de Ramsar est née de la préoccupation de plusieurs pays et organisations non gouvernementales concernant la dégradation croissantes des habitats en zones humides pour les oiseaux d'eau migrateurs. Elle a été adoptée en 1971 et est entrée en vigueur en 1975. Elle regroupe aujourd'hui 169 pays, dont la France, devenue partie contractante en 1986.

Sur la base de différents critères (présence d'espèces menacées ou présence significative de certaines espèces à l'échelle mondiale), des zones humides situées sur les territoires des parties contractantes de la Convention peuvent être inscrites sur la liste des sites d'importance internationale. Les Parties contractantes s'engagent alors à gérer ces sites afin de maintenir leurs caractéristiques écologiques et de conserver leurs fonctions et valeurs essentielles pour les générations futures.

La portée et l'objectif des travaux de la Convention de Ramsar sont coordonnés au moyen d'un Plan stratégique et des plans de travail connexes qui énoncent les objectifs prioritaires et les mesures attendues ou demandées par les différents organes de la Convention (Ramsar, 2017).

Encadré 28 – Fonctionnement de la Convention de Ramsar en France (Ministère de l'Environnement, 2017)

Pour la France, le fonctionnement de la convention est assuré par :

- une autorité administrative : la direction de l'eau et de la biodiversité du ministère de l'environnement, notamment responsable de la désignation des zones humides sur la liste des sites Ramsar, pour lesquels elle doit assurer une gestion appropriée, mais aussi, plus largement, de mettre en œuvre une politique nationale pour les milieux humides afin de préserver et de gérer durablement ces derniers ;
- un point focal national, désigné par l'autorité administrative et qui assure notamment la liaison régulière avec le secrétariat de la convention et coordonne la mise en œuvre de la convention au niveau national ;
- un groupe national pour les milieux humides composé selon le système grenelle de gouvernance à 5, qui appuie le gouvernement dans la mise en place de sa politique milieux humides en général et de la convention de Ramsar en particulier ;
- le correspondant national du groupe d'évaluation scientifique et technique, expert technique reconnu et motivé dans le domaine des milieux humides. Il travaille en liaison avec des homologues des autres parties contractantes ;
- deux points focaux pour la communication, l'éducation et la participation du public, un gouvernemental et un non-gouvernemental. Ensemble, ils dirigent, au niveau national, le développement et la mise en œuvre de programmes nationaux de communication, éducation et participation du public. Le correspondant gouvernemental est la direction de l'eau et de la biodiversité et le correspondant non gouvernemental est la Société nationale de protection de la nature.

En juin 2017, 2 279 sites à travers le monde sont reconnus d'importance internationale pour une superficie totale de plus de 220 millions d'hectares. À cette même date, la France comptait 46 sites inscrits sur la Liste Ramsar, pour une superficie totale de plus de 3,6 millions d'hectares (cf. Figures X et X et Annexe X). Il convient de noter que plus de 60 % de la superficie totale des sites Ramsar en France concerne un seul site : la Réserve naturelle nationale des Terres australes françaises.

Chaque année, le 2 février, la *Journée mondiale des zones humides* commémore la signature de la Convention de Ramsar. Des organismes gouvernementaux, des organisations non gouvernementales et des groupes de citoyens à tous les niveaux de la société profitent de l'occasion pour lancer des actions de sensibilisation du public aux valeurs et aux avantages des zones humides en général, et de la Convention de Ramsar en particulier (Eau France, 2017).

Figure 122 – Nombre de sites Ramsar en France métropolitaine et ultra-marine et superficies associées en date de juin 2017 (Service d'information sur les sites Ramsar, 2017)

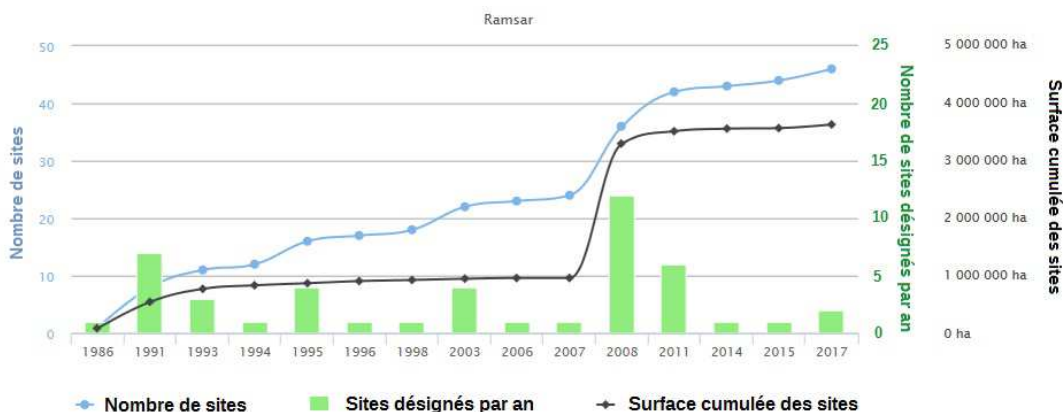
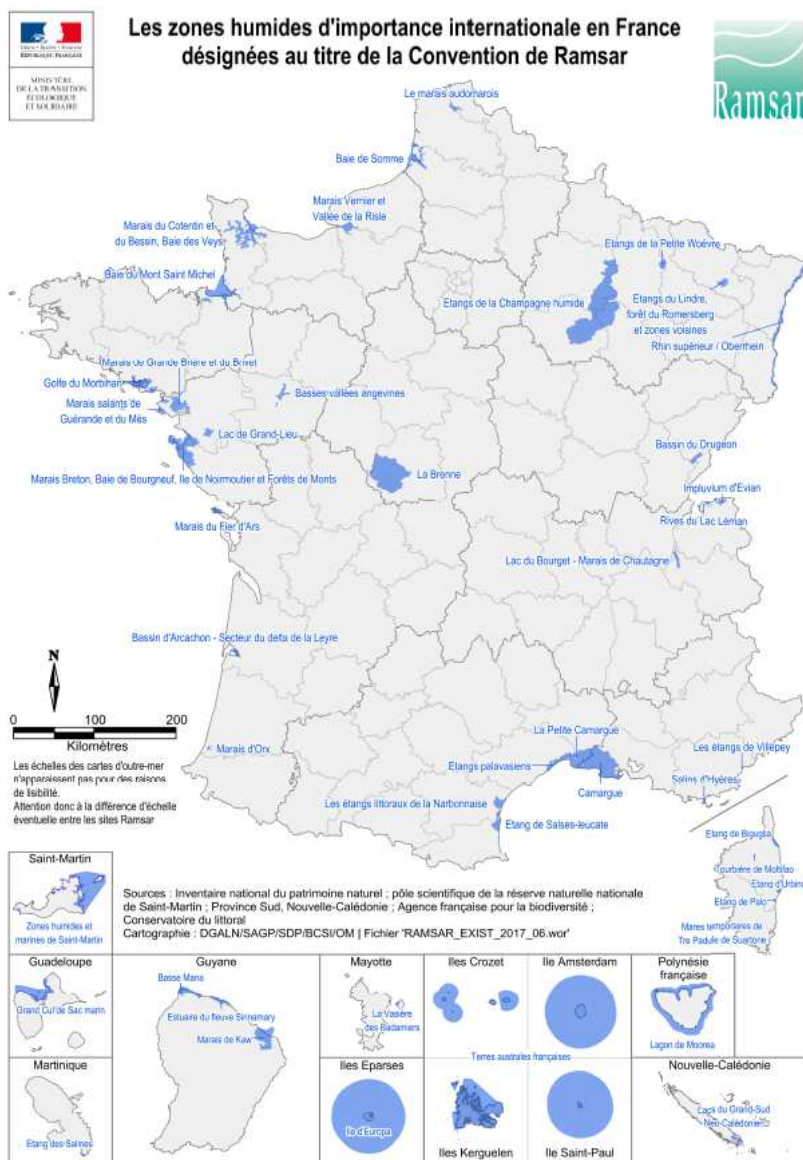


Figure 123 – Cartographie des sites Ramsar en France métropolitaine et ultra-marine en date de juin 2017 (Ministère de l'Environnement, 2017)



Patrimoine mondial de l'Unesco : des sites à valeur universelle exceptionnelle

La liste du patrimoine mondial de l'Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture (Unesco) regroupe des sites ayant une « valeur universelle exceptionnelle ». Ceci peut notamment être le cas de sites comportant des milieux humides. Ainsi, pour la France, sont inscrits au patrimoine mondial de l'Unesco le Mont-Saint-Michel et sa baie, le Golfe de Porto (calanche de Piana, golfe de Girolata, réserve de Scandola), ou encore les Lagons de Nouvelle-Calédonie (diversité récifale et écosystèmes associés) (Unesco, 2017).

Pour figurer sur cette liste, les sites doivent satisfaire à au moins un des dix critères de sélection, explicités dans les Orientations devant guider la mise en œuvre de la Convention du patrimoine mondial. Il convient de noter que ces critères sont régulièrement révisés pour rester en phase avec l'évolution du concept de patrimoine mondial (Détail des critères actuels en Annexe 19).

Sites inscrits et classés : des labels de reconnaissance nationale

Destinée à préserver des espaces et paysages présentant un intérêt général au point de vue artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque, la politique française des sites (cf. Encadré 29) permet de mettre en valeur de nombreux milieux humides à l'échelle nationale.

Encadré 29 – Politique des sites (Ministère de l'Environnement, 2017)

De la même manière que pour les monuments historiques, la loi sur la protection des sites s'effectue sur deux niveaux : l'inscription et le classement.

La mise en œuvre de cette législation relève de la responsabilité de l'État, et fait partie des missions du Ministère de l'environnement. Les programmes et projets de protections sont préparés par les DREAL, et soumis pour avis aux commissions départementales des sites. Les décisions de classement sont prises par décret, après consultation de la commission supérieure des sites et du Conseil d'État, ou plus rarement par arrêté ministériel. Dans les deux cas, elles interviennent après une instruction locale qui comprend une enquête publique, la consultation des collectivités locales et de la commission départementale. Les décisions d'inscription sont prises par arrêté du ministre chargé des sites après consultation de la commission départementale des sites.

Les décisions de classement ou d'inscription constituent une simple déclaration de reconnaissance de la valeur patrimoniale de l'espace concerné. Elles ne comportent pas de règlement comme les réserves naturelles, mais ont pour effet de déclencher des procédures de contrôle spécifique sur les activités susceptibles d'affecter le bien. En site classé, toute modification de l'état ou de l'aspect du site est soumise à une autorisation spéciale soit du préfet, soit du ministre chargé des sites après consultation de la commission départementale, préalablement à la délivrance des autorisations de droit commun. En site inscrit, les demandes d'autorisation de travaux susceptibles d'affecter l'espace sont soumises à l'Architecte des Bâtiments de France qui émet un avis simple sauf pour les travaux de démolition qui sont soumis à un avis conforme.

L'Etat peut par ailleurs attribuer, pour une durée de 6 ans, un label dit « Grand site de France » à une collectivité territoriale, un établissement public, un syndicat mixte ou un organisme pour sa gestion conforme aux principes du développement durable, conciliant préservation du paysage et de « l'esprit des lieux », qualité de l'accueil du public, participation des habitants et des partenaires à la vie d'un site classé. Exemples emblématiques de paysages de milieux humides, le Marais Poitevin et la Camargue gardoise se sont vu attribuer ce label, respectivement en 2010 et 2014 (Eau France, 2017).

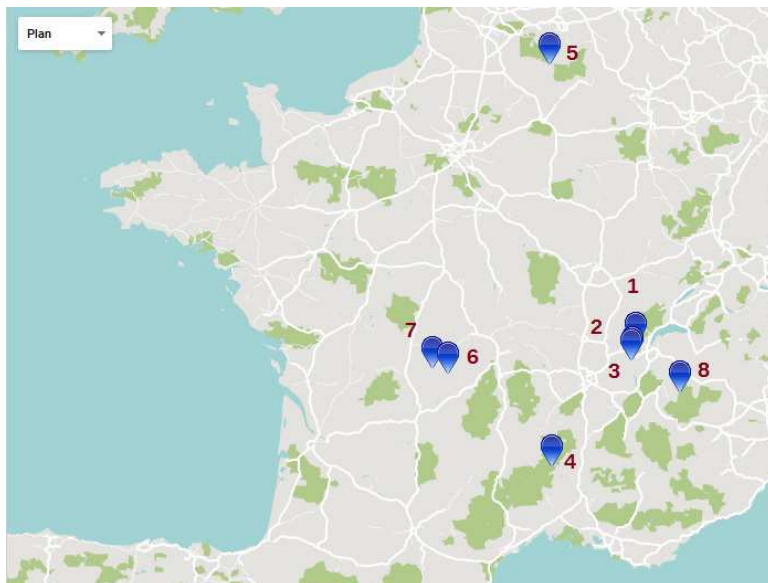
Rivières sauvages : un label de reconnaissance patrimoniale

Porté par Le Fonds pour la conservation des rivières sauvages et ERN France (*European Rivers Network*), le label « Site rivières sauvages » propose aux gestionnaires de milieux aquatiques un outil de conservation et de valorisation des rivières à très bon fonctionnement écologique (Agence de l'eau Seine-Normandie, 2016).

Bien qu'il n'existe plus, à proprement parler, de rivières totalement sauvages en France, ce label vise à reconnaître des rivières hautement patrimoniales qui ont subi peu, voire aucune altération liée aux diverses activités humaines destructrices (pollutions, aménagements lourds, prélèvements excessifs d'eau et de granulats, etc.). Ces rivières hébergent des populations animales et végétales abondantes et variées. Les activités économiques développées autour de ces rivières sont compatibles avec le maintien du très bon fonctionnement écologique de ces milieux (Rivières sauvages, 2017).

Le label est généralement délivré pour une durée d'environ 5 ans. Il est associé à la mise en œuvre d'un programme d'action s'étendant sur la même période. Entre 2014 (année de création) et janvier 2017, huit rivières françaises réparties sur quatre bassins hydrographiques différents se sont vues décerner le label « Site rivières sauvages » (cf. Figure 124).

Figure 124 – Liste des rivières labellisées « Site rivières sauvages » en date de janvier 2017 (Rivières sauvages, 2017)



	Rivière labellisée	Tronçon labellisé	Période de labellisation
1	La Valserine	La Valserine, de ses sources aux pertes (46 km)	Octobre 2014 - Fin 2018
2	La Vézeronce	La Vézeronce, des sources à la confluence avec le Rhône (10 km)	Avril 2016 - Fin 2019
3	La Dorches	La Dorches, des sources à la confluence avec le Rhône (12 km)	Avril 2016 - Fin 2019
4	La Haute Beaume et la Drobie	La Beaume de la source à la confluence avec l'Alune et La Drobie sur tout son linéaire	Mai 2016 - Décembre 2020
5	L'Artoise	L'Artoise du hameau de Cendron à la confluence avec le Gland	Juin 2016 - Fin 2021
6	La Gioune	La Gioune, de Féniers au hameau les Angles (14,7 km)	Juillet 2016 - Juillet 2021
7	Le Pic	Le Pic, de ses sources à l'amont du plan d'eau de Theillet (13 km)	Juillet 2016 - Juillet 2021
8	Nant Bénin (Torrent des Esserts)	Le Nant Bénin (ou Torrent des Esserts) et ses affluents (20 km)	Depuis Janvier 2017

DIMENSIONS SOCIALES ET PATRIMONIALES DES MILIEUX HUMIDES ET AQUATIQUES CONTINENTAUX : UNE VALEUR INCOMMENSURABLE ?

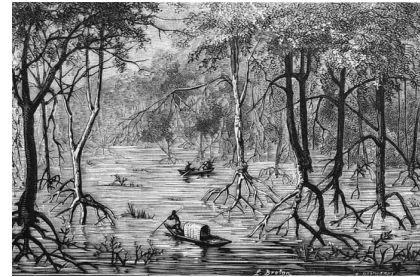
Si la création de mesures de protection et l'attribution de labels étaye l'importance que revêt la dimension patrimoniale des milieux humides, il apparaît complexe d'évaluer monétairement celle-ci. Plusieurs études, conduites aux niveaux national et international, ont tenté une telle évaluation, notamment par l'intermédiaire des méthodes à préférences déclarées (évaluation contingente, analyse conjointe) mais ont affiché des résultats très contrastés. Face aux différentes limites intrinsèques à l'exercice, l'EFESE a fait le choix de ne pas rechercher une évaluation monétaire du patrimoine naturel propre aux différents types d'écosystèmes présents au niveau national.

Comme l'étaye les deux contributions suivantes, de nombreux travaux plaident en ce sens, mettant en exergue les différentes perceptions et la potentielle incommensurabilité des nombreuses dimensions du patrimoine naturel des milieux humides.

Encadré 30 – Les représentations de la mangrove : racines et ramifications (l'exemple martiniquais)

(Contribution réalisée par Bertrand Morandi, Géographe au CNRS CNRS, UMR 5600 EVS, Université de Lyon, 2017)

« Nous voici entrés dans un dédale ou plutôt un taillis, je dirais presque une futaie de palétuviers, d'où nous aurons peine à sortir ». C'est ainsi que V. Meignan, voyageur, décrit en 1878 son débarquement en Martinique, à travers la mangrove de la baie de Fort-de-France. Les enchevêtrements de branches et de racines plongeant dans l'eau et la vase sont aujourd'hui encore au centre des représentations que les Martiniquais se font de la mangrove. Créant des espaces labyrinthiques, difficilement pénétrables, la mangrove apparaît bien souvent comme hostile à la présence humaine [1]. Certes elle ne porte plus, comme le pensait A. Moreau de Jonnés en 1822, le « *drap mortuaire des savanes* », ce brouillard morbide qui semblait « *demeurer attaché à la sommité des palétuviers* » et apportait des fièvres aux populations environnantes.



Gravure illustrant le récit de V. Meignan (1878). Il s'agit de la première représentation identifiée de la mangrove martiniquaise. [4] (Source Bibliothèque Numérique Manioc)

Mais elle reste dans l'esprit de nombre de Martiniquais un lieu malsain et insalubre. Certains quartiers urbains où se posent des problèmes d'humidité, d'hygiène ou d'insectes, sont ainsi significativement qualifiés de mangrove [2]. Mangrove urbaine et mangrove naturelle se lient alors dans les représentations négatives de la population. La mangrove devient dans les esprits un espace indistinct, marginalisé, paupérisé, abritant drogués et délinquants qui profitent des difficultés d'accès pour développer tous les trafics. Le quartier *Vieux-Pont* est sans doute le lieu qui incarne le mieux cet entrelacs de représentations, au point que pour certains Martiniquais interrogés (enquête CNRS, 2016-2017) le terme mangrove renvoie davantage à ce quartier de l'agglomération de Fort-de-France qu'au milieu littoral au sein duquel il se situe [3].

Il ne faudrait cependant pas faire de cette dimension négative l'unique et dominante. L'identité de la mangrove est ambiguë, « *monde insalubre et désordonné* » vu de l'extérieur, « *biosystème complexe foisonnant de vie* » perçu de l'intérieur [5]. Au-delà des supposés dangers qu'elle renferme, la mangrove est aussi l'objet de marques d'attachements forts et de représentations individuelles positives qui valorisent la luxuriance de sa végétation, la diversité de sa faune, la beauté de ses eaux colorées, le silence et le calme qui y règnent. Elle est présentée par certains Martiniquais enquêtés comme un médicament, un lieu de thérapie où ils viennent se ressourcer, se promener, observer la nature. Les entremêlements de racines ancrées dans l'eau et dans la vase, les mêmes qui rendent le lieu inaccessible et inhospitalier acquièrent une valeur esthétique certaine, faite de mystère, de mystique, de magique. Ce sont ces caractéristiques qui sont aujourd'hui mises en avant pour valoriser la mangrove dans le cadre d'activités de nature qui permettent de la découvrir à la fois par la mer et par la terre [6]. Les panneaux d'informations, les plaquettes, les journées avec les scolaires sont aujourd'hui en Martinique les supports d'une information et d'une sensibilisation qui ont un réel écho auprès de la population.

La connaissance de l'écosystème mangrove semble en effet bien développée. En créole, le même terme de mang, couramment employé, désigne à la fois la mangrove et le mangle, le palétuvier, connu comme spécifique du milieu. Le palétuvier rouge, avec ses racines échasses, est le plus emblématique pour les habitants, mais les palétuviers blancs et noirs à pneumatophores, sont également évoqués, témoignant d'une forme de connaissance des successions végétales, du front de mer à l'arrière-mangrove [7]. La mangrove apparaît d'ailleurs dans les discours comme une interface, une limite, une frontière entre la terre et la mer et qui, de par sa position assure un certain nombre de fonctions. Déjà J.B. Labat, chroniqueur du XVII^{ème} siècle, mettait en avant l'intérêt des palétuviers en matière de défense face aux débarquements militaires [8]. Les palétuviers, avec leurs racines échasses, véhiculent une image de stabilité et de sécurité qui semble trouver son origine dans l'histoire de l'île. Certains Martiniquais interrogés évoquent en effet le refuge qu'auraient trouvé dans la mangrove les esclaves en fuite. La mangrove est dotée d'une fonction protectrice, et ce encore aujourd'hui. Elle constitue, dans les représentations contemporaines, une barrière naturelle dressée face aux cyclones et aux tsunamis, un atout dans un contexte de changement climatique. Elle est également vue comme un filtre qui protège le milieu marin – herbiers et récifs coralliens – des pollutions terrestres d'origine humaine. Mais surtout la mangrove joue un rôle d'abri pour la faune. Elle représente « *un lieu de vie* », « *un lieu de naissance de la nature* », « *tout est là* », pour reprendre quelques expressions recueillies auprès de la population (enquête CNRS, 2016-2017). L'image d'une mangrove nurserie pour les juvéniles de poissons, de crustacés et d'oiseaux est ancrée dans les représentations [9]. Crabes, mantous, ciriques et cémafot, huîtres de palétuvier, palourdes ou soudons, ou encore poissons, mullets et kamo, la mangrove est perçue comme un espace de richesse faunistique, comme un abri face à la prédation.

.../...

.../...

Parce qu'elle assure ces fonctions protectrices, la mangrove doit elle-même être protégée. Ainsi se structure généralement l'argumentaire en faveur de la protection d'un espace perçu comme menacé. Cette représentation est consensuelle et résulte sans doute chez les habitants d'un mélange d'expériences individuelles du milieu et d'appropriation des messages véhiculés par les campagnes de sensibilisation environnementale. Les pollutions diverses, agricoles, industrielles, domestiques, apportées des bassins-versants par le ravinement et les cours d'eau sont communément dénoncées, plus que les dépôts volontaires de déchets qui, sans avoir disparus, renvoient davantage dans les discours à une réalité passée. Mais les destructions directes de mangrove, par la coupe, l'assèchement, le remblaiement, restent vécues comme la principale menace pesant sur les écosystèmes. La mangrove a toujours été considérée comme une réserve d'espace sur une île qui en manque [10], que ce soit pour le développement des activités économiques ou pour l'établissement d'habitations. D'autant que située sur le domaine public maritime et sur la bande des 50 pas géométriques elle a longtemps fait l'objet d'errements dans sa gestion [11] aujourd'hui encore critiquée. Cette gestion elle-même est objet de nombreuses représentations, certains dénonçant des passe-droits accordés par les autorités locales et étatiques à des privilégiés, notamment pour l'installation d'activités économiques, d'autres s'inquiétant de la multiplication des petits défrichements liés à une occupation résidentielle dont la légalité est discutée. Les enjeux de gestions sont sociopolitiques autant qu'environnementaux.

L'expression « mangrove de virtualités » a été proposée pour évoquer le système racinaire complexe de la culture créole [12]. Cette image pourrait être reprise en réflexivité pour qualifier les représentations plurielles et contrastées que les Martiniquais ont de la mangrove même. Qualifiée à la fois de dangereuse et d'agréable, perçue sans contradiction protectrice et fragile, la mangrove dispose, comme dans d'autres espaces culturels [13], d'une image contrastée. Les Martiniquais montrent une préoccupation pour la mangrove, qui semble construite autant sur des représentations de son intérêt écologique que sur une fréquentation ou des pratiques du milieu. Se cristallisent également au niveau de la mangrove, et plus largement de l'espace littoral, des problèmes qui dépassent le domaine environnemental et s'ancrent dans un contexte de représentations potentiellement conflictuelles des fonctionnements sociopolitiques en Martinique.

Contact : bertrand.morandi@free.fr

Ce texte s'appuie sur un travail documentaire et une campagne d'entretiens réalisés dans le cadre d'une « Étude en sciences humaines et sociales sur l'eau et les milieux aquatiques en Martinique » en cours de finalisation (2016-2017) par le CNRS (UMR 5600 Environnement Ville Société, ENS-Lyon) en partenariat avec l'Office de l'eau Martinique, le Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres et le CIRAD. Cette étude est réalisée sous la direction d'Anne Rivière-Honegger et de Marylise Cottet, avec l'appui de Cyrielle De Souza et Quentin Hejda.

[1] Barrau J. et Monbrun C., 1978. La mangrove et l'insertion humaine dans les écosystèmes insulaires des Petites Antilles : Le cas de la Martinique et de la Guadeloupe. *Social Science Information*, 17, 6, p. 897-919

[2] Boury F., 2014. Maîtriser la mangrove urbaine, une politique de réaménagement des quartiers pauvres et d'habitat spontané à Fort-de-France. *Informations sociales*, 6, 186, p. 109-116

[3] Domi S. et Rolle W., 2005. Vieux-Pont ou les oubliés de la mangrove. *Urbanisation, marginalisation à la Martinique*. Ibis Rouge Editions, Presses Universitaires Créoles, 91 p.

[4] Morandi B., Rivière-Honegger, A. et Cottet, M., 2015. *Étude en Sciences Humaines et Sociales sur l'Eau et les Milieux Aquatiques en Martinique. Les représentations et les pratiques associées aux cours d'eau*. CNRS, CIRAD, ODE Martinique, Onema, Rapport, 222 p.

[5] De Souza P., 1998. Mangrove de virtualités. *LittéRéalité* 10, 1, pp. 13-28

[6] Avau J., Cunha-Lignon M., De Myttenaere B., Godart M.F. and Dahdouh-Guebas F., 2011. The commercial images promoting Caribbean mangroves to tourists: Case studies in Jamaica, Guadeloupe and Martinique. *Journal of Coastal Research*, SI 64, p. 1277-1281

[7] Lebigre JM., 1999. Les marais à mangrove : les enjeux de la domestication d'un écosystème tropical. *Hérodote*, 93, p. 42-65

[8] Desse M., 2005. Perception et pratiques territoriales des littoraux de la Caraïbe. *Études caribéennes*, 3, [En ligne]

[9] Bouchon C., Bouchon-Navarro Y. et Louis M., 2002. « Les écosystèmes marins côtiers des Antilles », In Blanchet G., Gobert B. et Guérédrat JA., *La pêche aux Antilles*. IRD Editions, p. 21-43

[10] Saffache P., 2002. Les mangroves caribéennes : des milieux fragiles nécessitant une politique de gestion et de protection adaptée. *Rev. For. Fr.*, 4, p. 329-336

[11] Klein J., 2003. Domaine public, réserve domaniale dite des "50 pas géométriques" : entre la France et l'outre-mer, quelles différences ? *Géoconfluences*, [En ligne]

[12] Bernabé J., Chamoiseau P., Confiant R., 1993. *Eloge de la créolité*. Gallimard, Edition bilingue, 129 p.

[13] Cormier-Salem M.-C., 1999. La mangrove : de l'imaginaire aux pratiques. In Cormier-Salem M.-C., *Rivières du Sud. Sociétés et mangroves ouest-africaines*. IRD Editions, p. 381-394

Encadré 31 – Zones humides et services culturels – Une approche par la littérature et le sacré

Encadré établi sur la base d'une contribution réalisée par Bertrand Sajaloli, Maître de conférences en géographie, EA 1210 CEDETE, Université d'Orléans, Groupe d'Histoire des Zones Humides et Etienne Grésillon, Maître de conférences en géographie, UMR CNRS 7533 LADYSS, Université Paris Diderot

Avertissement : Cet encadré reprend de manière synthétique quelques éléments prépondérants de la contribution de Messieurs Sajaloli et Grésillon. Le texte intégral de leur contribution est repris au sein de l'Annexe 20 de ce rapport.

La littérature, un agent géographique pour les zones humides ?

- Une approche sémiotique des lieux d'eau

La géographie est une science qui s'interroge sur les conditions biophysiques du milieu, sur l'organisation des sociétés, sur le droit, l'économie, en somme sur tous les facteurs concrets à l'origine de la production d'espace. Mais une fois que les milieux naturels ou peu anthropisés ont été passés dans ces tamis factuels, il reste encore beaucoup d'éléments inexplicables d'ordres affectif ou métaphysique, d'ordre culturel, qui motivent des décisions de nature et conditionnent des organisations paysagères. C'est ce que nous traquons en examinant le rôle et l'image de la littérature dans les zones humides.

Par exemple, dans les marais de la Souche, au nord de Laon (Aisne), il est possible d'identifier des paysages de la « peur de mourir » dans les peupleraies mal venues du centre hydromorphe de la zone palustre. En effet, lorsque les paysans des riches plaines d'agriculture intensive voisines veulent transmettre leurs biens, c'est souvent à leurs petits-enfants qu'ils lèguent les parcelles de marais. Or ils ne souhaitent pas leur proposer de l'herbe et des prairies humides, mais, au contraire, ils y plantent des arbres, plus conformes au désir de laisser un souvenir, ce qui constitue pourtant une totale aberration écologique et économique. [...]

Par leur ambivalence physique et symbolique, par leur moindre intégration dans les marchés économiques mondialisés qui autorise une plus grande expression de l'imaginaire, les zones humides, entre terres et eaux, entre vie et mort, se prêtent bien à cet exercice de géographie culturelle. Dès lors, se pose une série de questions : la littérature, en forgeant des représentations susceptibles de guider le choix des gestionnaires, est-elle un moteur géographique qui permet de comprendre les types de paysages et donc les types d'écosystèmes dans les zones humides ? D'un point de vue méthodologique, le travail s'effectue selon l'approche sémiotique : sont étudiés le sens des mots et la manière dont la littérature utilise les zones humides pour dégager des sentiments. Il s'agit également de voir de quelle manière les zones humides sont représentées par la littérature.

Le corpus étudié comprend 230 romans, tous datant d'après 1945 regroupant aussi bien de grands succès de librairie, pour être certain de bien repérer une vision partagée par le plus grand nombre, que des ouvrages plus confidentiels, des romans policiers que de la littérature pure, des écrits francophones que traduits. Évidemment, le guide de référence est l'extraordinaire ouvrage de Gaston Bachelard, *L'eau et les rêves. Essai sur l'imagination de la matière*, publié chez Joseph Corti en 1942, qui définit un certain nombre d'archétypes (les eaux claires et courantes qui sont les eaux narcissiques et amoureuses, les eaux claires et lustrales du baptême, les eaux profondes, dormantes, qui sont celles de la mort et du surnaturel, les eaux composées, mêlées de terre, qui sont celles de la naissance de la vie...). L'objectif est de déterminer si on retrouve les figures bachelardiennes aujourd'hui et si de nouveaux archétypes ne sont pas apparus.

- Eaux dormantes, eaux signifiantes : les figures littéraires des zones humides

Parcourir les zones humides, c'est d'abord entrer dans un monde de *désirs, de plaisirs et de dérèglements*. Dans un grand nombre de livres, surtout près des étangs, les couples se retrouvent. Le plaisir et le désir sont présents chez ce formidable écrivain finlandais, Arto Paasilinna, notamment dans *Un homme heureux*. [...]

La deuxième figure est celle de *l'harmonie avec la nature* très fréquente dans les livres pour enfant où mares et étangs génèrent une vision édénique de la nature. On la rencontre beaucoup dans la littérature, qu'elle soit policière ou classique, par exemple dans l'ouvrage d'Henning Mankell *La lionne blanche*, où ressort une image de communion homme-nature. [...]

La troisième figure est celle *des ruptures et des secrets*. En remuant une eau stagnante, en vidant un étang, on fait réapparaître des secrets enfouis. C'est très souvent la base de narrations, policières ou non, comme chez Indridason (*L'homme du lac*) ou Fred Vargas (*Sous le ventre de Neptune*) où la folie meurtrière de Fulgence est déclenchée par l'assassinat de ses parents dans un étang de Sologne. [...]

La quatrième figure relève de *la laideur, de la peur et de la bassesse*, surtout dans le monde des tourbières et des vases, où l'organique est extrêmement présent. Par définition, c'est le lieu où les gens perdent leur morale et leur dignité, où les meurtres les plus affreux se commettent. De même, un trouble et une perte de contrôle de soi apparaissent au contact de la fange et des odeurs fortes de la matière humide, notamment chez Irène Némirovsky (*Suite française*) et chez Madame de la Fayette (*Voyage en Italie*). [...]

La cinquième figure est *le surnaturel, le lieu de communication avec les dieux*, elle est très fréquente dans les tourbières et beaucoup utilisée dans la littérature fantastique comme par exemple chez HP Lovecraft dans *La tourbière hantée*.

.../...

.../...

Enfin, la sixième et dernière figure est celle de la *mort* : on meurt beaucoup près et dans les zones humides, soit volontairement, par suicide, soit au bout d'âpres combats, la conjonction entre la violence de la lutte et l'inhospitalité du marais déterminant un archétype guerrier droit issu d'Hannibal qui perdit un œil dans les marais du lac Trasimène. [...]

Ces six figures sont fréquemment étroitement mêlées dans les œuvres littéraires, ce qui renvoie au caractère ambivalent des zones humides. [...]

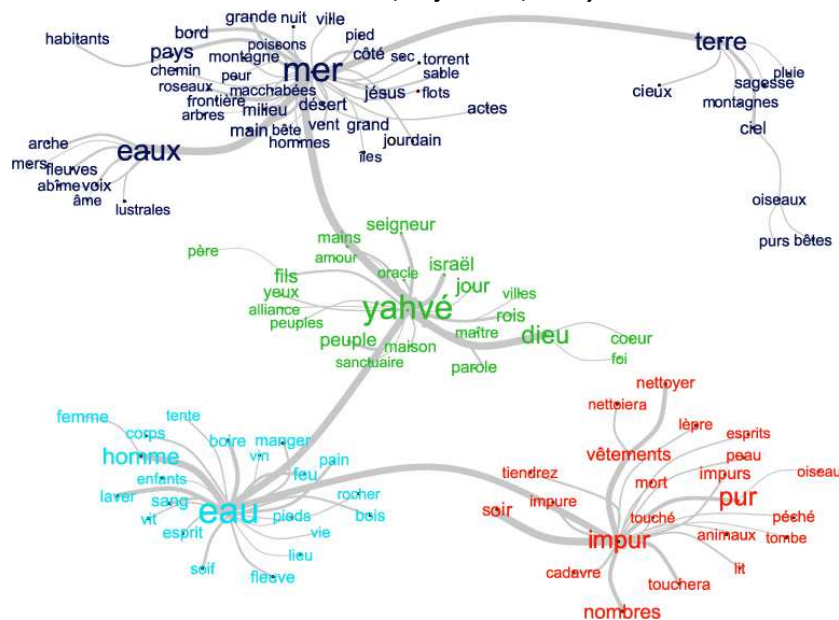
Les zones humides ou le jaillissement du sacré

Dans la Genèse, Dieu intervient fortement dans les paysages de l'eau, qui *de facto* signent sa puissance créatrice. Le premier récit biblique de la création commence par cette évocation : « La terre était vague et vide, les ténèbres couvraient l'abîme, l'esprit de Dieu planait sur les eaux » (Gn 1, 2). Dans ce chaos des origines, qui s'apparente à un immense paysage humide, à un marécage planétaire, Dieu met de l'ordre en focalisant son attention sur les masses d'eau. Il s'emploie, le deuxième jour, à séparer les eaux d'en haut des eaux sous le firmament. Il scinde ensuite, le troisième jour, les continents et les mers. De ces masses inertes, il fait, le cinquième jour, des eaux qui grouillent d'un pullulement d'êtres vivants (Gn 1, 20). C'est également avec l'eau que se referme l'Apocalypse avec son fleuve irrigant la Jérusalem céleste : elle est donc omniprésente dans la symbolique chrétienne. Ainsi, de l'espace primitif boueux des origines, le dieu chrétien crée un monde où terre et eau sont séparées. L'humide connaît son ambivalence fondamentale : il est tout à la fois force de vie et chaos inachevé.

Aussi étonnant que cela puisse paraître, cette ambivalence sacrale se retrouve non seulement dans les autres religions du Livre (islam, judaïsme) mais encore dans les grandes religions de la planète. L'eau y revêt partout des fonctions spirituelles essentielles : des rites de naissance à ceux du trépas, elle est associée quotidiennement à toutes les pratiques culturelles. Par extension, les territoires de l'eau, les zones humides, constituent également des paysages sacrés dont les pouvoirs d'intercession auprès du divin épousent étroitement leurs formes terrestres. Marais, mers, lacs, fleuves, sources dessinent ainsi autant de voies particulières, autant de chemins spirituels pour rapprocher les hommes des dieux. [...]

L'arbre des similitudes issu de l'analyse textuelle de la Bible oppose en effet les eaux génésiaques créées par Yahvé (en haut sur la figure ci-dessous) aux eaux continentales marquées par l'ambivalence pur-impur. Les eaux turpides représentent un monde dans lequel Dieu n'agit pas en faveur du vivant, alors que les eaux transparentes remuantes invoquent un Dieu acteur pour une félicité spirituelle et terrestre.

Le partage des eaux bibliques (Bible de Jérusalem, Arbre des similitudes après traitement Iramuteq, © Grésillon E., Sajaloli B., 2016)

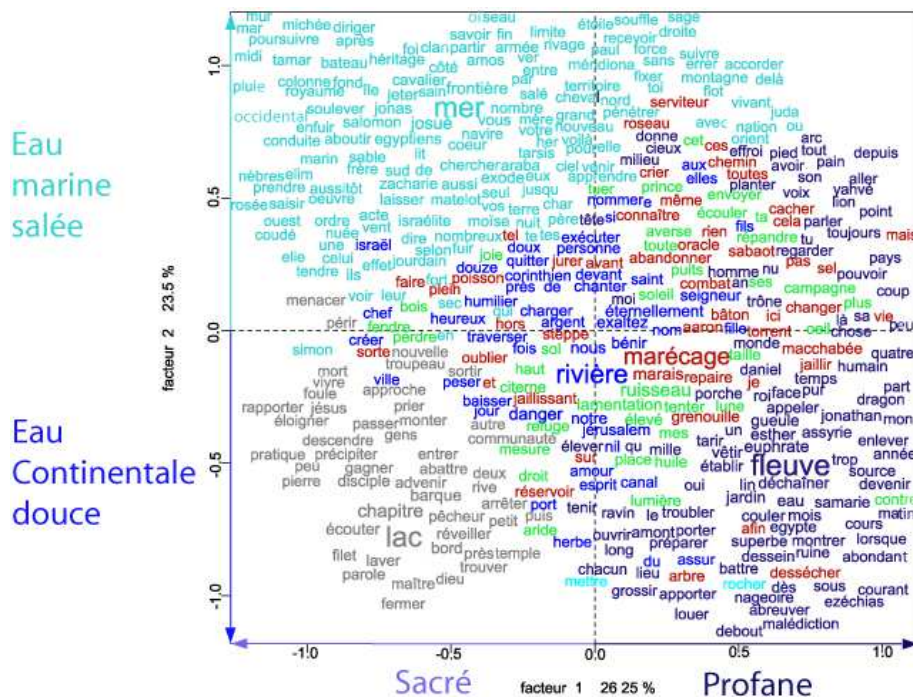


De même, l'analyse factorielle des correspondances (cf. figure ci-dessous) opérée d'après toutes les mentions de l'eau et de ses milieux dans la Bible, distingue deux axes (du sacré au profane et des eaux marines aux eaux continentales) et associe à chaque type de zone humide un champ lexical et spirituel. La mer, fortement marquée par l'exode vers l'Égypte et l'épisode de Jonas, renvoie à la force divine. Le lac signe la prodigalité de Dieu, le fleuve et la rivière sont intimement liés à l'homme, à son usage et à son contact avec le sacré par le baptême tandis que les marais et marécages, déserts humides, sont soit des lieux de châtement, soit des lieux de manifestation de la bonté divine. .../...

.../...

Il est frappant de voir avec quelle intensité cette vision duale des eaux a marqué les perceptions et représentations de la nature, et plus particulièrement des zones humides, dans les religions du Livre (christianisme, judaïsme, islam).

Les zones humides dans la Bible, des fonctions sacrales différenciées (Bible de Jérusalem, Analyse factorielle des Correspondances après traitement Iramuteq, © Grésillon E., Sajaloli B., 2016)



Conclusion

Comparées, les approches littéraires et sacrales des zones humides dévoilent de grandes similitudes, le symbole religieux donnant lieu, dans les œuvres de fiction, à un récit illustratif. [...]

Sacralisée dans tous les religions et croyances (Gritti, 2010 ; Hidirolou, 1994), l'eau transmet universellement ses pouvoirs divins aux espaces qu'elle détermine : sources, marais, fleuves, mers et lacs acquièrent ainsi des fonctions religieuses et suscitent des cultes, sacrifices et processions. Yves-François Le Lay (2017), évoquant Elysée Reclus, affirme que « valorisée dans toutes les cultures, l'eau structure et fédère l'espace réel et imaginé ». Elle distingue également d'après Durand (1992) le pur de l'impur, assure la continuité entre tous les moments de la vie terrestre, les relie à des lieux et à des symboles. Mi-terre mi-eau, mi-dieux mi-hommes, entre la vie – qui naît de l'élément liquide – et la mort – qui, organique, compose les écosystèmes humides –, les lieux d'eau sont, en raison même de leur indécision ontologique, les objets naturels privilégiés pour le contact entre l'ici-bas et l'au-delà (Sajaloli, 2006). Pourtant, l'onde sacrale semble très influencée par la matrice terrestre qu'elle irrigue, comme si la géographie était en quelque sorte susceptible de segmenter l'action divine en des fonctions spécifiques et dûment localisées. La typologie écologique, voire fonctionnelle, des lieux d'eau (Barnaud, 1998 ; Fustec et Lefeuvre, 2002) renvoie ainsi à une gamme particulière de manifestations surnaturelles qu'il s'agit de cerner, tout en affichant bien sûr une grande prudence tant la multiplicité et la complexité des situations géohistoriques et spirituelles rendent complexe toute tentative de systématisation. Les contrastes entre eaux stagnantes et courantes, entre marais et rivières, illustrent sommairement cette géographie spirituelle des zones humides. [...]

L'eau et les zones humides qu'elle détermine, en offrant la possibilité d'influer sur le Bien et le Mal, suscitent en retour une gestion profane influencée par le sacré, et ce souvent même à l'insu des gestionnaires (Grésillon et Sajaloli, 2017). De même, la force spirituelle de la nature est telle que l'Église catholique y trouve aujourd'hui une nouvelle jouvence (Grésillon et Sajaloli, 2015).

Mais notre hypothèse est que le lien entre littérature et sacré est souvent non conscientisé, que se noue donc entre l'être humain et le lieu d'eau une inter-relation extrêmement complexe qui renvoie non seulement à la trajectoire de vie de chaque individu mais aussi à celle de l'aménagement de la zone humide, en particulier par ses trajectoires paysagères. En outre, cette relation est spécifique à chaque individu et ne peut être ramenée sans réduction à des stéréotypes socio-culturels. Enfin, chaque zone humide est fréquentée, imaginée par des personnes extrêmement différentes les unes des autres par leurs origines géographiques, culturelles, religieuses mais aussi par leurs territoires de vie (ville, campagne, etc.).

Chapitre 10

-

Contraintes

Sources de nombreux biens et services écosystémiques dont les êtres humains tirent des avantages, les milieux humides peuvent également être à l'origine de nuisances pour ces mêmes sociétés humaines. Afin d'étayer cette notion de « contraintes », le présent chapitre en détaille deux exemples caractéristiques, celui des moustiques et celui de la production de méthane.

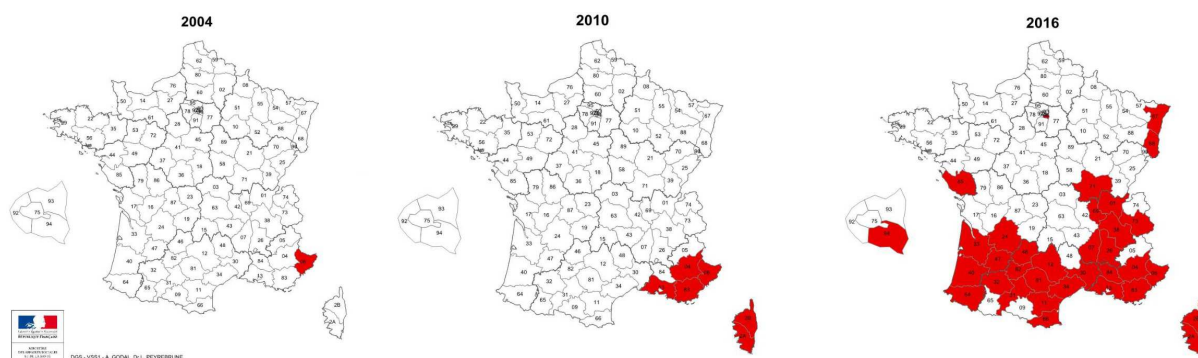
MOUSTIQUES

Exemple le plus régulièrement cité lorsqu'il s'agit de mettre en avant des nuisances relatives aux milieux humides, la présence de moustiques a souvent conduit la population à considérer les espaces tels que les marais ou les tourbières comme insalubres et vecteurs de maladies.

Bien que, parmi les 3 500 espèces de moustiques vivant dans le monde, seules 200 environ s'attaquent aux êtres humains (Foussadier, 2016)⁴⁰, ces insectes peuvent en effet être impliqués dans des cycles de transmission de virus en jouant le rôle de vecteur depuis un réservoir porteur d'un agent pathogène vers un hôte. Des cas de paludisme étaient encore recensés, au cours du XIX^e siècle, dans les milieux humides de Sologne, de Camargue et en Dombes (Roche et Vittecoq, 2016)⁴¹.

Plus récemment, l'arrivée puis la progression du moustique tigre (*Aedes albopictus*) du sud-est vers le nord de la métropole, ainsi que son adaptabilité aux milieux urbains, ont fait renaître la défiance de la population vis-à-vis des moustiques, notamment en termes de transmission de virus tels que la dengue, le chikungunya et le zika (Roche et Vittecoq, 2016). La Figure 125 détaille la progression du moustique tigre en France métropolitaine sur la période 2004-2016.

Figure 125 – Progression du moustique tigre en France métropolitaine entre 2004 et 2016 (Ministère en charge de la Santé, 2017)



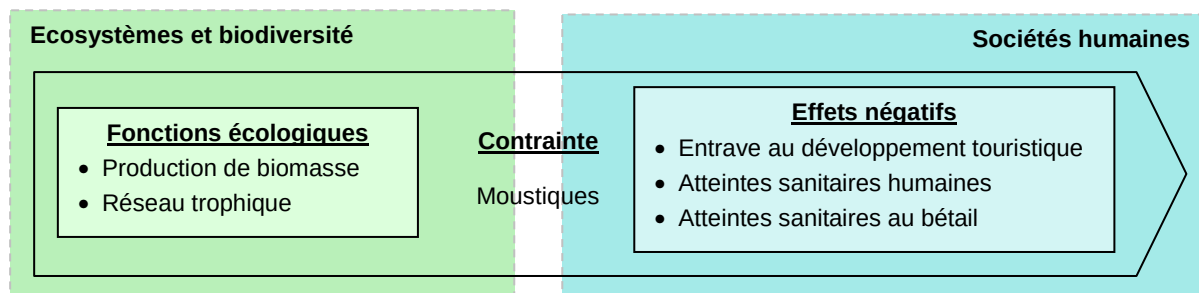
Outre les atteintes sanitaires directes aux êtres humains, la présence de moustiques en milieux humides peut représenter une source générale d'inconfort qui peut entraver le développement touristique, comme en atteste l'exemple historique du littoral méditerranéen (cf. Encadré 32). Enfin, parce qu'ils s'attaquent également au bétail, les moustiques peuvent également constituer une contrainte pour les activités agricoles.

La Figure 126 synthétise sous forme de schéma les tenants et aboutissants de la contrainte « moustiques » pour les sociétés humaines.

⁴⁰ En France, on dénombre 64 espèces de moustiques en métropole, 12 à la Réunion, 40 à Mayotte, 22 en Martinique, 30 en Guadeloupe et 228 en Guyane (Ferré, 2016).

⁴¹ Il convient de noter que tous les moustiques ne peuvent pas transmettre tous les virus. La compétence vectorielle vis-à-vis d'un pathogène est propre à chaque espèce. En sus, la capacité vectorielle de chaque espèce varie dans le temps et dans l'espace en fonction de différents critères (température, abondance du vecteur et de l'hôte, affinité du vecteur pour l'hôte, longévité du vecteur) (Ferré, 2016).

Figure 126 – Schémas des éléments constitutifs de la contrainte « moustiques »



Au-delà des dépenses individuelles de protection (diffuseurs électriques, aérosols, répulsifs cutanés, bracelets, etc.) consenties par la population, des mesures correctrices et d'adaptation plus globales ont régulièrement été mises en place pour faire face à cette contrainte. Ainsi, dès 1964, on note l'apparition d'un premier cadre juridique en métropole visant à instituer une lutte contre les moustiques, dans le but de favoriser le développement du tourisme dans la frange littorale du Languedoc-Roussillon (Cizel, 2016). Des actions de démoustification et d'assèchement des milieux humides ont ainsi été pratiquées de manière récurrente en métropole. L'approfondissement des connaissances sur les milieux humides et sur l'importance de préservation de la biodiversité a, depuis plusieurs décennies, fait naître de nombreux débats quant aux conséquences réelles de ces actions correctrices, sans que la recherche ne parvienne toujours à trancher de manière définitive sur l'importance des populations de moustiques dans le réseau trophique et la chaîne alimentaire.

Ainsi, de récents travaux américains ont estimé que la disparition des moustiques, se déplaçant en été sous la forme de vastes nuages sur la toundra arctique du nord du Canada et de la Russie, aurait pour conséquence de diviser par deux le nombre d'oiseaux migrateurs sur ces mêmes territoires. En France, des études conduites en Camargue ont étayé que la reproduction d'hirondelles de fenêtrées ou les effectifs de libellules se trouvaient perturbés par l'usage de larvicides dans le cadre des opérations de démoustification (Foussadier, 2016). Toujours en Camargue, ces mêmes études ont démontré que les populations d'araignées étaient également largement affectées par les traitements permettant de lutter contre les moustiques (Poulin, 2016) (cf. Encadré 32).

Encadré 32 – Démoustification sur le littoral méditerranéen : impacts sur la faune non-cible (Tour du Valat)

Afin de gérer les gênes occasionnées par la présence des moustiques sur le littoral méditerranéen, un organisme public, l'Entente Interdépartementale pour la Démoustification (EID Méditerranée), fut créé dans les années 1960. Sous son égide, se sont mises en place des opérations de démoustification dites de « confort ».

Dans un premier temps, ces opérations étaient réalisées à l'aide d'insecticides d'usage général de type organophosphorés, produits non sélectifs, et affectant donc aussi bien les vertébrés que les invertébrés. Au-delà des moustiques, une petite quantité de ces produits suffit ainsi à tuer un oiseau soit par inhalation de particules, soit par contact dermique avec le nuage de pulvérisation ou la végétation contaminée, soit par ingestion de nourriture contaminée ou de résidus durant le toilettage du plumage.

Dans les années 1970, la découverte du Bti (*Bacillus thuringiensis israelensis*), insecticide biologique très sélectif et peu toxique pour la faune non-cible, a permis de modifier les types de traitements et de limiter les conséquences sur l'ensemble de la biodiversité. Néanmoins, quelques impacts de l'utilisation du Bti sur la faune non-cible demeurent. Ceux-ci concernent principalement les chironomes dont l'écologie est proche de celle des moustiques. Ces diptères non-piqueurs représentent un maillon essentiel du réseau trophique. Pendant leur stade larvaire aquatique, ils servent de ressource alimentaire à de nombreux organismes prédateurs (larves de libellules, amphibiens, poissons, canards, limicoles, flamants). Au stade adulte qui est aérien, ils sont également consommés par de nombreux organismes terrestres comme les araignées, les libellules, les passereaux et les chauves-souris. Les effets du Bti sur la faune non-cible sont donc susceptibles d'être principalement indirects, en agissant au travers du réseau trophique.

Des suivis sur la faune non-cible réalisés par la Tour du Valat ont révélé quelques effets marqués. « Chez les hirondelles, la forte réduction de moustiques et de chironomes (78 %) sur les sites traités se traduit par une modification du régime alimentaire des poussins, ce qui réduit leur survie. Une consommation moindre

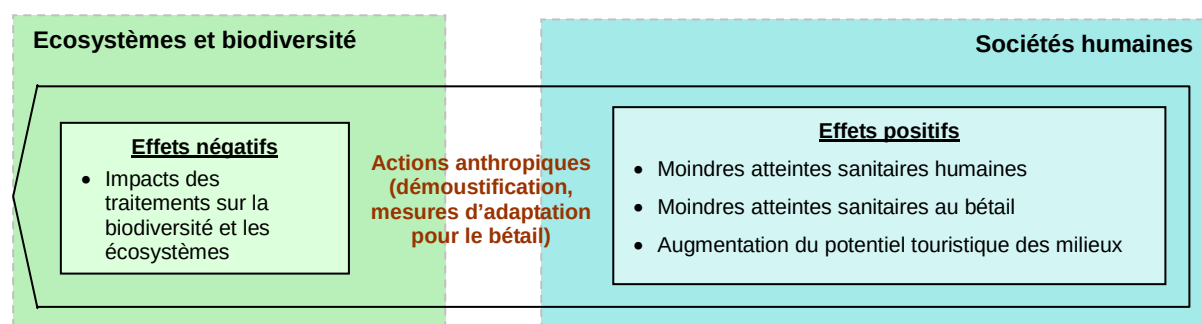
.../...

.../...

de nématocères, de libellules, de neuroptères et d'araignées est observée sur les sites traités, parallèlement à une consommation supérieure de fourmis volantes, plus difficiles à digérer. La production de jeunes est réduite d'un tiers, ce qui se traduit déjà par une baisse de 62 % de la taille des colonies ces dernières années. Le suivi des invertébrés dans les roselières révèlent pour sa part une réduction des disponibilités alimentaires pour les passereaux paludicoles de l'ordre de 39 %, avec notamment une baisse de 58 % chez les araignées. Cette proie appréciée par les passereaux pour sa valeur nutritive est particulièrement consommée par la Lusciniole à moustaches, une espèce associée aux roselières, vulnérable en France et en Europe. »

A l'inversé, sur ces mêmes questions, des travaux menés sur des oiseaux d'Alaska ou de la plaine d'inondation du Rhin ainsi que sur des chauves-souris en Australie montrent que les moustiques ne se trouvent pas en quantité plus importante que d'autres diptères dans l'estomac de ces animaux. De ce fait, la disparition des moustiques pourrait être compensée par ces prédateurs par la consommation d'autres insectes (Foussadier, 2016). La Figure 127 détaille les effets résultant potentiellement de la mise en place de mesures correctrices à la contrainte « moustiques ».

Figure 127 – Schémas des éléments constitutifs de la mise en place de mesures correctrices à la contrainte « moustiques »



L'exemple de la contrainte « moustiques » démontre le fait que les milieux humides ne sont pas exclusivement sources de bien-être pour les sociétés humaines. Cet exemple étaye également que le traitement d'une contrainte peut potentiellement avoir des impacts négatifs sur le reste de l'environnement et donc, en bout de chaîne, sur les sociétés humaines.

Plus que par le recours systématique à des assèchements de milieux humides et à des actions de démoustication, la gestion des nuisances liées aux moustiques pourrait se faire de manière ciblée, via l'utilisation de connaissances croissantes sur les fonctionnements des écosystèmes, dans le but de mettre en place des stratégies de contrôle et de surveillance efficaces (Roche et Vittecoq, 2016).

A cet égard, et suite à ces travaux conduits sur le littoral méditerranéen, la Tour du Valat prône le recours à des méthodes alternatives, moins coûteuses pour la collectivité, de réduction de la gêne induite par les moustiques. Deux stratégies d'action sont ainsi envisagées :

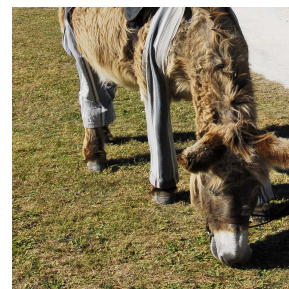
- Agir sur les écosystèmes via une gestion plus raisonnée des calendriers des mises en eau artificielles, qui sont propices au développement des larves de moustiques, et via des opérations de remodelage des berges des plans d'eau artificiels afin que leur pente soit verticale et sans végétation, ce qui permettrait de réduire les sites de ponte potentiels des moustiques.
- Agir dans les zones habitées via le recours à des équipements de types vérandas-moustiquaires ou de pièges sélectifs. Apparus il y a quelques années et fonctionnant au gaz propane, ces derniers ciblent les insectes piqueurs dans un rayon de 25 à 65 m² et permettent donc de réduire la gêne là où elle est ressentie sans affecter le fonctionnement (chaîne trophique) des écosystèmes naturels.

De manière plus marginale, quelques exemples historiques ont permis de démontrer que des mesures correctrices moins lourdes et impactantes pour les milieux pouvaient avoir des conséquences positives génératrices de bénéfices. Ceci est notamment le cas des « ânes en culotte » de l'île de Ré (cf. Encadré 33).

Encadré 33 – L'âne en culotte, d'une mesure correctrice de la contrainte « moustiques » à une déclinaison touristique commerciale

Animal utilisé au XIX^e siècle pour les activités agricoles dans les marais salants, l'âne du Poitou subissait les piqures des moustiques présents dans ces milieux. Afin de lutter contre cela, les exploitants ont fini par faire porter aux animaux des sortes de pantalons leur protégeant les pattes.

Alors que le recours aux ânes pour les activités agricoles n'est dorénavant plus pratiqué sur ce territoire, l'île de Ré accueille toujours des « ânes en culotte ». Affublés des mêmes vêtements qu'autrefois, les baudets revêtent maintenant une dimension touristique. Des promenades courtes pour enfants à dos « d'ânes en culotte » sont ainsi organisées, plus particulièrement durant la période touristique estivale.



Ane en culotte (Pays de la Loire, 2016) © Jérémy Devaux

PRODUCTION DE METHANE

Si les milieux humides, *via* notamment les sous-espaces que constituent les tourbières, sont considérés parmi les meilleures réserves de carbone de tous les écosystèmes (*cf.* Chapitre 8), de nombreux travaux ont mis en lumière que ces mêmes milieux sont également à l'origine de la production de gaz à effet de serre, notamment de méthane, avec une influence potentielle non-négligeable sur l'amplitude du changement climatique actuel et à venir.

Le principal processus de production de méthane est la fermentation anaérobie. Celle-ci est développée par des microorganismes méthanogènes de la famille des archées, sensibles à la température et présentant une activité maximale dans une fourchette allant de 35 à 40 C°. La fermentation anaérobie peut se produire *via* des sources anthropiques ou naturelles, notamment au travers des milieux humides. Le méthane produit par les milieux humides peut être émis dans l'air par diffusion (si la zone aérobie en surface est peu profonde), par bullage ou par transport dans le système vasculaire de certaines plantes (André, Tardieu, 2013).

Plusieurs études tendent à considérer que les zones humides constituent la source naturelle la plus importante de méthane avec environ 30 % des émissions mondiales (Chappellaz et *al.*, 1993), soit plus de 170 Tg CH₄ par an (*cf.* Figure 128).

Figure 128 – Sources de méthane (André, Tardieu, 2013)

	Flux de méthane [Tg/an]	Gamme
Sources naturelles		
Zones humides	174	100-231
Termites	22	20-29
Océans	10	4-15
Hydrates	5	4-5
Sources géologiques	9	4-14
Animaux sauvages	15	15
Feux naturels	3	2-5
Total naturel	238	149-319
Sources anthropiques		
Mines de charbon	36	30-46
Gaz, Pétrole, Industries	61	52-68
Décharges	54	35-69
Ruminants	84	76-92
Riziculture	54	31-83
Total anthropique	336	238-446
Total, toutes sources	574	387-765

Valeurs tirées de Reay et *al.* (2010). Les valeurs représentent la moyenne des valeurs proposées par Denman et *al.* (2007). Elles sont basées sur huit études différentes utilisant des données réparties sur la période 1983-2001

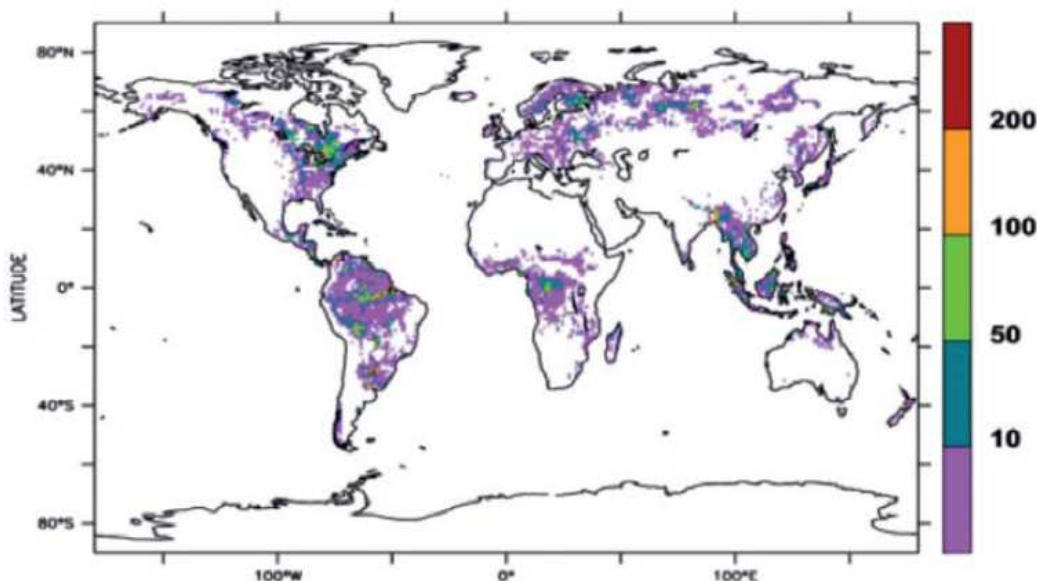
La capacité d'émission de méthane des zones humides apparaît toutefois comme celle souffrant des plus fortes variations, en fonction principalement de l'hydrologie et de la température. Les variabilités spatiales et temporelles apparaissent comme particulièrement importantes et demandent ainsi à ce que les estimations fournies plus haut soient affinées.

La mauvaise connaissance de la surface totale de zones humides à l'échelle mondiale nécessite également de considérer ces chiffrages comme de premières estimations et non pas comme des valeurs totalement consolidées.

Par ailleurs, de nombreux phénomènes caractéristiques de certains types de milieux humides demeurent encore relativement mal appréhendés en termes de production de méthane. Ceci est notamment le cas des phénomènes de regel des marécages en surface au cours de l'automne, source d'émissions très importantes vers l'atmosphère, probablement par simple effet de pressurisation et de dégazage des sédiments sous-jacents (André, Tardieu, 2013).

Malgré une connaissance encore imparfaite de l'ensemble des processus de production de méthane par les milieux humides, quelques travaux de cartographie ont été conduits. L'utilisation conjointe de mesures directes de flux, de données satellitaires représentant les zones inondées et de modèles a notamment permis de calculer les flux de méthane dus aux zones inondées naturelles à l'échelle mondiale pour la période 1990-2008 (cf. Figure 129).

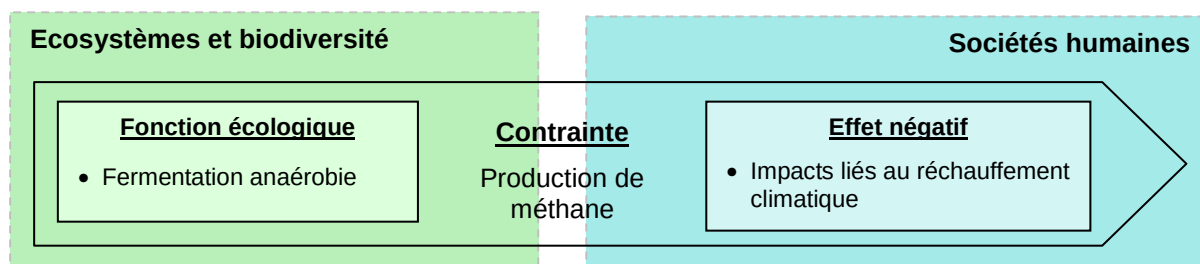
Figure 129 – Flux annuel moyen de méthane dû aux zones inondées naturelles (en $\text{mg m}^{-2}\text{j}^{-1}$) calculé par Ringeval et al. (2010) (André, Tardieu, 2013)



Les auteurs de ces travaux cartographiques pointent la nécessité d'approfondir la réflexion sur les zones humides boréales, non continuellement observées à l'heure actuelle, et dont on ignore donc l'ampleur exacte en termes de production de méthane.

Appréhendée comme une contrainte dans le cadre conceptuel de l'EFESE, la production de méthane par les milieux humides influe en effet sur l'ampleur du changement climatique et donc des impacts négatifs de celui-ci sur les sociétés humaines (cf. Figure 130).

Figure 130 – Schémas des éléments constitutifs de la contrainte « production de méthane »



La mise en exergue de cette contrainte pointe l'intérêt d'une analyse systémique du rôle des milieux humides dans la régulation du climat global et local, prenant en considération l'ensemble des phénomènes de production, de rétention, de stockage et de relargage des gaz à effet de serre.

Chapitre 11

-

Bouquets de services

Contribution réalisée par Carole Sylvie Campagne, Irstea, 2017

LES BOUQUETS DE SERVICES

Qu'est-ce que l'on entend par « bouquet de services » ?

Alors que les évaluations des services écosystémiques se concentrent majoritairement sur un nombre restreint de services, de nouvelles méthodes se développent afin de prendre en compte l'ensemble des services rendus par un écosystème. En effet, évaluer un seul service écosystémique limite la prise en compte de la multifonctionnalité intrinsèque des systèmes écologiques (Seppelt et al., 2011).

La notion de bouquet de services résulte de l'observation de l'association dans l'espace et dans le temps de certains services écosystémiques au sein d'un territoire (Raudsepp-Hearne et al., 2010).

Les services écosystémiques résultent de fonctions écosystémiques et sont associées dans l'espace à certains écosystèmes que l'on peut qualifier d'Unité de Fourniture de Services (SPU – Service Providing Units) (García-Nieto et al., 2013). Ainsi, la notion de bouquet de service regroupe l'association dans l'espace et dans le temps de différents services écosystémiques, mais fait également référence à un mode de représentation des services écosystémiques.

Généralement, les bouquets de services regroupent les 3 grands types de services généralement reconnus (approvisionnement, régulation et culturel). Cependant, il n'y a pas de norme et chaque évaluation des services écosystémiques peut présenter des bouquets différents. Par exemple, une analyse des évaluations nationales des services écosystémiques des écosystèmes en Europe publiées avant 2016 montre que les bouquets de services varient de 6 à 28 services écosystémiques évalués selon la classification du CICES (Schröter et al., 2016).

L'idéal est que l'évaluation de chacun des services provienne d'une même approche ou qu'ils soient évalués avec la même méthode. Sinon une normalisation est nécessaire pour replacer tous les services sur une même échelle. La distinction entre les services d'approvisionnement et les services de régulation semble pertinente analytiquement et recoupe fortement la distinction entre les services marchands et non marchands. Mais également car leurs variabilités spatiales et temporelles diffèrent (Couvét et al., 2015).

Une approche par les habitats, soit par les différents types de milieux naturels, semble constituer l'entrée privilégiée afin de mettre en avant les enjeux de gestions liés au changement d'occupation du sol sur un territoire (Couvét et al., 2015).

Des méthodes d'analyse se développent et se précisent afin de définir les bouquets mais aussi d'identifier les causes sous-jacentes (Crouzat et al., 2015). Des modèles de regroupement existent afin de synthétiser les bouquets mais cette approche comporte de nombreuses limites dues à l'agrégation de services différents et, en outre, une même valeur finale peut provenir de bouquets très variables (e.g. Boyd and Banzhaf, 2005 ; Maes et al., 2012).

La représentation graphique des bouquets de services

Du fait de leur complexité, la question de la représentation des bouquets de services se pose. Il s'agit d'intégrer l'ensemble des services écosystémiques dans un seul schéma qui peut être par exemple sous forme de radar, comme Larondelle and Haase (2013) qui ont représenté dans un même bouquet les services rendus par une ville et par une région.

Cependant, les bouquets de services sont de plus en plus représentés sous forme de diagramme en fleur (cf. Figure 131). Ce type de représentation mélange les graphiques de types camembert et radar. Chaque part est égale en fonction du nombre de services considérés et la longueur de la part, correspondant à son rayon, indique le niveau de fourniture du service écosystémique.

PEUT-ON DEFINIR DES BOUQUETS DE SERVICES POUR LES MILIEUX HUMIDES DANS LEUR ENSEMBLE OU PAR SOUS-TYPES DE MILIEUX ? EXEMPLE DES ZONES HUMIDES DU PARC NATUREL REGIONAL SCARPE-ESCAUT

À partir d'une approche par les habitats et d'une méthode de concertation (Campagne et *al.*, 2015), une évaluation des services écosystémiques a été effectuée en 2015 sur les zones humides du Parc naturel régional Scarpe-Escaut par l'Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale.

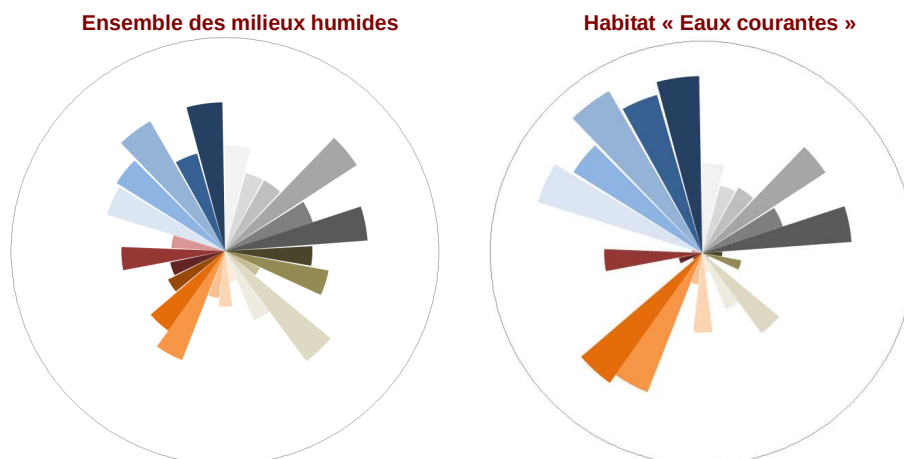
Une approche plus complète est appliquée depuis 2016 par l'Irstea. Cette dernière englobe, pour tous les types d'habitats, une évaluation de l'offre (soit des services fournis par les habitats) et une évaluation de la demande avec les services utilisés par la société. Les résultats de cette étude seront disponibles en fin d'année 2017. Sont présentés ici les résultats préliminaires de l'évaluation de l'offre, qui a été effectuée en 2016.

La méthode utilisée est une évaluation des services écosystémiques à « dire d'experts » utilisant une matrice des capacités, à savoir une table croisant les services écosystémiques et les habitats pouvant les rendre, dont chaque cellule indique la quantité de services écosystémiques fournis (Burkhard et *al.*, 2012). Cette table est remplie de manière participative par des chercheurs, des experts ou des usagers locaux, avec un score reflétant la capacité potentielle de l'habitat à fournir un service écosystémique (score de « 5 » lorsqu'ils estiment que les habitats ont un fort potentiel à rendre le service et « 0 » lorsqu'ils estiment qu'ils ont un faible potentiel à le rendre, Campagne et *al.* 2015). Une analyse critique de cette méthode peut être trouvée dans les travaux de Jacobs et *al.*, (2014), et Campagne et *al.* (2017). Ces derniers proposent des recommandations sur les conditions d'intégration de la variabilité et sur le nombre de participants requis.

25 services écosystémiques et 33 habitats ont été évalués dans l'étude de l'offre et de la demande, dont 12 habitats de milieux humides : Milieu aquatique non marin, Fonds ou rivages des plans d'eau non végétalisés, Végétations aquatiques, Eaux courantes, Végétations immergées, Bas marais, tourbières de transition, sources, Lisières humides à grandes herbes, Prairies humides, Végétations de ceinture des bords des eaux, Cultures (dont les cultures humides), Forêts riveraines, Forêts et fourrés très humides, Lagunes et réservoirs industriels. Ces typologies ont été établies spécifiquement pour cette étude en considérant les objectifs scientifiques et locaux des gestionnaires.

À partir des résultats issus de la concertation, il est possible pour chaque habitat de proposer une représentation d'un bouquet de services rendus sur une échelle de 0 à 5. La Figure 131 présente le bouquet de services moyens des 12 milieux humides précédemment cités et le bouquet de services rendus par l'habitat « Eaux courantes ». Le cercle entourant le bouquet représente le score maximal (score de 5). La visualisation des deux bouquets révèle la particularité des « eaux courantes » qui rendent plus de services culturels (en bleu) et de services d'approvisionnement en ressource sauvage (en orange) que les milieux humides moyens.

Figure 131 – Bouquet de services rendus en moyenne par l'ensemble des milieux humides du PNR Scarpe-Escaut et bouquet pour le seul habitat « Eaux courantes »



Note : Echelle de 0 à 5 correspondants au cercle entourant le bouquet

Services de régulation et d'entretien	Maintien des conditions biologiques, physiques et chimiques		Régulation du climat et de la composition atmosphérique Régulation des animaux vecteurs de maladies pour l'homme Régulation des ravageurs Offre d'habitat, de refuge et de nursery Pollinisation et dispersion des graines Maintien de la qualité des eaux Maintien de la qualité du sol
	Régulation des risques naturels		Contrôle de l'érosion Protection contre les tempêtes Régulation des inondations et des crues
	Nuisances		Limitation des nuisances visuelles, olfactives et sonores
Services d'approvisionnement	Biomasse		Production végétale alimentaire cultivée Production animale alimentaire élevée Ressource végétale et fongique alimentaire sauvage Ressource animale alimentaire sauvage
	Eau douce		Eau douce
	Matériaux		Matériaux et fibres Ressource secondaire pour l'agriculture/ alimentation indirecte Composés et matériel génétique des êtres vivants Biomasse à vocation énergétique
Services culturels	REPRESENTATIONS-subjectifs		Emblème ou symbole Héritage (passé et futur) et existence Esthétique
	USAGES- objectif		Activités récréatives Connaissance et éducation

Ces premiers résultats et les bouquets qui en découlent permettent ainsi une représentation visuelle rapidement compréhensible pour un large public, même en l'absence de connaissances sur les services écosystémiques. De plus, les bouquets de services nous permettent également de visualiser simplement les interactions entre les services écosystémiques.

Les résultats de l'évaluation de l'offre en services écosystémiques sont en cours de valorisation par les gestionnaires du Parc à travers la révision de leur Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux et une candidature à la labellisation « sites Ramsar ». À la fin de l'étude, des cartes du Parc seront réalisées avec les résultats de l'offre et de la demande illustrant les points chauds et les points froids de fourniture en services écosystémiques tel que réalisé dans Schulp et al. (2014).

COMPROMIS ET SYNERGIES. SELON QUELLES PRATIQUES DE GESTION ?

La notion de compromis et de synergie entre services écosystémiques est connexe à celle de bouquets. En effet, il existe plusieurs types d'interactions entre les services. Les compromis ou arbitrages (Trade-off en anglais) correspondent à l'augmentation d'un service qui entraîne la réduction d'un autre service ou plusieurs autres services, il s'agit donc d'une relation antagoniste (Mouchet et al., 2014). À l'opposé, les synergies définissent une association positive de deux ou plusieurs services. Ces notions sont complexes à appréhender et à évaluer car les interactions entre services varient spatialement et temporellement. Mouchet et al., 2014 proposent de parler d'association lorsque l'on parle de corrélation à un moment précis (comme dans l'étude sur le PNR Scarpe-Escaut) et de compromis ou synergies lorsque qu'il y a répétibilité. Ces notions de compromis ou synergies découlent alors d'une relation fonctionnelle entre les mécanismes sous-jacents à la production de services écosystémiques. Il est important de signaler la dépendance des services écosystémiques vis-à-vis des fonctions écologiques et les interactions entre les milieux humides et les autres grands types d'écosystèmes (cf. Chapitre 3 du présent rapport) qui sont à considérer dans les évaluations des services écosystémiques.

Posséder des connaissances sur les interactions entre services est primordial dans les processus de gestion des milieux afin de pouvoir prendre en considération l'ensemble des conséquences lors des décisions. Il devient alors possible d'établir des scénarios tels que les solutions gagnant-gagnant, gagnant-perdant, ou encore perdant-perdant (Couvet et al., 2016). La prise en compte des interactions entre services est primordiale notamment dans les pratiques de gestion se basant sur la maximisation d'un seul service (tel que dans les agro écosystèmes) car la diminution des autres services peut avoir des conséquences à long terme sur la fourniture du service maximisé. Cependant nos connaissances dans ces interactions sont encore très limitées et restent donc à explorer (Couvet et al., 2016).

Dans l'optique de futurs travaux, il pourrait être opportun de :

- Conduire des évaluations de bouquets de biens et services à la fois *via* une approche par l'offre (services fournis par les milieux naturels) et *via* une approche par la demande (issue des sociétés humaines), ces deux approches étant indissociables pour appréhender les discordances territoriales.
- Travailler à la construction de méthodologies d'élaboration de scénarios intégrant les interactions entre biens et services mais aussi les interactions avec les fonctions écologiques sous-jacentes.
- Approfondir la connaissance sur les différentes échelles aux niveaux desquels s'expriment les bouquets de biens et services et sur leurs impacts sur les compromis et les synergies entre services.

Contribution réalisée par Carole Sylvie Campagne (Irstea, 2017)

Contact : Carole Sylvie Campagne - Irstea Aix-en-Provence - sylvie.campagne@irstea.fr

Partie 4

Apports aux politiques publiques

Sommaire

172 – Chapitre 12 – Options pour la transition écologique et enjeux pour les politiques de conservation et l'utilisation durable de la biodiversité

181 – Chapitre 13 – Besoins de connaissances et identification de questions de recherche



Chapitre 12

Options pour la transition écologique et enjeux pour les politiques de conservation et l'utilisation durable de la biodiversité

L'évaluation des biens et services écosystémiques des milieux humides restituée dans le présent rapport a été conduite dans une optique opérationnelle. Ses résultats et conclusions peuvent ainsi servir d'éclairage pour la prise de décision pour les politiques de conservation et d'utilisation durable de la biodiversité.

À cet égard, les éléments qui suivent replacent l'EFESE au sein des engagements nationaux et internationaux auxquels elle répond. Est ensuite détaillé, au travers d'exemples, comment l'approche par les services écosystémiques est déjà mobilisée pour certaines politiques publiques propres aux milieux humides. Enfin, quelques pistes pour une utilisation encore plus élargie de cette approche sont abordées.

ENGAGEMENTS INTERNATIONAUX, EUROPEENS ET NATIONAUX DANS LESQUELS S'INSCRIT L'EFESE

La reconnaissance de la valeur du patrimoine naturel de la Nation est primordiale pour favoriser sa conservation et sa restauration. Cela est d'autant plus vrai dans un contexte de raréfaction des ressources naturelles et d'incertitudes liées aux changements globaux et à leurs conséquences. Ainsi, le temps de l'inventaire et de l'évaluation doit permettre au gestionnaire public mais également au citoyen de disposer des références nécessaires pour éclairer les décisions de gestion des écosystèmes sur leurs conséquences écologiques, sociales et économiques.

La mesure de la contribution des écosystèmes à satisfaire une grande diversité d'intérêts des populations humaines doit répondre à ces enjeux et a donné lieu à l'engagement dès 2012 par le Ministère en charge de l'environnement de l'EFESE. Ce programme constitue, en outre, la réponse de la France à ses engagements européens dans le cadre de la Stratégie européenne pour la biodiversité (cf. Encadré 34) ainsi qu'à l'atteinte de ses objectifs internationaux vis-à-vis de la Convention pour la diversité biologique. Il constitue également une contribution à la Plateforme inter-gouvernementale sciences – politiques sur la biodiversité et les services écosystémiques et au groupe de travail européen « *Mapping and assessment of ecosystems and their services* ».

Dans l'optique d'améliorer l'élaboration et le suivi des politiques nationales de biodiversité, cette évaluation poursuit ainsi une gamme d'objectifs définis notamment dans le cadre des cibles d'Aïchi :

- documenter les connaissances relatives à l'état des écosystèmes et des services écosystémiques en France métropolitaine et ultramarine, ainsi que leurs tendances d'évolution ;
- renforcer par la production de valeurs robustes et pertinentes, la capacité du ministère de l'environnement à sensibiliser les décideurs publics et privés à une meilleure prise en compte de la biodiversité et des services écosystémiques ;
- améliorer l'intégration des valeurs des écosystèmes et des services rendus dans l'évaluation *ex ante* et *ex post* des politiques publiques, projets et programmes à différents niveaux d'échelle ;
- d'ici 2020, intégrer les valeurs des services écosystémiques dans les systèmes de comptabilité au niveau national.

Encadré 34 – EFESE : un outil au service des engagements internationaux, européens, et nationaux de la France

Les engagements français dans le cadre de la Convention pour la diversité biologique reposent sur le plan stratégique et les objectifs d'Aïchi et notamment sur les objectifs suivants :

- Objectif A.1 : accroître la prise de conscience de la valeur de la biodiversité par les acteurs ;
- Objectif A.2 : intégrer les valeurs de la biodiversité dans les stratégies et les processus de planification nationaux et locaux de développement, ainsi que dans les systèmes de comptabilité ;
- Objectif D.14 : restaurer et sauvegarder les services écosystémiques essentiels ;

.../...

.../...

- Objectif D.15 : restaurer au moins 15 % des écosystèmes dégradés.

L'évaluation des écosystèmes et des services écosystémiques constitue pour la Convention pour la diversité biologique un outil pour l'atteinte de ces objectifs, et plusieurs travaux majeurs ont déjà été réalisés ou engagés au plan international dans ce sens : le *Millenium Ecosystem Assessment* (2005), le processus *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* (2010) et le lancement de la plate-forme intergouvernementale sciences-politiques sur la biodiversité et les services écosystémiques (2012).

La Stratégie de l'Union européenne pour la biodiversité (2011-2020) fixe l'objectif suivant d'ici 2020 : « *Les écosystèmes et leurs services seront préservés et améliorés grâce à la mise en place d'une infrastructure verte et au rétablissement d'au moins 15 % des écosystèmes dégradés.* »

Au plan national, les objectifs poursuivis par la Stratégie pour la diversité biologique (2011) d'ici 2020 portent les engagements suivants : 1) Objectif 6 de l'Orientatation stratégique B : « *préservier et restaurer les écosystèmes et leur fonctionnement* ». 2) Objectif 7 de l'Orientatation stratégique C : « *inclure la préservation de la biodiversité dans la décision économique* ».

Par ailleurs, la stratégie nationale pour la transition écologique vers le développement durable (2015-2020) vise également à renforcer la robustesse des territoires par le maintien des services écosystémiques dans un contexte d'incertitudes liées aux changements globaux.

Sur la dimension plus spécifique des milieux aquatiques et des zones humides, les travaux menés dans le cadre du programme EFESE s'intègrent par ailleurs dans le 3^e plan national d'actions en faveur des milieux humides (2014-2018) (Direction de l'Eau et de la Biodiversité, 2014), qui vise à permettre l'identification et la mise en œuvre d'actions concrètes, pragmatiques, permettant de préserver et restaurer les milieux humides et les services qu'ils rendent, au profit de notre cadre de vie, de nos activités et de nos emplois.

Ce plan souligne aussi l'engagement de l'Etat et de ses partenaires à intégrer la préservation de ces milieux dans l'ensemble des politiques publiques, les politiques relatives à l'eau et à la biodiversité, bien sûr, mais aussi à l'agriculture, à l'urbanisme ou à la prévention des risques naturels.

Il représente une contribution majeure à la mise en œuvre de la convention de Ramsar sur les milieux humides en France et de la stratégie nationale pour la biodiversité. Il est également une contribution concrète à la mise en œuvre de la Directive cadre sur l'eau, de la Directive relative à l'évaluation et la gestion des risques d'inondations, de la Directive sur les énergies renouvelables, de la Directive Oiseaux et de la Directive Habitats Faune Flore. Il permettra enfin de mettre en œuvre des actions du troisième plan national santé environnement, qui a reconnu la thématique « santé / biodiversité » comme tout à fait prioritaire. Prévu pour une durée de 5 ans (2014-2018), ce plan a vocation à fédérer les énergies de l'ensemble des acteurs de la gestion durable des milieux humides.

Les 52 actions présentées dans ce plan d'action, organisées en 6 axes, ont été élaborées et validées par les membres du groupe national pour les milieux humides. Elles sont considérées comme les actions concrètes les plus à même de favoriser la préservation et la reconquête des milieux humides

Le programme EFESE s'inscrit dans la huitième action « Réaliser une évaluation des services rendus par les écosystèmes aquatiques et humides » de l'Axe 2 « Développer la connaissance et des outils stratégiques pour gérer les milieux humides » du plan national. Cette action correspond à l'Objectif 19 de la stratégie nationale pour la biodiversité « Améliorer l'expertise afin de renforcer la capacité à anticiper et à agir, en s'appuyant sur toutes les connaissances ».

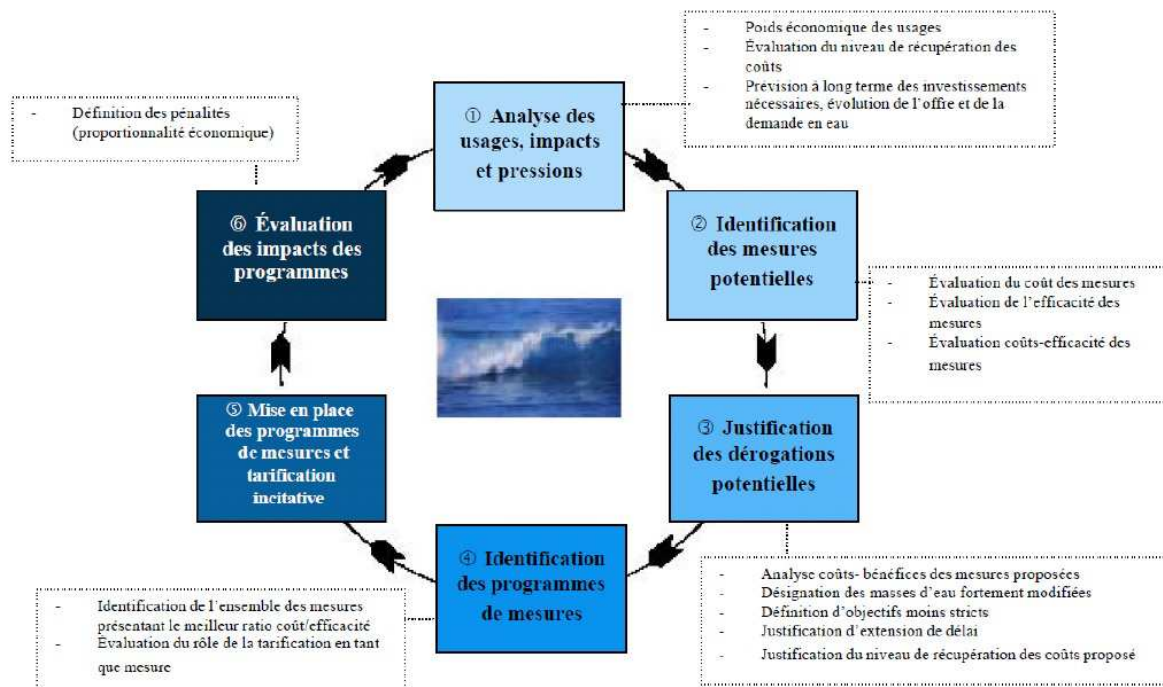
DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU : DE MULTIPLES POSSIBILITES D'APPLICATION DE L'APPROCHE PAR LES SERVICES ECOSYSTEMIQUES

Place de l'économie dans la Directive cadre sur l'eau

La notion de « service écosystémique » n'est pas mentionnée explicitement dans le texte de la Directive cadre sur l'eau (DCE). Ceci étant, cette dernière accorde une place importante à l'analyse économique, analyse pour laquelle l'utilisation des services écosystémiques et de leur évaluation en termes économiques et monétaires peut se révéler tout à fait pertinente.

Animé par la France et la Commission Européenne, le groupe Water Economics (dit WATECO) a identifié les différentes étapes du processus DCE au sein desquelles intervient l'analyse économique (cf. Figure 132).

**Figure 132 – L'analyse économique au sein du processus DCE
(Agence de l'eau Seine-Normandie d'après WATECO, 2003)**



Etablissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau, la DCE imposait aux pays membres de l'Union Européenne le passage au bon état de leurs masses d'eau d'ici 2015. La présence d'écosystèmes dans un état satisfaisant conditionnant la fourniture de biens et services écosystémiques, la prise en compte de la valeur de ces derniers peut ainsi jouer un rôle crucial dans l'atteinte des objectifs fixés et dans l'allocation des moyens financiers permettant d'y parvenir.

De manière indirecte, plusieurs articles de la DCE donnent une légitimité à l'approche par les biens et services écosystémiques :

- **Article 4.** Article offrant la possibilité aux Etats membres de justifier de reports de délais ou d'objectifs dans l'atteinte du bon état des eaux sur la base d'analyse mettant en évidence les coûts disproportionnés de l'objectif visé.
- **Article 5.** Article demandant aux Etats membres une évaluation de l'importance économique de l'utilisation de l'eau.
- **Article 9.** Article exigeant la prise en compte du principe de la récupération des coûts des services liés à l'utilisation de l'eau, y compris les coûts pour l'environnement et les ressources, eu égard au principe du pollueur-payeur.
- **Article 11.** Article encadrant la sélection des mesures ayant le meilleur rapport coûts / efficacité en vue d'atteindre le bon état.

Des réflexions menées pour intégrer une approche par les services écosystémiques : l'exemple du projet ESAWADI (Asconit, CGDD, Credoc, 2013)

Le projet ESAWADI (Utilising the Ecosystem Services Approach for Water Framework Directive Implementation) visait à étudier l'apport de l'approche par les services écosystémiques dans la mise en œuvre de la DCE, et d'autres démarches de gestion intégrée d'un bassin versant, tant pour l'aide à la décision que pour la concertation. Ayant pour objectif de fournir des orientations opérationnelles, ESAWADI s'est appuyé sur 3 études de cas : le bassin de l'Hase (Allemagne), l'estuaire du Mondego (Portugal), et la Dordogne moyenne (France). L'encadré suivant reprend de manière textuelle les enseignements tirés de ce projet.

Encadré 35 – Enseignements tirés du projet ESAWADI sur l'intérêt d'une approche par les services écosystémiques dans la DCE (Asconit, CGDD, Credoc, 2013)

En lien avec l'article 4 relatif à l'évaluation de la disproportionnalité des coûts, l'approche par les services écosystémiques pourrait être utilisée afin de vérifier que l'ensemble des bénéficiaires et des acteurs concernés sont bien identifiés et intégrés dans l'analyse.

En lien avec l'article 5 relatif à l'analyse des usages de l'eau existants, des impacts et des pressions, une analyse en termes de services écosystémiques à l'échelle du bassin versant pourrait renforcer la connexion entre les évaluations des pressions et du statut des masses d'eau, et le recensement des usages, améliorant ainsi la caractérisation du bassin hydrographique.

En lien avec l'article 9 relatif à la récupération des coûts des services liés à l'utilisation de l'eau, l'analyse en termes de services écosystémiques pourrait être utilisée comme outil d'aide pour les évaluations des coûts environnementaux et des ressources, ou a minima pour l'identification et la caractérisation de ces coûts. Toutefois, le manque de robustesse des évaluations peut poser problème ; d'autre part, l'intérêt de cette approche est limité par le fait que la prise en compte de la récupération des coûts ne concerne que les services liés à l'utilisation de l'eau, excluant certaines des utilisations ayant un fort impact sur la fourniture de services écosystémiques (hydroélectricité, navigation). Un élargissement des utilisations prises en compte renforcerait l'intérêt de l'approche via les services écosystémiques.

En lien avec l'article 11 relatif à l'identification des mesures potentielles et l'élaboration du programme de mesures, l'analyse en termes de services écosystémiques pourrait s'inscrire dans les analyses coût-efficacité, sous réserve que l'efficacité ne soit pas orientée vers la seule atteinte du bon état écologique et que les bénéfices additionnels d'une mesure soit pris en compte. En d'autres termes, il s'agirait de vérifier si une mesure moins performante du seul point de vue du rapport coût-efficacité dans l'atteinte du bon état, n'est pas plus intéressante que la mesure la plus performante, en ce qu'elle permet d'atteindre plusieurs objectifs environnementaux et/ou sociaux.

En outre, l'analyse des services écosystémiques peut aider à montrer les bénéfices résultant du programme de mesures, à travers l'atteinte du bon état écologique et au delà, et ainsi encourager les acteurs locaux à le mettre en œuvre. L'analyse des services écosystémiques peut de plus orienter la façon dont certaines mesures, comme le paiement pour services écosystémiques, sont mises en œuvre. Enfin, elle peut être incluse dans l'évaluation du programme de mesures.

Une utilisation déjà effective dans les analyses coûts-bénéfices conduites pour justifier des dérogations d'atteinte au bon état pour cause de coûts disproportionnés (CGDD, 2014)

Compte tenu de la difficulté de tenir l'objectif fixé par la DCE d'atteinte du bon état des eaux à l'horizon 2015 pour l'ensemble des masses d'eau des Etats membres, la directive prévoit, dans son article 4, des mécanismes de dérogation. Ceux-ci peuvent être de différents types :

- Report de délais pour cause de conditions naturelles, de faisabilité technique ou de coûts disproportionnés ;
- Atteinte d'un objectif moins strict pour cause de conditions naturelles, de faisabilité technique ou de coûts disproportionnés ;
- Dérogations temporaires à l'atteinte du bon état ou à la non-dégradation de l'état pour les événements de force majeure ;
- Réalisation des projets répondant à des motifs d'intérêt général majeur.

Dans le cas du report de délais, ces dérogations permettent d'atteindre le bon état, pour certaines masses d'eau, non pas à l'horizon 2015 (1^{er} cycle DCE) mais pour 2021 (2^e cycle DCE) ou 2027 (3^e cycle DCE).

Pour pouvoir justifier de dérogations pour motifs de coûts disproportionnés, plusieurs méthodes peuvent être mobilisées. Au niveau national, il avait été recommandé, lors du 1^{er} cycle DCE, d'utiliser une méthode basée sur des analyses coûts-bénéfices à l'échelle de la masse d'eau.

Au sein de cette méthode, pour évaluer les coûts, les Agences de l'eau s'appuyaient sur les programmes de mesures, documents établis à l'échelle du bassin hydrographique comprenant les mesures à réaliser pour atteindre les objectifs définis par la DCE. Pour évaluer les bénéfices, les Agences de l'eau pouvaient s'appuyer sur des données locales. Dans le cas où ces données n'étaient pas disponibles, elles pouvaient avoir recours à un ensemble de valeurs de référence des bénéfices issus d'un changement d'état des eaux, établi par le Ministère de l'environnement en 2007 sur la base de la littérature existante.

Pour le 2^e cycle DCE, la stratégie nationale concernant les dérogations pour coûts disproportionnés a quelque peu évolué. L'objectif est de répartir les coûts de l'atteinte du bon état dans le temps et d'utiliser les ressources disponibles pour financer les mesures jugées prioritaires. Si l'analyse coûts-bénéfices est toujours mobilisée, elle sert cet objectif de priorisation des masses d'eau. Dans cette optique, le référentiel de valeurs de bénéfices issus d'un changement d'état des eaux construit en 2007 par le Ministère a été actualisé. Les bénéfices considérés dans ces analyses coûts-bénéfices sont matérialisés dans le Figure 133.

Figure 133 - Liste des bénéfices liés à l'atteinte du bon état des eaux

Bénéfices liés à l'atteinte du bon état des eaux
<u>Bénéfices marchands</u>
Diminution des coûts de traitement des eaux
Accroissement des activités
<u>Bénéfices non-marchands</u>
Augmentation de la satisfaction des usagers actuels de l'eau
Augmentation de la satisfaction de nouveaux usagers de l'eau
Augmentation de la satisfaction des non-usagers de l'eau

Bien que le vocable ne soit pas repris en tant que tel, l'évaluation de l'augmentation de la satisfaction des usagers prise en compte dans les bénéfices non-marchands de ces analyses correspond bien à des services écosystémiques culturels et récréatifs. En effet, par l'intermédiaire de méthodes à préférences déclarées, des valeurs liées aux usages de pêche de loisir, de baignade ou encore de promenade ont été appréhendées.

De plus, le référentiel de valeurs actualisé par le Ministère pour le 2^e cycle DCE ouvrait la porte à une prise en compte plus large des biens et services écosystémiques produits par les milieux humides. Ainsi, les travaux du Ministère proposaient des valeurs de référence pour les biens mais aussi pour les services de régulation. Ces valeurs, si elles n'étaient pas nécessairement destinées à intégrer directement les analyses coûts-bénéfices, pouvaient néanmoins être présentées en sus afin d'apporter des éléments au débat et permettre d'orienter la priorisation des masses d'eau pour l'atteinte du bon état.

VERS UNE PRISE EN COMPTE DES SERVICES PRODUITS PAR LES MILIEUX HUMIDES DANS LE DOMAINE DE LA PREVENTION DES INONDATIONS

La Directive 2007/60/CE relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation, dite « Directive inondation », propose une refonte de la politique nationale de gestion du risque d'inondation. Elle vise à réduire les conséquences potentielles associées aux inondations dans un objectif de compétitivité, d'attractivité et d'aménagement durable des territoires exposés à l'inondation (Eau France, 2016).

La transposition de cette directive au niveau national a introduit la nécessité de prendre en compte les milieux humides dans les actions de prévention des inondations (Ministère de la Transition écologique et solidaire, 2017). Au sein d'une approche intégrée des risques d'inondation, est ainsi prévu l'établissement de cartes des zones inondables et de cartes des risques d'inondation montrant les conséquences potentielles négatives de différents scénarios, sur la santé et la vie humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique. Ceci inclut donc les impacts sur l'approvisionnement en services écosystémiques et leur dégradation (Asconit, Onema, Commission Européenne DG R&I, 2013).

Un guide, publié en 2017 à la demande du Ministère de la Transition écologique et solidaire, souligne la nécessité d'évaluation des services écosystémiques produits par les milieux humides identifiés dans les bassins versants contenant le périmètre des Programmes d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI). Cette évaluation aura pour but de distinguer :

- les services utiles à la prévention des inondations et donc mobilisables dans une action du PAPI,

- les services devant être préservés après mise en œuvre du PAPI, soit directement au travers d'actions, soit indirectement, via une limitation des impacts sur ces milieux et qui devront être pris en considération au moment de la définition du programme d'actions.

Pour ce faire, ce même guide préconise notamment le recours aux résultats issus des travaux conduits dans le cadre de l'EFESE (Ministère de la Transition écologique et solidaire, 2017).

POLITIQUE NATIONALE DE PROTECTION DU LITTORAL : LES BÉNÉFICES ISSUS DE LA PROTECTION DES MANGROVES COMME INDICATEUR DE RENTABILITÉ (Binet et al., 2016)

En France, la politique du « tiers naturel » pose le principe que, pour un territoire donné, il est nécessaire de conserver ou reconquérir une part significative (environ un tiers) de l'espace à l'état naturel, c'est à dire non-artificialisé. Cette mission, confiée au Conservatoire du littoral⁴² et se matérialisant par une politique d'acquisition foncière, a été confirmée en 2012 par la feuille de route pour la transition écologique. En 2013, ce même Conservatoire du littoral s'est vu confier l'objectif de protéger le tiers des mangroves des outre-mer français en 3 ans (soit 35 000 hectares). En 2015, cet objectif a été rehaussé à 55 000 hectares d'ici 2020 (Conservatoire du littoral, 2016).

Afin de mettre en lumière l'intérêt économique de cette politique d'acquisition foncière des mangroves, une étude a été conduite en 2015. Sur la base d'une évaluation monétaire des différents services écosystémiques produits par ces milieux, cette étude estime à l'horizon 2040 les bénéfices de cette protection dans une fourchette allant de 33 000 à 51 000 euros par hectare (Binet et al., 2016).

De manière concrète, l'étude repose sur la caractérisation de deux scénarios. Le premier, dit scénario « pas de protection », correspond à une situation de référence où le Conservatoire du littoral ne protégerait aucune mangrove dans les zones d'étude. Une revue de la littérature a permis de qualifier les zones les plus menacées, qui subiraient une dégradation, voire une disparition, à l'horizon 2040 (soit 25 ans après la date de l'étude conduite en 2015) (cf. Encadré 36).

Encadré 36 – Conséquences à l'horizon 2040 d'un scénario d'absence de protection des mangroves françaises (Binet et al., 2016)

En **Guyane**, seules les mangroves à proximité immédiate des agglomérations de Cayenne et de Kourou seraient menacées par les activités humaines, soit respectivement 508 et 73 ha. Environ 25 % de cette surface est supposée être perdue à l'horizon 2040 sans actions de protection, soit 145 ha (0,21 % des mangroves de Guyane).

En **Guadeloupe**, les petites mangroves fortement menacées pourraient disparaître : les mangroves de la Côte Sous-le-vent, de la Côte sud de la Grande Terre et de Marie Galante, la moitié des mangroves des Falaises atlantiques et du Petit Cul-de-Sac Marin. Les mangroves du Grand Cul-de-Sac Marin, protégées par une Réserve naturelle, ne subiraient qu'une perte surfacique limitée à 5 % (Vaslet et al., 2013). De la même façon, la moitié des mangroves de Saint-Martin est supposée disparaître, soit 13 ha. L'ensemble correspondrait donc à une perte d'environ 391 ha (ou 13,2 %) de mangroves en Guadeloupe et à Saint-Martin.

L'inventaire des zones humides de **Martinique** présente des indicateurs de pression et de vulnérabilité de 0 à 5 pour chaque mangrove. Celles qui subissent des menaces de niveau 4 et une vulnérabilité de niveau égal ou supérieur à 3 sont considérées comme perdues. Celles qui subissent des menaces de niveau 4 et une vulnérabilité de niveau inférieur à 3, ou des menaces de niveau 3 et une vulnérabilité de niveau égal ou supérieur à 3 sont supposées perdre la moitié de leur surface. La destruction des mangroves représente ainsi environ 312 ha en Martinique, soit 15,2 % des surfaces (Gayot and Laval, 2006).

L'atlas des mangroves de **Mayotte** présente les menaces et l'évolution des surfaces des principales mangroves de l'île. Sans protection du Conservatoire du littoral, nous supposons que les mangroves de Kani-Kéli / Kani-bé, Mangajou, Bandraboua, Kawéni, Mahabou-Baobab, Tzoundzou-Passamaïnti, Dembeni, Mronabéja / Passi Kéli, Kangani, Dapani et Mzouazia disparaissent, soit 195 ha environ (26,5 % des surfaces) (Laulan et al., 2006).

Le deuxième scénario, dit « protection de 40 000 hectares de mangroves », correspond à la protection par le Conservatoire du littoral, via l'acquisition foncière, des espaces tels que définis par la feuille de route de la transition écologique (avant une extension des mesures à 55 000 hectares en 2015). Les

⁴² Etablissement public administratif de l'Etat placé sous la tutelle du Ministère chargé de la protection de la nature.

menaces principales pour les mangroves des zones d'étude concernent l'urbanisation et l'artificialisation des espaces (mitage progressif des milieux naturels par de nombreux aménagements localisés, dédiés à des usages divers, qui rompent les dynamiques écologiques). L'acquisition foncière, et donc la maîtrise des aménagements réalisés sur les terrains concernés, apparaît donc comme une solution adaptée pour assurer la protection effective des écosystèmes, de leurs fonctions écologiques et services associés. En outre, cette protection peut s'accompagner d'autres mesures de protection (opérations de surveillance, d'entretien, etc.).

Les deux scénarios présentés considèrent des variations des surfaces des mangroves et donc de la provision des services écosystémiques associés. Il est supposé que les services d'approvisionnement et de régulation évoluent dans les mêmes proportions que les surfaces des mangroves, et qu'une surface de mangrove perdue ne fournira plus aucun service. Les services culturels, eux, ne sont pas directement dépendants des surfaces puisque les activités touristiques, éducatives et de recherche peuvent se reporter sur les mangroves restantes si certaines disparaissent. La destruction des mangroves dans le cadre du scénario « pas de protection » n'impacte donc pas ces services, mais des actions menées dans le scénario « protection de 40 000 ha de mangroves » peuvent augmenter leur provision en encourageant l'écotourisme ou les excursions pédagogiques par exemple. Notamment en Guyane et à Mayotte où le tourisme est encore très peu développé, de forts potentiels de valorisation des services culturels des mangroves existent à l'horizon 2040.

Figure 134 - Variations quantitatives retenues pour la valeur totale des services écosystémiques à l'horizon 2040 (Binet et al., 2016)

	« Pas de protection »				« Protection de 40 000 ha »			
	Guyane	Guadel [§]	Martin [¶]	Mayotte	Guyane	Guadel [§]	Martin [¶]	Mayotte
<i>Services d'approvision[†]</i>								
<i>Pêche commerciale*</i>	- 0,2 %	- 13,2 %	- 15,2 %	- 26,5 %	0 %	0 %	0 %	0 %
<i>Pêche vivrière*</i>	/	- 13,2 %	- 15,2 %	- 26,5 %	/	0 %	0 %	0 %
<i>Services culturels</i>								
<i>Tourisme – Hébergement et restauration*</i>	0 %	0 %	0 %	0 %	+ 100 %	+ 20 %	+ 20 %	+ 100 %
<i>Tourisme – Excursions*</i>	/	0 %	0 %	/	/	+ 20 %	+ 20 %	/
<i>Education*</i>	0 %	0 %	0 %	0 %	+ 15 %	+ 15 %	+ 15 %	+ 15 %
<i>Recherche*</i>	0 %	0 %	0 %	0 %	+ 15 %	+ 15 %	+ 15 %	+ 15 %
<i>Services de régulation</i>								
<i>Protection et stabilisation côtière*</i>	- 0,2 %	- 13,2 %	- 15,2 %	- 26,5 %	0 %	0 %	0 %	0 %
<i>Régulation du climat global – Flux biomasse*</i>	- 0,2 %	- 13,2 %	- 15,2 %	- 26,5 %	0 %	0 %	0 %	0 %
<i>Régulation du climat global – Stockage sol**</i>	- 0,2 %	- 13,2 %	- 15,2 %	- 26,5 %	0 %	0 %	0 %	0 %
<i>Epuration des eaux continentales*</i>	- 0,2 %	- 13,2 %	- 15,2 %	- 26,5 %	0 %	0 %	0 %	0 %
<i>Nourricerie pour les espèces halieutiques*</i>	- 0,2 %	- 13,2 %	- 15,2 %	- 26,5 %	0 %	0 %	0 %	0 %

* variation de la valeur des services écosystémiques en €/an ; ** variation de la valeur du service écosystémique en €
[§] Guadeloupe et Saint-Martin ; [¶] Martinique ; [†] Services d'approvisionnement

Figure 135 - Bénéfices actualisés de la protection par le Conservatoire du littoral des mangroves jusqu'en 2040 (en €₂₀₁₅) (Binet et al., 2016)

	Bénéfices de la protection sur 25 ans				
	Guyane (entière)	Cayenne - Kourou	Guadeloupe et St-Martin	Martinique	Mayotte
<i>Services d'approvisionnement</i>					
<i>Pêche commerciale</i>	375 629 €	375 629 €	564 561 €	433 400 €	256 148 €
<i>Pêche vivrière</i>	/	/	27 154 €	82 740 €	66 745 €
<i>Services culturels</i>					
<i>Tourisme – Hébergement et restauration</i>	1 506 904 €	1 506 904 €	4 509 601 €	9 642 635 €	255 504 €
<i>Tourisme – Excursions</i>	/	/	6 469 897 €	4 782 949 €	/
<i>Education</i>	20 063 €	20 063 €	36 082 €	50 923 €	10 918 €
<i>Recherche</i>	122 477 €	122 477 €	238 016 €	339 114 €	30 483 €
<i>Services de régulation</i>					
<i>Protection et stabilisation côtière</i>	7 114 009 €	7 114 009 €	24 696 253 €	21 816 890 €	5 211 345 €
<i>Régulation du climat global – Flux biomasse</i>	912 565 €	912 565 €	2 438 671 €	1 943 825 €	1 209 148 €
<i>Régulation du climat global – Stockage sol</i>	7 837 978 €	7 837 978 €	20 945 637 €	16 695 426 €	10 385 321 €
<i>Epuration des eaux continentales</i>	10 832 956 €	10 832 956 €	37 607 819 €	33 223 142 €	6 571 822 €
<i>Nourricerie pour les espèces halieutiques</i>	819 196 €	819 196 €	1 188 246 €	1 304 928 €	729 290 €
TOTAL	29 541 776 €	29 541 776 €	98 721 936 €	90 315 972 €	24 726 724 €
TOTAL / ha protégé	863 €	50 846 €	33 173 €	43 843 €	33 642 €

L'APPROCHE PAR LES BOUQUETS DE SERVICES : UNE OPPORTUNITE POUR LA GESTION AU NIVEAU LOCAL

Mise en avant au sein de la Stratégie Nationale pour la Biodiversité et de la Loi pour la Reconquête de la Biodiversité, de la Nature et des Paysages de 2016, la nécessité de prendre en compte les services écosystémiques dans la gestion de la nature se décline jusque dans les projets d'aménagement du territoire.

Afin de répondre aux multiples demandes d'évaluation des services écosystémiques à l'échelle locale (recherche de solutions de compensation écologique pour les développements d'infrastructures, mise en place des Trames Vertes et Bleues, opérations de restauration de la nature), le Laboratoire d'Ecologie Alpine (LECA-CNRS), sous financement Onema, a lancé en 2014 le projet ESNET. Portant sur le bassin de la région de Grenoble (4 450 km², 311 communes, 800 000 habitants), ce projet avait pour objectif de dresser un panorama des services écosystémiques fournis par l'hydrosystème en lien avec les enjeux identifiés par ses acteurs, et de conduire une analyse participative de leur futur dans le contexte de scénarios pour 2040 (cf. Encadré 37).

Pour répondre à cet objectif, le projet ESNET devait relever trois défis scientifiques :

- Quantifier la capacité de l'hydrosystème à fournir des services écosystémiques d'intérêt pour ses acteurs ;
- Identifier et analyser les synergies et compromis spatiaux entre services écosystémiques, ou bouquets de services écosystémiques ;
- Réaliser une évaluation des bouquets de services écosystémiques avec les parties prenantes du territoire pour analyser leurs trajectoires futures.

À cet égard, un collectif interdisciplinaire (écologie, agronomie, géographie, économie, modélisation et Mathématiques) a été mis en place et une vingtaine d'acteurs représentant les principales structures de gestion et de décision (planification territoriale, agriculture, foresterie, conservation de la nature, tourisme, gestion de l'eau) a été mobilisée.

Encadré 37 – Scénarios développés au sein du projet ESNET (Onema, 2017)

4 scénarios pour le bassin de vie de Grenoble à l'horizon 2040 ont été mis en place au sein du projet ESNET :

***Fil de l'Eau** : Basé sur les documents réglementaires et de planification existants (SCoT et chartes des PNR), ce scénario propose un développement intégrant les politiques d'aménagement et de gestion actuelles sur le territoire. Les observations tirées de l'analyse des dynamiques passées sont prises en compte afin de proposer un développement cohérent, tenant compte des volontés politiques coordonnées à l'échelle du territoire de la région urbaine de Grenoble.*

***Développement par polarité** : Si ce scénario s'inscrit dans la continuité des dynamiques observées jusqu'alors, le changement de gouvernance favorise un développement par polarité, ignorant les objectifs de répartition globale à l'échelle du territoire tels que préconisés par le SCoT. Le développement s'organise autour de pôles d'attractivités, renforçant leurs activités et concentrant la densification urbaine par accréation. Dans la continuité des politiques actuelles de préservation des espaces naturels et de développement durable, l'accent est mis sur la valorisation locale des territoires à travers les activités économiques et touristiques, favorisant les circuits courts (bois, agriculture) et le renforcement des Parcs naturels régionaux.*

***Protection renforcée** : Ce scénario de rupture propose une évolution territoriale encadrée par des politiques de conservation fortes mettant sous cloche les espaces naturels et notamment les massifs de montagnes, provoquant une désertion des populations et des activités de ces espaces au profit des fonds de vallées. Les difficultés d'implantation liées au manque d'entretien de ces espaces et le peu d'attractivité globale de la région accentuent le délaissement de ces espaces gagnés par l'enfrichement, tandis que les vallées concentrent l'urbanisation et les activités encore présentes.*

***Libéralisation** : Ce scénario de rupture se caractérise par une libéralisation marquée des politiques publiques, laissant le champ aux investissements privés et provoquant, de fait, des clivages sociaux et économiques importants. La ségrégation urbain / rural se renforce, accentuant les disparités dans l'accès aux ressources, au logement et aux services, ainsi que les problématiques de gestion des risques naturels. La libéralisation des marchés et l'absence d'encadrement de l'usage des terres par les politiques publiques se fait au détriment de l'agriculture vivrière : les paysages et pratiques agricoles s'en trouvent fortement modifiés, et leurs espaces réduits au profit de l'extension de l'urbanisation. Les massifs sont également touchés, et des espaces aménagés en fonction de la forte attractivité touristique et de loisirs qu'ils génèrent côtoient des espaces en friches.*

Les conclusions du projet ESNET ont mis en avant les avantages pour la décision publique d'une évaluation des services écosystémiques par bouquets, lorsque celle-ci est réalisée en concertation étroite avec les élus et/ou les organismes d'aide à la décision publique et les services compétents d'aménagement du territoire, tant dans la définition des objectifs que dans l'exploitation des résultats.

Prenant appui sur le fait que les enjeux environnementaux d'un territoire sont couplés réglementairement à ses enjeux de développement socio-économique (SCoT, PLU), le projet souligne l'intérêt de : « dépasser les clivages sectoriels, par exemple entre l'urbanisation et la préservation de la biodiversité autour de la question de la fragmentation des espaces naturels, pour favoriser une gestion intégrée d'un territoire en tenant compte de ses composantes sociétales mais également environnementales, renforcerait l'efficacité des mesures de protection de la nature et de la biodiversité. L'appropriation des concepts et outils proposés, en accord avec les attentes formulées par les acteurs, permet d'intégrer la complexité et la multifonctionnalité des territoires à une gestion concertée et multi-acteurs. »

AUTRE APPLICATION POSSIBLE DE L'APPROCHE PAR LES SERVICES ECOSYSTEMIQUES : LE CAS DU PREJUDICE ECOLOGIQUE

Le préjudice écologique est inscrit dans l'article 4 de la loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages du 8 août 2016. Cet article procédant à une modification du Code civil par l'intégration d'un titre IV TER (de la réparation du préjudice écologique) déclare notamment :

- *Art. 1386-19. – Toute personne responsable d'un préjudice écologique est tenue de le réparer.*
- *Art. 1386-20. – Est réparable, dans les conditions prévues au présent titre, le préjudice écologique consistant en une atteinte non négligeable aux éléments ou aux fonctions des écosystèmes ou aux bénéfices collectifs tirés par l'homme de l'environnement.*

Des méthodes préexistantes (méthodes d'équivalence recommandées par la loi Responsabilité Environnementale du 1^{er} août 2008) ou développées depuis la promulgation de la loi de 2016 (méthode MEB moindre gravité) permettent d'évaluer puis réparer les dommages écologiques (et donc le préjudice écologique). Toutefois, celles-ci s'appuient principalement sur des gradients biophysiques et appuient leur évaluation sur les atteintes aux fonctions des écosystèmes (CGDD, 2017).

Comme le laisse entendre l'article 1386-20 du code civil, l'évaluation et la réparation pourraient également s'appuyer sur les bénéfices collectifs tirés par l'homme de l'environnement. Dans ce contexte, une approche par les services écosystémiques semblerait opportune. À cet effet, une méthodologie d'évaluation prenant en compte, au-delà de la dimension biophysique, des éléments monétaires, pourrait être construite.

Chapitre 13

Besoins de connaissances et identification de questions de recherche

Les travaux d'évaluation des biens et services écosystémiques produits par les milieux humides français menés dans le cadre de l'EFESE ont permis d'identifier un certain nombre de besoins de connaissances qui peuvent permettre d'orienter les futurs travaux dans le domaine.

Une connaissance encore imparfaite des milieux humides et de leurs fonctionnalités

Les milieux humides, notamment parce qu'ils recouvrent un ensemble d'écosystèmes très divers et qu'une grande part d'entre eux a disparu au cours des dernières décennies, ne font pas l'objet à l'heure actuelle d'un inventaire cartographique exhaustif totalement robuste pour l'ensemble des territoires métropolitain et ultramarin. La construction d'une carte des milieux potentiellement humides en 2014 par la DEB, l'Inra et AgroCampus Ouest a permis de poser les bases d'un cadre de référence. Ce travail de conciliation des différents inventaires régionaux et locaux existants doit être poursuivi.

Orientation 1

Lancer un travail d'affinement de la carte des milieux potentiellement humides permettant, grâce aux recoupements avec d'autres bases cartographiques, de renforcer sa pertinence et de l'étendre aux territoires d'Outre-mer.

Si plusieurs travaux ont caractérisé les biens et services écosystémiques produits par les milieux humides dans leur ensemble, il n'existe pas, à l'heure actuelle, de déclinaison de cet exercice au niveau français pour l'ensemble des sous-types de milieux humides.

Orientation 2

Sur la base de la littérature scientifique, d'un examen approfondi des études de cas menées localement en France métropolitaine et en outre-mer, lancer un groupe de travail pluridisciplinaire composé d'experts (écologues, hydrologues, sociologues, économistes, etc.) dans le but d'établir une matrice de correspondance entre les différents sous-types de milieux humides présents au niveau national, tels que définis dans l'EFESE, et les différents biens et services écosystémiques qu'ils produisent.

Des données biophysiques insuffisantes pour permettre une évaluation monétaire exhaustive, au niveau national, des services écosystémiques de régulation

Bien que n'ayant pu aboutir à une métrique monétaire pour l'ensemble des biens et services écosystémiques et bien que n'ayant pas pu évaluer l'ensemble des dimensions de l'ensemble de ces mêmes biens et services, l'évaluation conduite sur les milieux humides dans le cadre de l'EFESE a permis de mettre en évidence que les plus gros enjeux se situaient autour des services de régulation. Pour la seule rétention de l'azote par les rivières, l'évaluation met en avant une valeur de service de plus de deux milliards d'euros à l'échelle nationale.

À la lumière de la littérature existante, les méthodes basées sur les coûts sont apparues comme les mieux adaptées pour conduire l'évaluation monétaire sur ces services de régulation. Cette pertinence tient au fait que ces services sont davantage appréhendés comme des processus que comme des usages finaux, comme peuvent l'être les biens et les services culturels. Ne pouvant être évalués *via* le produit final commercialisé d'une filière (comme le tourisme fluvial ou la pêche de loisir par exemple), les services de régulation obligent à adopter une logique inverse et à qualifier avec précision les niveaux de service exacts (abattement en polluants par exemple) pour chaque sous-type de milieux humides pour pouvoir appréhender l'ampleur du bénéfice retiré au final par les sociétés humaines.

Cet état de fait a permis de mettre en exergue l'absence de données biophysiques exhaustives caractérisant les différentes fonctions des divers types de milieux humides et permettant, *in fine*, de procéder à une évaluation monétaire des services de régulation associés. Afin d'y remédier, le présent rapport conclut à la nécessité, pour les futurs travaux de recherche, de porter sur la construction de modèles hydrauliques et de processus bio-géochimiques propres à chaque sous-type de milieux humides présents au niveau français.

Orientation 3

Pour le service de régulation de la qualité de l'eau, la méthodologie existante pour la rétention de l'azote par les rivières pourrait être déclinée à l'ensemble des milieux humides afin de disposer d'une évaluation nationale exhaustive de cette composante du service. Une déclinaison de cette même méthodologie sur les autres types de polluants (phosphore, matières en suspension, micropolluants organiques) potentiellement retenus et dégradés par les milieux humides permettrait de chiffrer les autres composantes du service de régulation de la qualité de l'eau à l'échelle nationale.

Orientation 4

Pour le service de régulation des débits de crues, les orientations suivantes peuvent être envisagées pour les futurs travaux d'étude :

- 1) Travailler à la construction de modèles hydrauliques permettant, pour différents types de crues, d'identifier et d'évaluer l'importance des paramètres (hauteur d'eau, durée d'inondation, vitesse de l'eau, quantité de matériaux charriés) qui ont un impact sur les dommages causés. Ce travail devra être décliné selon les types de milieux humides jouant un rôle de régulation des débits de crues.
- 2) Coupler les résultats obtenus avec ceux de modèles hydrologiques et météorologiques d'estimation de la fréquence des événements climatiques à l'origine des crues puis avec des modèles d'évaluation monétaires des dommages afin d'obtenir, *in fine*, une évaluation monétaire annuelle moyennée du service de régulation des débits de crues des milieux humides sur le territoire national.

Orientation 5

Pour le service de régulation du débit d'étiage, les futures études à conduire dans le domaine pourraient porter sur la construction de modèles permettant de caractériser la fréquence des sécheresses en fonction de la présence plus ou moins importante de milieux humides dans la plaine alluviale, afin de mesurer le rôle et la capacité de ces milieux à restituer de l'eau en période d'étiage.

Biens et services écosystémiques culturels : une évaluation monétaire plus simple à mettre en œuvre mais dont l'exhaustivité est rendue complexe par la multiplicité des activités

Pour l'évaluation des biens et des services culturels produits par les milieux humides, les méthodes à préférences révélées, notamment *via* la sous-méthode des prix de marchés, sont apparues comme les plus pertinentes et les plus tangibles. Les estimations monétaires au niveau national des différents biens et services sont alors principalement conditionnées à la disponibilité des données.

Pour les biens, une grande majorité des animaux prélevés par les professionnels en vue d'une commercialisation peut ainsi être appréhendée *via* les référentiels et bilans annuels existants. Seules quelques activités très spécialisées ou locales échappent à l'évaluation et nécessiteraient donc des investigations plus poussées pour être évaluées. Ceci étant, il semble légitime de penser que ces activités spécialisées ne représentent qu'une infime partie du bien pris dans son ensemble et que leur évaluation ne constitue pas une priorité ou un enjeu majeur pour les futurs travaux.

La collecte d'informations complémentaires sur l'ampleur et la nature exacte des prélèvements d'animaux effectués par les non-professionnels apparaît en revanche nécessaire. En l'état, l'évaluation conduite dans le présent rapport sur les prélèvements de poissons s'est appuyée sur un transfert de valeur à partir des volumes prélevés pour la pêche en mer.

Orientation 6

La conduite d'une enquête dédiée, auprès des pêcheurs de loisir en eau douce, permettrait d'évaluer de manière plus précise les volumes de poissons prélevés annuellement en vue d'une autoconsommation.

Pour les services culturels, aucun chiffrage n'a pu être avancé pour le cas d'activités sportives très spécialisées s'inscrivant sur des micromarchés ou pour le cas de services pour lesquels une vision exhaustive de l'ampleur est rendue impossible par l'absence de référentiels (éducation, expérimentation, science). La conduite d'études spécifiques dédiées pourrait permettre de combler les lacunes en termes de données. À cet effet, des pistes avaient été identifiées dans chacune des fiches consacrées à chaque service dans le présent rapport (cf. Chapitre 8).

Afin de ne pas multiplier les études, une alternative pourrait consister à conduire une étude nationale dressant le bilan de toutes les dépenses pour les usages récréatifs en milieux humides.

Orientation 7

Conduire une étude au niveau national sur l'ensemble des services culturels propres aux milieux humides. Par le biais d'une enquête, cette étude pourrait interroger la population sur la part des dépenses dédiées au plaisir du paysage, à la chasse, à l'observation des oiseaux, etc. afin de capter l'ensemble des composantes relatives aux différents services.

Cette étude permettrait de résoudre le problème de la collecte de données concernant des micromarchés propres à certains sports ou activités.

Elle permettrait également d'obtenir des résultats chiffrés pour des activités ne s'exprimant pas nécessairement sur un marché.

Enfin, elle pourrait permettre, si elle calibrée correctement, d'obtenir des résultats spatialisés permettant d'établir une première cartographie française des services culturels produits par les milieux humides en France.

Références



Partie 1 – Les milieux humides et aquatiques continentaux

Chapitre 1 – Définition, typologie et cartographie

Agence de l'eau Loire-Bretagne, 2002. *Zones humides : typologie et caractéristique - Les zones humides et la ressource en eau - Guide technique*, Etude sur l'eau n°89. 38 p.

Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 2001. *Fonctionnement des zones humides – Première synthèse des indicateurs pertinents. Guide technique du Sdage n°5*. Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 146 p.

Agence de l'eau Seine-Normandie, 2006. *Cartographie des zones à dominante humide du bassin Seine-Normandie*. [en ligne] <http://sigessn.brgm.fr/spip.php?article76>

Agences de l'eau, Onema, 2012. *Les milieux aquatiques - Fiches pédagogiques Apprenons l'eau*. 4 p.

Aquaportail, 2015. *Que signifie aquaculture?* [en ligne] <http://www.aquaportail.com/definition-1858-aquaculture.html>

Barnaud G. et al., 2007. *Conserver les zones humides : Pourquoi ? Comment ?*, Educagri éditions/Quae éditions, 296 p.

Binet T. et al., 2016. *Les bénéfices de la protection des mangroves de l'outre-mer français par le Conservatoire du littoral : évaluation économique à l'horizon 2040*, 24 p.

Cizel O. et al., 2010. *Protection et gestions des espaces humides et aquatiques*. Guide juridique, Pôle-relais Lagunes, Agence de l'eau RMC

Convention sur la diversité biologique, 2010. 3^e édition des *Perspectives mondiales de la diversité biologique*. Montréal, 94 p.

Direction de l'eau et de la biodiversité, Agrocampus Ouest, Inra d'Orléans, 2014. *Milieux potentiellement humides de France*. [en ligne] http://geowww.agrocampus-ouest.fr/web/?page_id=1723

Direction de l'eau et de la biodiversité, Agrocampus Ouest, Inra d'Orléans, 2014. *Enveloppes des milieux potentiellement humides de la France métropolitaine – Notice d'accompagnement*. [en ligne] http://geowww.agrocampus-ouest.fr/metadatas/pdf/Notice_MPH_France-1.pdf

HydroQuebec, *Ouvrages de retenues* [en ligne] <http://www.hydroquebec.com/comprendre/hydroelectricite/ouvrages-retenu.html>

Laplace-Dolonde A., 2003. *Les tourbières : Facteurs essentiels du fonctionnement hydrique* dans Les zones humides et l'eau, Cahier thématique du PNRZH, MEDD, Agences de l'eau, BRGM, p. 7-12.

Le Barz C. et al., 2009. *Les roselières en France métropolitaine : premier inventaire (1998 – 2008) dans Faune sauvage n°283*, p. 14-26.

Le Bihan J. et al., 2008. *Synthèses sur les zones humides françaises, à destination des gestionnaires, élus et acteurs de terrains – Les Etangs*. 62 p.

Mérot et al., 2005. *Typologie fonctionnelle établie pour des milieux humides de fonds de vallées en Bretagne*. [en ligne] <http://www.zones-humides.eaufrance.fr/typologie-pee>

Piégay H. et al., 2003. *Les forêts riveraines des cours d'eau : écologie, fonctions et gestion*. IDF. 463 p.

Pôle relais mare, zones humides intérieures et vallées alluviales, *Les zones humides*. [en ligne] <http://www.pole-zhi.org/prairie-inondable>

Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'eau, 2014. *Dictionnaire des données – Description des milieux humides*. SANDRE, 63 p.

Schnitzler A. et al., 2003. *Concepts architecturaux et particularités écosystémiques des ripisylves* dans Les forêts riveraines des cours d'eau. P. 30-45

SOeS, MNHN, 2009. *Les milieux à composante humide en France métropolitaine*. [en ligne]

UE SOeS, Corine Land Cover, IGN, BD Cartho, 2006. *Répartition des zones humides et des surfaces en eau par canton selon Corine Land Cover*. <http://siecorse.eaurmc.fr/milieux-continentaux/zones-humides/documents/chapitres-guide-juridique/connaissance-zh.pdf>

UICN France, 2015. *Les écosystèmes d'eau douce - Collection Panorama des services écologiques fournis par les milieux naturels en France. Volume 2.5*. 24 p.

Chapitre 2 – Fonctionnement écologique

- Barnaud G., Fustec E., 2007. *Conserver les zones humides : Pourquoi ? Comment ?*, Educagri éditions/Quae éditions, 296 p.
- Cosandey C., 2003. *Les eaux courantes – Géographie et environnement*, Belin Sup. (Géographie), Paris, 240 p.
- Cowardin L.M. et al., 1979. *Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States*. U.S. Fish and Wildlife Service, Washington DC, 103 p.
- Golet F.C. et al., 1993. *Ecology of Red Maple Swamps in the Glaciated Northeast: A Community Profile*. U.S. Fish and Wildlife Service, Washington DC, 151 p.
- Guyot G., 1997. *Climatologie de l'environnement, de la plante aux écosystèmes*, Masson, Paris, 505 p.
- Mitsch W.J., Gosselink J.G., 2015. *Wetlands*. (5th ed.), Wiley, New York, 736 p.
- Mouquet N., Gounand I., Gravel D. 2010. *Biodiversité et fonctionnement des écosystèmes. Regards et Débat sur la Biodiversité #3*, SFE.
- Nixon S.W, Lee V., 1986. *Wetlands and Water Quality*. Technical Report Y-86-2.
- Rabenhorst M.C., 2005. *Biological zero: A soil temperature concept*. *Wetlands* 25 :616-621.
- UICN France, 2015. *Les écosystèmes d'eau douce* dans la collection Panorama des services écologiques fournis par les milieux naturels en France. Volume 2.5, 24 p.
- Veyret F., 2003. *La France : milieux physiques et environnement*, Armand Colin, Paris, 192 p.
- Vepraskas M.J., 1995. *Redoximorphic features for Identifying aquatic conditions*. Technical Bulletin 301, North Carolina Agricultural Research Service, 33 p.

Chapitre 3 – Interactions avec les autres grands types d'écosystèmes

- Albergel J., Pepin Y., Nasri S., Boufara M., 2003. *Erosion et transport solide dans des petits bassins versants méditerranéens*. *Hydrology of the Mediterranean and Semiarid Regions*. IAHS n°278. p 373-379.
- Barnaud G., Fustec E., 2007. *Conserver les zones humides : Pourquoi ? Comment ?*, Educagri éditions/Quae éditions, 296 p.
- Blanchet M., 1977. *Le castor et son royaume*. Delachaux & Niestlé, Lausanne, 311 p.
- Colas S., 2011. *Environnement littoral et marin*. Références, CGDD/SOeS, 163 p.
- CORPEN, 1996. *Qualité des eaux et produits phytosanitaires. Propositions pour une démarche de diagnostic*. Ministère de l'environnement, 120 p.
- CEVA, 2009. *Projet 3. Compléments d'études sur les processus biologiques, hydrologiques et sédimentologiques impliqués dans la marée verte*. 30 p.
- CEVA, 2015. *Projet 4. Suivi des proliférations d'algues vertes sur le littoral breton en complément du contrôle de surveillance DCE*. 101 p.
- Dejoux C., Deelstra H., Wilkinson R., 1981. *Pollution*. In *The ecology and utilization of African inland waters*. UNEP Rep.Proc.Ser., (1): 149-61.
- Direction régionale et interdépartementale de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt d'Île-de-France, 2008. *Mieux utiliser les produits phytosanitaires*. [en ligne] <http://driaaf.ile-de-france.agriculture.gouv.fr/Mieux-utiliser-les-produits> (Consulté le 31 juillet 2015).
- Doriz J-M., Arousseau P., Bourrié G., 2009. *Le phosphore dans l'environnement : bilan des connaissances sur les impacts, les transferts et la gestion environnementale*. Institut océanographique éditeur. *Revue Océanis* n°33, 331 p.
- Durieux B., 1999. *Le Murin des marais, Myotis dasycneme*. p. 52-55. dans *Habitats et activité de chasse des chiroptères menacés en Europe : synthèse des connaissances actuelles en vue d'une gestion conservatrice*. Le Rhinolophe, numéro spécial, 2 : 136 p.
- Faurie C., Ferra C., Médori P., Dévaux J., Hemptinne J-L., 2012. *Ecologie. Approche scientifique et pratique*. 6e édition. Lavoisier, 467 p.

- Frey P., 2008. *Transport solide par charriage à différentes échelles. Application aux cours d'eau de montagne*. 96 p.
- Galloway J., Cowling E., 2012. *The Effects of Precipitation on Aquatic and Terrestrial Ecosystems : A Proposed Precipitation Chemistry Network*. Journal of the Air Pollution Control Association, 28:3, 229-235.
- Gélinas N. et al., 1996. *La bande riveraine en milieu agricole: importance pour les micro-mammifères et l'herpétofaune*. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la Faune et des Habitats, Québec, 47 p.
- Grimaldi C., Baudry J., Pinay G., 2012. *Des zones tampons dans les paysages ruraux pour la régulation de la pollution diffuse*. Innovations Agronomiques 23, p.65-68.
- Guyétant R., 1997. *Amphibiens de France*. Revue française d'aquariologie-herpétologie, supplément aux n°1-2 : 64 p.
- Hansson L., 1998. *Local hot spots and their edge effects: small mammals in oak-hazel woodland*. Oikos 81: 55-62.
- Imbert et al., 2013. *Evidence of late migrant smolts of Atlantic salmon (Salmo salar) in the Loire-Allier System, France*. Cybium 2013, 37(1-2): 5-14.
- Johnson R.J., Beck M-M., 1988. *Influences of shelterbelts on wildlife management and biology*. Agriculture, Ecosystems & Environnement 22 (23): 301-335.
- Joseph P., 2009. *La végétation forestière des Petites Antilles. Synthèse biogéographique et écologique, bilan et perspectives*. Editions Karthala, 480 p.
- Longuepee J., Petit O., 2007. *Les interactions entre eau douce et eau marine : étude des risques potentiels et modalités de gestion*. 18 p.
- Maridet L., 1995. *La végétation aux abords des rivières : source de vie et d'équilibre*. 16 p.
- Martin P et al., 2012. *Experimental study of the influence of photoperiod and temperature on the swimming behaviour of hatchery-reared Atlantic salmon (Salmo salar) smolts*, Aquaculture, doi: 10.1016/j.aquaculture.2011.11.047
- Médard P., Guibert E., 1992. *Données préliminaires sur l'écologie du Vespertilion de Capaccini, Myotis capaccinii en Languedoc-Roussillon*. Actes du XVI^e Colloque de la Société française pour l'étude et la protection des mammifères, Muséum d'histoire naturelle de Grenoble, 16-29.
- Molnar N., 2011. *Impact des effluents de la crevetteculture sur la dynamique de la matière organique benthique et leurs implications sur les processus biogéochimiques dans une mangrove (Nouvelle-Calédonie)*. Thèse de doctorat en biogéochimie et écologie marine, sous la direction de Tarik Meziane, Museum national d'histoire naturelle, 274 p.
- ONMH, 2014. *Rapport de l'Observatoire national des milieux humides : « Agriculture, aquaculture et milieux humides : Chiffres clés »*. 34 p.
- Piégay H., Pautou G., Ruffinoni C., 2003. *Les forêts riveraines des cours d'eau, écologie, fonctions et gestion*. Institut pour le développement forestier, 465 p.
- Ramade F., 2007. *Introduction à l'écotoxicologie. Fondements et applications*. Lavoisier, 609 p.
- Ramade F., 2009. *Éléments d'écologie : Ecologie fondamentale*. 4e édition. Dunod, Paris, 689 p.
- Ramade F., 2011. *Introduction à l'écotoxicologie. Les substances chimiques de l'écosphère à l'homme*. Lavoisier, 791 p.
- Ricklefs R., Miller G. 2005. *Ecologie*. Traduction de la 4^e édition. De Boeck & Larcier. 821 p.
- Schindler D.W., 1988. *Effects of Acid Rain on Freshwater Ecosystems*. Science, vol. 239.
- SoeS, 2014. *L'environnement en France*. Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, 383 p.
- Thollot P., 1992. *Les poissons de mangrove du lagon Sud-Ouest de Nouvelle-Calédonie*. Thèse de doctorat en océanologie, Centre Océanologique de Marseille – Observatoire des Sciences de l'Univers, 319 p.
- Williamson T., Meurgey F., 2001. *Microhabitats refuges pour les larves d'Ischnura elegans (Vander Linden, 1820) et Platycnemis pennipes (Pallas, 1771) (Odonata, Zygoptera, Platycnemididae et Coenagrionidae)*. Martinia, 17 (3) : 110.

Partie 2 – Etat et tendances d'évolution

Chapitre 4 – Indicateurs d'état et de fonctionnement

Bensettiti F., Puissauve R. 2015. – *Résultats de l'évaluation de l'état de conservation des habitats et des espèces dans le cadre de la directive Habitats-Faune-Flore en France*. Rapportage « article 17 ». Période 2007-2012. MNHN-SPN, MEDDE, Paris, 204 p.

Deceuninck B., Quaintenne G., Ward A., Dronneau Ch., Dalloyau S. 2016. *Synthèse des dénombrements d'Anatidés et de foulques hivernant en France à la mi-janvier 2015*. WI, LPO, DEB. Rochefort.

Eau France, 2015. *L'état des eaux de surface et des eaux souterraines*.

Onema, OIEau, 2015. *L'état des eaux de surface et des eaux souterraines*.

Perennou C., Guelmami A., Gaget E. 2016. *Les milieux humides remarquables, des milieux naturels menacés. Evolution de l'occupation du sol des sites Ramsar de France métropolitaine de 1975 à 2005*. Tour du Valat, OZHM, 58 p.

SOeS, 2012. *Résultats de l'enquête nationale à dire d'experts sur les zones humides - État en 2010 et évolution entre 2000 et 2010*.

SOeS, 2015. *Les pesticides dans les cours d'eau français en 2013*.

SOeS, Onema, 2016. *L'eau et les milieux aquatiques – Chiffres clés – Edition 2016*.

UICN France, MNHN, SFEPM, ONCFS, 2009. *La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Mammifères de France métropolitaine*. Paris, France.

UICN France, MNHN, SFI, ONEMA, 2010. *La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Poissons d'eau douce de France métropolitaine*. Paris, France.

UICN France, MNHN, LPO, SEOF, ONCFS, 2011. *La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Oiseaux de France métropolitaine*. Paris, France.

UICN France, MNHN, SHF, 2015. *La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Reptiles et Amphibiens de France métropolitaine*. Paris, France.

Chapitre 5 – Facteurs de changements et tendances d'évolution

Barnaud G., Fustec E., 2007. *Conserver les zones humides : Pourquoi ? Comment ?*, Educagri éditions/Quae éditions, 296 p.

Bernard G., 2016. *Panorama des services écosystémiques des tourbières en France. Quels enjeux pour la préservation et la restauration de ces milieux naturels ?* Pôle-relais tourbières – Fédération des conservatoires d'espaces naturels, 47 p.

Biotope, 2012. *Vulnérabilité des milieux aquatiques et de leurs écosystèmes – Etude des zones humides*. Etude Explore 2070. 144 p.

BRGM, 2016. *Les polluants émergents : de nouveaux défis pour la gestion des eaux souterraines*.
[en ligne] <http://www.brgm.fr/evnement/polluants-emergents-nouveaux-defis-gestion-eaux-souterraines>

Campbell E., 2014. *L'exploitation des tourbières dans une perspective de développement durable*. Essai. 85 p.

CGDD, 2015. *Analyse économique des espèces exotiques envahissantes en France – Première enquête nationale (2009-2013)*. Etudes & documents, n°130. 128 p.

Dutartre A., Suffran Y. 2011. *Changement climatique et invasions biologiques. Impacts sur les écosystèmes aquatiques, risques pour les communautés et futurs moyens de gestion*. Convention Onema – Cemagref, rapport 2010, 49 p.

Eau France. *Zones humides et modalités de financement*.
[en ligne] <http://www.zones-humides.eaufrance.fr/agir/plans-et-programmes/9emes-programmes-des-agences-de-l-eau>

Evaluation des écosystèmes pour le millénaire, 2005.
[en ligne] <http://www.millenniumassessment.org/fr/Index-2.html>

Gibbs J.P., 2000. *Wetland Loss and Biodiversity Conservation*. Society for Conservation Biology, vol.14, n°1, p.314-317.

Girel J., 2017. *Paysages alluviaux alpins et biodiversité*.
[en ligne] <http://www.encyclopedie-environnement.org/vivant/paysages-alluviaux-alpins-biodiversite/>

Grimaldi C., Baudry J., Pinay G., 2012. *Des zones tampons dans les paysages ruraux pour la régulation de la pollution diffuse*. Innovations Agronomiques 23, p.65-68.

Irstea, Futuribles. 2012. *Prospective Eau, Milieux Aquatiques et Territoires Durables 2030. Annexe du rapport de fin d'étude*. 179 p.

Massu N., Landmann G. 2011. *Connaissance des impacts du changement climatique sur la biodiversité en France métropolitaine. Synthèse de la bibliographie*. ECOFOR. 180 p.

Millenium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-Being : Synthesis*. Island Press and World Resources Institute, Washington, DC. 137 p.

Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2015. *Utilisation du territoire. L'artificialisation des terres de 2006 à 2014 : pour deux tiers sur des espaces agricoles*. Agreste Primeur - Numéro 326 - Juillet 2015.

Ministère de la Transition écologique et solidaire, 2017. *Trame verte et bleue*.
[en ligne] <http://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/trame-verte-et-bleue>

Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer, Ministère des Affaires Sociales et de la Santé, Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2016. *Plan micropolluants 2016-2021 pour préserver la qualité des eaux et de la biodiversité*. 72 p.

Onema, 2014. *Pratiques agricoles et nitrates dans les milieux aquatiques*. Les Synthèses – Numéro 11 – 16 p.

Sarat E., Mazaubert E., Dutartre A., Poulet N., Soubeyran Y., 2015. *Les espèces exotiques envahissantes. Connaissances pratiques et expériences de gestion. Volume 1 - Connaissances pratiques*. Onema. Collection Comprendre pour agir. 252 p.

Sarat E., Mazaubert E., Dutartre A., Poulet N., Soubeyran Y., 2015. *Les espèces exotiques envahissantes. Connaissances pratiques et expériences de gestion. Volume 2 – Expériences de gestion*. Onema. Collection Comprendre pour agir. 240 p.

ONMH, 2014. Rapport de l'Observatoire national des milieux humides : « Agriculture, aquaculture et milieux humides : Chiffres clés ». 34 p.

Pôle relais zones humides intérieures, 2003. *Diversité d'usages sur les grands plans d'eau*. Actes des rencontres nationales. 171 p.

Réseau Lacs sentinelles. *Un réseau au service de la connaissance et de la gestion des lacs d'altitude*.
[en ligne] <http://www.lacs-sentinelles.org/>

SOeS, 2014. *L'environnement en France*. Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, 383 p.

Partie 3 – Biens et services écosystémiques

Agence de l'eau RMC, Ecosphere, Burgeap, 2007. *Délimitation de l'espace de zones humides par fonction qualifiée et par type de milieux*, 230 p.

Asconit, Biotope, Crédoc, 2009. *Le Millenium Ecosystem Assessment appliqué à la France. Etude exploratoire pour une évaluation des services rendus par les écosystèmes en France*.

Campagne C.S., Tschanz L., Tatoni T., 2015. *Outil d'évaluation et de concertation sur les services écosystémiques : la matrice des capacités*, 6 p.

CGDD, 2010. *Conservation et utilisation durable de la biodiversité et des services écosystémiques : analyse des outils économiques - Rapport de la commission des comptes et de l'économie de l'environnement*, 246 p.

CGDD, 2011. *Evaluation économique des services rendus par les zones humides - Enseignements méthodologiques de monétarisation*, 220 p.

CGDD, 2016. *EFESE – L'essentiel du cadre conceptuel*, 4 p.

Grizzetti B., Lanzanova D., Liqueste C., Reynaud A., Cardoso A.C., 2016. *Assessing water ecosystem services for water resource management*. Environmental Science and Policy 61: 194-203.

Finlayson C.M., D'Cruz R., Davidson N.J., 2005. *Ecosystems and human well-being: Wetlands and water. Synthesis*. World Resources Institute, Washington, D.C.

Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale, Sylvie Campagne, 2015. *Evaluation des services écosystémiques potentiellement rendus par les zones humides des territoires du SAGE Scarpe aval et du Parc naturel régional Scarpe-Escaut. Rapport d'étude – Parc naturel régional Scarpe-Escaut*, 62 p.

Morardet S., 2009. *Evaluation économique des services rendus par les zones humides en France : synthèse des travaux existants. Rapport pour la Convention Cemagref-Onema, Action n°30*, Cemagref, UMR G-EAU, Montpellier et Onema

Chapitre 6 – Biens produits par les milieux humides

Animaux (poissons, crustacés, mollusques, amphibiens)

Agence de l'eau Loire-Bretagne, ACTeon, EcoVia, 2011. *Amélioration des connaissances sur les fonctions et usages des zones humides : évaluation économique sur des sites tests – Le cas des étangs de la Grande Brenne*

Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse. *Délimitation de l'espace de zones humides par fonction qualifiée et par type de milieu. ECOSPHERE – BURGEAP. Rapport final. 2007 - corrigé 2008*

Agreste, 2010. *Aquaculture-Pisciculture*.
[en ligne] <http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/gaf12p167-170.pdf>

Agreste, 2014. *Consommation – Synthèses n°2014/256*, 7 p.

AND International, Ministère de l'Environnement, 2009. *Etude socio-economique sur le secteur de la pêche professionnelle en eau douce*, 59 p.

Asconit, Biotope, Crédoc, 2009. *Le Millenium Ecosystem Assessment appliqué à la France. Etude exploratoire pour une évaluation des services rendus par les écosystèmes en France*.

CGDD, ACTeon, EcoVia, Cemagref, 2011. *Evaluation économique des services rendus par les zones humides – Enseignements méthodologiques de monétarisation*, 220 p.

Comité national de la pêche professionnelle en eau douce.
[en ligne] <https://www.lepecheurprofessionnel.fr/>

DPMA, 2014. *Pêche et aquaculture – Chiffres clés – Edition 2014*.

Fédération nationale des chasseurs, BIPE, 2016. *Evaluation du service écosystémique chasse en 2015 – Rapport final de l'étude*, 82 p.

Légifrance. *Arrêté du 23 octobre 2015 relatif à l'encadrement de la pêche de l'anguille de moins de 12 centimètres par les pêcheurs professionnels en eau douce pour la campagne 2015-2016*.

[en ligne] <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000031388703&fastPos=1&fastReqId=487908582&categorieLien=cid&oldAction=rechTexte>

Office national de la chasse et de la faune sauvage, 2016. *Faune Sauvage n° 310 supplément. Enquête nationale sur les tableaux de chasse à tir. Saison 2013-2014. Résultats nationaux. 1^{er} trimestre 2016*. 8 p.

ONMH, 2014. *Rapport de l'Observatoire national des milieux humides : « Agriculture, aquaculture et milieux humides : Chiffres clés »*, 34 p.

Pôles-Relais « zones humides intérieures », 2008. *Synthèses sur les zones humides françaises, à destination des gestionnaires, élus et acteurs de terrains – Les Etangs*.

Région Bourgogne-Franche-Comté, 2016. *Notice explicative pour constituer un dossier de capture de grenouilles rousses – Verison du 21/07/2016*.

Services de l'Etat dans le Doubs, 2016. *Autorisation de commercialisation de grenouilles rousses*
[en ligne] <http://www.doubs.gouv.fr/Politiques-publiques/Environnement/Protection-des-milieux-naturels/Prelevements-d-especes-animales-protégees/Autorisation-de-commercialisation-de-grenouilles-rousses>

Zones Humides Infos – n°43 – Produits des zones humides – 1^{er} trimestre 2004

Autres biens produits par les milieux humides

Asconit, Biotope, Crédoc, 2009. *Le Millenium Ecosystem Assessment appliqué à la France. Etude exploratoire pour une évaluation des services rendus par les écosystèmes en France*.

Chapitre 7 – Services écosystémiques de régulation

Régulation de la qualité de l'eau

Agence de l'eau Adour-Garonne, 2003. *Surcoûts supportés par les usagers domestiques du fait des pollutions par les nitrates et les pesticides*

Agence de l'eau Seine-Normandie. *Redevance pour prélèvement sur la ressource en eau - Alimentation en eau potable*.
[en ligne] <http://www.eau-seine-normandie.fr/index.php?id=7865>

Références

- Agence de l'eau Seine-Normandie, Ecodecision, 2011. *Le préventif coûte-t-il plus cher que le curatif ? Argumentaire économique en faveur de la protection des captages*
- Appéré G., Bonnieux F., 2003. *Analyse du comportement face à un risque sanitaire : cas de la consommation non marchande de coquillages*, *Revue d'Economie Politique*, 113 (3), 373-401
- Asconit, Biotope, Crédoc, 2009. *Le Millenium Ecosystem Assessment appliqué à la France. Etude exploratoire pour une évaluation des services rendus par les écosystèmes en France.*
- Barnaud G. et al., 2007. *Conserver les zones humides : Pourquoi ? Comment ?*, Educagri éditions/Quae éditions, 296 p.
- Bernadat C., 2005. *Identification des coûts des mesures préventives et curatives pour respecter les normes d'alimentation en eau potable. Analyse de 3 captages*
- Bonnet M.E., 2008. *Evaluation des actions de lutte contre les pollutions diffuses agricoles (curatif/préventif) dans le cadre de la démarche AAC*
- CGDD, 2011. *Coûts des principales pollutions agricoles de l'eau*, 34 p.
- CGDD, ACTeon, EcoVia, Cemagref, 2011. *Evaluation économique des services rendus par les zones humides – Enseignements méthodologiques de monétarisation*, 220 p.
- CGDD, 2012. *La redevance pour prélèvement d'eau : quelle utilisation pour la gestion quantitative de la ressource ?*, 8 p.
- CGDD, ACTeon, EcoVia, Cemagref, 2012. *Evaluation économique des services rendus par les zones humides – Le cas de la moyenne vallée de l'Oise*, 84 p.
- CGDD, ACTeon, EcoVia, Cemagref, 2012. *Evaluation économique des services rendus par les zones humides – Le cas de la plaine alluviale de la Bassée*, 106 p.
- CGDD, 2014. *Évaluer les bénéfices issus d'un changement d'état des eaux (actualisation en vue du 2^e cycle DCE)*, 64 p.
- CGDD, 2014. *Ressources en eau : perception et consommation des Français – Résultats d'enquête*, 82 p.
- Curie et al., 2006. *Rétention des nitrates dans les zones humides riveraines : Rôle des facteurs hydrologiques, géomorphologiques et biogéochimiques. Approche multi échelle dans le bassin de la Seine. Thèse, Université Pierre et Marie Curie – Paris VI*
- Devaux J., 2008. *Atteinte du bon état des eaux en Seine-Normandie, analyses coûts bénéfiques à différentes échelles*
- Direction générale de la santé, 2005. *La qualité de l'eau potable en France – Aspects sanitaires et réglementaires*. 43 p.
- Drouet M., 2008. *Usine de potabilisation en Seine Amont : bilan technique et financier*
- Ducharne et Fustec, 2003. *Les zones humides : leurs capacités de dénitrification et de rétention des pesticides. Séminaire de Fontainebleau (AESN/SAGEP)- 24 – 25 juin 2003, Actions préventives sur les eaux souterraines : bilan et perspectives*
- Fisher J., Acreman M.C., 2004. *Wetland nutrient removal: a review of the evidence. Hydrology and Earth System Sciences*, 8(4), 673-685
- Gayet G., Baptist F., Baraille L., Caessteker P., Clément J.C., Gaillard J., Gaucherand S., Isselin-Nondedeu F., Poinot C., Quétier F., Touroult J., Barnaud G., 2016. *Méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides – version 1.0. Fondements théoriques, scientifiques et techniques*. Onema, MNHN, p. 310. Rapport SPN 2016 – 91.
- Ifremer. *Classement des zones conchylicoles*.
[en ligne] <https://www.ifremer.fr/lerpc/Activites-et-Missions/Surveillance/REMI/Classement-des-Zones-Conchylicoles>
- Jaffré et al., 2003. *Interactions solides-solutions dans une zone humide à tourbe : le marais de Taligny. (France). Thèse, Université de Tours*, 295 p.
- La Notte A., Maes J., Dalmazzone S., Crossman N.D., Grizzetti B., Bidoglio G., 2017. *Physical and monetary ecosystem service accounts for Europe: A case study for in-stream nitrogen retention*, 12 p.
- Laroque M.M., 2010. *Rémunération des services environnementaux rendus par l'AB*
- Legifrance, *Loi n° 2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques*.
[en ligne] <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000649171&dateTexte=>

Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, IFOP, IFREMER, 2009. *Enquête relative à la pêche de loisir (récréative et sportive) en mer en métropole et dans les DOM – Synthèse des résultats finaux*, 10 p.

Mitsch W.J., Gosselink J.G., 2000. *The value of wetlands: importance of scale and landscape setting*, *Ecological Economics* 35, pp. 25-33.

Observatoire Régional de l'Environnement, 2011. *Les dossiers de l'environnement en Poitou-Charentes n°4 : « Nitrates et pesticides dans l'eau destinée à la consommation humaine »*

PNRZH, 2003. Cahier thématique « les zones humides et l'eau ». *Les micropolluants dans les zones humides*. 63 p.

Real, 1997. Etude de l'efficacité de dispositifs enherbés, ITCF, Agence de l'Eau Loire – Bretagne

République française, 2016. *Projet de loi de finances pour 2016 – Annexe - Agences de l'eau*, 80 p.

SOeS, Onema, 2016. *L'eau et les milieux aquatiques – Chiffres clés – Edition 2016*.

SOeS. *Les prélèvements en eau par usage*.

[en ligne] <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/indicateurs-indices/f/498/1328/prelevements-eau-usage.html>

Régulation des débits de crues

Asconit, Biotope, Crédoc, 2009. *Le Millenium Ecosystem Assessment appliqué à la France. Etude exploratoire pour une évaluation des services rendus par les écosystèmes en France*.

Barnaud G. et al., 2007. *Conserver les zones humides : Pourquoi ? Comment ?*, Educagri éditions/Quae éditions, 296 p.

Cemagref, Onema, 2009. *Convention Cemagref / Onema - Action n°30 - Evaluation économique des services rendus par les zones humides en France : synthèse des travaux existants*, 42 p.

CGDD, 2010. *Evaluation économique des services rendus par les zones humides*

CGDD, ACTeon, EcoVia, Cemagref, 2012. *Evaluation économique des services rendus par les zones humides – Le cas de la moyenne vallée de l'Oise*, 84 p.

CGDD, ACTeon, EcoVia, Cemagref, 2012. *Evaluation économique des services rendus par les zones humides – Le cas de la plaine alluviale de la Bassée*, 106 p.

Département de l'Isère. *Le projet Isère amont*. [en ligne] <https://www.isere.fr/symbhi/projet-isere-amont/>

OCDE, 2014. *Etude de l'OCDE sur la gestion des risques d'inondation – La Seine en Ile-de-France – Résumé exécutif*, 27 p.

Seine Grands Lacs, 2016. *PAPI Francilien : Projet de la Bassée*.

[en ligne] <http://seinegrandslacs.fr/papi-francilien-projet-de-la-bassee>

SOeS, 2013. *La population exposée à des risques d'inondation par cours d'eau*. 6 p.

Zones humides infos n°82-83, 2014. *Zones humides, submersions marines et inondations*, 24 p.

Régulation du débit d'étiage

Asconit, Biotope, Crédoc, 2009. *Le Millenium Ecosystem Assessment appliqué à la France. Etude exploratoire pour une évaluation des services rendus par les écosystèmes en France*.

Agence de l'eau Adour-Garonne, Ecowhat, 2009. *Evaluation économique des zones humides - Désordres hydrauliques sur le bassin de la Charente – Quelques illustrations des services perdus*

Agence française pour la biodiversité, 2017. *La gestion de la sécheresse en 5 questions – réponses !*

[en ligne] <http://www.afbiodiversite.fr/fr/actualites/la-gestion-de-la-secheresse-en-5-questions-reponses>

Barnaud G. et al., 2007. *Conserver les zones humides : Pourquoi ? Comment ?*, Educagri éditions/Quae éditions, 296 p.

Ecosphère, Agence de l'eau RMC, 2006. *Synthèse sur les fonctions des zones humides*. 130 p.

Autres services de régulation produits par les milieux humides

Asconit, Biotope, Crédoc, 2009. *Le Millenium Ecosystem Assessment appliqué à la France. Etude exploratoire pour une évaluation des services rendus par les écosystèmes en France*.

Gilbert D., 2009. *Mystérieuses et étonnantes tourbières*. Dans la revue *En direct – Le journal de la recherche et du transfert de l'arc jurassien*, 2009. 24 p.

Chapitre 8 – Services écosystémiques culturels**Sports d'eau douce, baignade, promenade**

Agence de l'eau Adour-Garonne, 2013. *Analyse socio-économique du tourisme et des activités de loisirs liés à l'eau dans le bassin Adour Garonne. Fiche usage n°1 : Les activités liées au canoë-kayak.*

Agence de l'eau Artois-Picardie, Ecowhat, 2010. *Évaluation des services rendus par les zones humides dans le bassin Artois-Picardie – Etude de cas de la vallée de la Somme.*

Asconit, Biotope, Crédoc, 2009. *Le Millenium Ecosystem Assessment appliqué à la France. Etude exploratoire pour une évaluation des services rendus par les écosystèmes en France.*

Bonzom G., 1996. *Le canyoning et son impact sur l'environnement.* Cahiers du CSSM, no 6, p. 29-31.

CGDD, 2014. *Évaluer les bénéfices issus d'un changement d'état des eaux (actualisation en vue du 2^e cycle DCE),* 64 p.

CGEDD, IGJS, 2016. *Le développement des sports d'eau vive en France. Impact sur les milieux aquatiques.* Rapport CGEDD n° 009206-01

Direction générale de la santé, Agences régionales de santé, 2015. *Etat sanitaire des eaux de baignade en mer et en eau douce – Bilan de la saison balnéaire 2015,* 117 p.

Fédération Française de la Randonnée Pédestre, 2016. *Chiffres clefs 2015.*
[en ligne] https://www.ffrandonnee.fr/_11/missions.aspx

Fédération Française de la Randonnée Pédestre, 2016. *Rapport d'activité 2015,* 48 p.

Insee. *Licences sportives et autres titres de participation par fédération agréée en 2013.*
[en ligne] <http://www.insee.fr/fr/statistiques/2408252#tableau-Donnes>

Leynaud G., Blaise L., 1995. *Le développement des sports et loisirs d'eau vive en France. Impact sur le milieu aquatique et conflits d'usage.*

Ministère de la ville, de la jeunesse et des sports, 2016. *Recensement des équipements sportifs, espaces et sites de pratiques.* [en ligne] <http://www.res.sports.gouv.fr/>

SOeS, 2015. *Les eaux de baignade.*
[en ligne] <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lessentiel/ar/347/0/eaux-baignade.html>

Tourisme fluvial

Asconit, Biotope, Crédoc, 2009. *Le Millenium Ecosystem Assessment appliqué à la France. Etude exploratoire pour une évaluation des services rendus par les écosystèmes en France.*

Barnaud G. et al., 2007. *Conservier les zones humides : Pourquoi ? Comment ?*, Educagri éditions/Quae éditions, 296 p.

Ecosphère, Agence de l'eau RMC, 2006. *Synthèse sur les fonctions des zones humides.* 130 p.

Voies Navigables de France, 2007. *Le tourisme fluvial en France en 2007.* Document de synthèse. 4 p.

Voies Navigables de France, 2013. *Etude sur les retombées économiques – La location de bateaux habitables sans permis en France.* 46 p.

Voies Navigables de France, 2014. *VNF : pour un tourisme fluvial d'avenir.* 12 p.

Voies Navigables de France, 2014. *Etude sur l'impact économique – Les paquebots fluviaux en France.* 62 p.

Voies Navigables de France, 2015. *Les péniches hôtels en France.* 42 p.

Voies Navigables de France, 2016. *Données pratiques et statistiques du tourisme fluvial en France.*
[en ligne] <http://www.vnf.fr/cntf/>

Zones Humides Infos n° 78-79, 2013. *Tourisme, sport et loisirs en zone humide.*

Chasse de loisir

Asconit, Biotope, Crédoc, 2009. *Le Millenium Ecosystem Assessment appliqué à la France. Etude exploratoire pour une évaluation des services rendus par les écosystèmes en France.*

Ecosphère, Agence de l'eau RMC, 2006. *Synthèse sur les fonctions des zones humides.* 130 p.

CGDD, ACTeon, EcoVia, Cemagref, 2011. *Évaluation économique des services rendus par les zones humides – Enseignements méthodologiques de monétarisation*, 220 p.

Fédération nationale des chasseurs, Institut CSA, 2006. *Enquête - Les chasseurs : qui sont-ils ?*, 8 p.

Fédération nationale des chasseurs, BIPE, 2016. *Poids socio-économique, culturel et environnemental de la chasse française*. [en ligne] <http://chasse.bipe.fr/>
Zones humides infos n°55, 2007. *La chasse*. 32 p.

Fédération nationale des chasseurs.
[en ligne] <http://chasseurdefrance.com/decouvrir-la-chasse-en-france/qui-sont-les-chasseurs>

Pêche de loisir

Agence de l'eau Loire-Bretagne, ACTeon, EcoVia, 2011. *Amélioration des connaissances sur les fonctions et usages des zones humides : évaluation économique sur des sites tests – Le cas des tourbières du Cezallier*

Asconit, Biotope, Crédoc, 2009. *Le Millenium Ecosystem Assessment appliqué à la France. Etude exploratoire pour une évaluation des services rendus par les écosystèmes en France*.

BIPE, Fédération Nationale de la Pêche en France et de la protection du milieu aquatique, 2011. *Etude sur les impacts socio-économiques de la pêche de loisir en eau douce en France*.

Ministère de la ville, de la jeunesse et des sports, 2016. *Recensement des équipements sportifs, espaces et sites de pratiques*. [en ligne] <http://www.res.sports.gouv.fr/>

Pôles-Relais « zones humides intérieures », 2008. *Synthèses sur les zones humides françaises, à destination des gestionnaires, élus et acteurs de terrains – Les Etang*

Poulin B., Lefebvre G., et Crivelli A.J., 2007. *The invasive red swamp crayfish as predictor of Eurasian bittern density in Camargue*, France. *Journal of Zoology* 273 : 98-105.

Zones humides infos n°71, 2011. *Poissons, mollusques et crustacés des zones humides*, 28 p.

Zones humides infos n°90-91, 2016. *Zones humides, pêche et pisciculture d'eau douce*

Education

Agence de l'eau Loire-Bretagne, ACTeon, EcoVia, 2011. *Amélioration des connaissances sur les fonctions et usages des zones humides : évaluation économique sur des sites tests – Le cas du marais breton*.

Asconit, Biotope, Crédoc, 2009. *Le Millenium Ecosystem Assessment appliqué à la France. Etude exploratoire pour une évaluation des services rendus par les écosystèmes en France*.

Association Ramsar France, Pôles-relais zones humides, Ligue pour la protection des oiseaux, Société nationale de la protection de la nature, Onema, 2016. *Journée mondiale des zones humides – Bilan Edition 2016*, 10 p.

Observatoire national de la biodiversité, 2016. *Évolution de la participation aux actions d'éducation sensible et citoyenne à la biodiversité*. [en ligne] <http://indicateurs-biodiversite.naturefrance.fr/indicateurs/evolution-de-la-participation-aux-actions-deducation-sensible-et-citoyenne-a-la>

Observatoire national des métiers de l'animation et du sport, 2004. *Etude nationale sur les métiers de l'animation liés à l'environnement*.

Ramsar, 2016. *Le Programme CESP de Ramsar*.
[en ligne] <http://www.ramsar.org/fr/activite/le-programme-cesp-de-ramsar>

Société nationale de protection de la nature / Pôle-relais « mares, zones humides intérieures et vallées alluviales », 2016. *Fête des mares – Bilan Edition 2016*.

Zones humides infos n°90-91, 2016. *Zones humides, pêche et pisciculture d'eau douce*

Expérimentation, science

Asconit, Biotope, Crédoc, 2009. *Le Millenium Ecosystem Assessment appliqué à la France. Etude exploratoire pour une évaluation des services rendus par les écosystèmes en France*.

CGDD, ACTeon, EcoVia, Cemagref, 2011. *Évaluation économique des services rendus par les zones humides – Enseignements méthodologiques de monétarisation*, 220 p.

Aménités paysagères

Asconit, Biotope, Crédoc, 2009. *Le Millenium Ecosystem Assessment appliqué à la France. Etude exploratoire pour une évaluation des services rendus par les écosystèmes en France.*

CGDD, ACTeon, EcoVia, Cemagref, 2011. *Evaluation économique des services rendus par les zones humides – Enseignements méthodologiques de monétarisation*, 220 p.

CGDD, ACTeon, 2011. *Evaluation économique des services rendus par les zones humides – Complémentarité des méthodes de monétarisation*, 50 p.

Chapitre 9 – Patrimoine naturel

Agence de l'eau Seine-Normandie, 2016. *Magazine Confluence #63. L'eau : source de vie, de mythes et de croyances.*

Agence de l'eau Seine-Normandie, 2016. *Magazine Confluence #63. Artoise – Première rivière sauvage de Seine-Normandie.*

Eau France – Site des milieux humides, 2017. *Espaces naturels protégés.*
[en ligne] <http://www.zones-humides.eaufrance.fr/reglementation/espaces-naturels-protectes-0>

Eau France – Site des milieux humides, 2017. *Les sites reconnus.*
[en ligne] <http://www.zones-humides.eaufrance.fr/entre-terre-et-eau/ou-les-trouve-t-on/les-sites-reconnus>

Inventaire national du patrimoine naturel, Muséum National d'Histoire Naturelle, 2016. *Carte des Zones spéciales de conservation en France.*

Inventaire national du patrimoine naturel, Muséum National d'Histoire Naturelle, 2016. *Carte des Zones de protection spéciales en France.*

Inventaire national du patrimoine naturel. *Le réseau Natura 2000.*
[en ligne] <https://inpn.mnhn.fr/programme/natura2000/presentation/objectifs>

Inventaire national du patrimoine naturel. *Les plans nationaux d'actions.*
[en ligne] <https://inpn.mnhn.fr/programme/plans-nationaux-d-actions/presentation>

CGDD, 2016. *EFESE – Rapport intermédiaire*, 162 p.

Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement. *Agir pour la loutre d'Europe - L'essentiel du plan d'actions – 2010-2015.* 7 p.

Ministère de la Transition écologique et solidaire, 2017. *Politique des sites.*
[en ligne] <http://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/politique-des-sites#e4>

Ministère de la Transition écologique et solidaire, 2017. *Protection des milieux humides.*
[en ligne] <http://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/protection-des-milieux-humides>

Ministère de la Transition écologique et solidaire, 2017. *Réseau européen Natura 2000.*
[en ligne] <http://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/reseau-europeen-natura-2000-1>

Office pour les insectes et leur environnement. *Plan national d'actions en faveur des odonates.*
[en ligne] <http://odonates.pnaopie.fr/>

Ramsar, 2017. [en ligne] <http://www.ramsar.org/fr>

Rivières sauvages, 2017. [en ligne] <http://www.rivieres-sauvages.fr/>

Service d'information sur les sites Ramsar, 2017. [en ligne] <https://rsis.ramsar.org/fr/>

UNESCO, 2017. *Liste du patrimoine mondial.* [en ligne] <http://whc.unesco.org/fr/list>

Chapitre 10 – Contraintes

André J.C., Tardieu B., 2013. *Le méthane – D'où vient-il et quel est son impact sur le climat ?* Académie des technologies. 176 p.

Chandelier M., Mathevet R., 2016. *La Camargue, les moustiques et les médias.* Dans la revue *Zones Humides Infos* n° 92-93, 2016. 32 p.

Cizel O., 2016. *La démoustification vue sous l'angle juridique.* Dans la revue *Zones Humides Infos* n° 92-93, 2016. 32 p.

- Ferré J.B., 2016. *La vie des différents moustiques*. Dans la revue *Zones Humides Infos* n° 92-93, 2016. 32 p.
- Foussadier R., 2016. *Rôle écologique et services écosystémiques des moustiques*. Dans la revue *Zones Humides Infos* n° 92-93, 2016. 32 p.
- Ministère des Solidarités et de la Santé, 2017. *Cartes de présence du moustique tigre (Aedes albopictus) en France métropolitaine*. [en ligne] <http://solidarites-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/risques-microbiologiques-physiques-et-chimiques/especes-nuisibles-et-parasites/article/cartes-de-presence-du-moustique-tigre-aedes-albopictus-en-france-metropolitaine>
- Poulin B., 2016. *Les impacts du bacille de Thuringe sur l'environnement*. Dans la revue *Zones Humides Infos* n° 92-93, 2016. 32 p.
- Roche B., Vittecoq M., 2016. *Moustiques et maladies : histoire ancienne et nouvelles stratégies*. Dans la revue *Zones Humides Infos* n° 92-93, 2016. 32 p.
- Chapitre 11 – Bouquets de services
- Banzhaf H.S., Boyd J., 2005. *The Architecture and Measurement of an Ecosystem Service Index. Resources for the Future*, Discussion Paper DP 05-22, Washington, 54 p.
- Burkhard B., Kroll F., Nedkov S., Müller F., 2012. *Mapping ecosystem service supply, demand and budgets*. *Ecol. Indic.* 21, 17–29.
- Campagne C.S., Roche P.K., Gosselin F., Tschanz L., Tatoni T., 2017. *Expert-based ecosystem services capacity matrices: dealing with scoring variability. Ecological Indicators* (en révision).
- Campagne C.S., Tschanz L., Tatoni T., 2016. *Outil d'évaluation et de concertation sur les services écosystémiques : la matrice des capacités*. *Sciences, Eaux et Territoire*, (23), 1–8.
- Couvet D., Arnauld De Sartre X., Balian E., Tichit M., 2016. *Services écosystémiques : des compromis aux synergies* Dans « Roche P.K., Geijendorffer I.R., Levrel H., Maris V. (Eds.), *Valeurs de la biodiversité et services écosystémiques : Perspectives interdisciplinaires*, Collection Update Sciences et Technologies, ed. Quae, Paris, 218 p. »
- Crouzat E., Mouchet M., Turkelboom F., Byczek C., Meersmans J., Berger F., Verkerk P.J., Lavorel S., 2015. *Assessing bundles of ecosystem services from regional to landscape scale: Insights from the French Alps*. *J. Appl. Ecol.* 52, 1145–1155
- Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale (IMBE), Sylvie CAMPAGNE, 2015. *Evaluation des services écosystémiques potentiellement rendus par les zones humides des territoires du SAGE Scarpe aval et du Parc naturel régional Scarpe-Escaut. Rapport d'étude – Parc naturel régional Scarpe-Escaut*, 62 p.
- Jacobs S., Burkhard B., Van Daele T., Staes J., Schneiders A., 2014. *"The Matrix Reloaded": A review of expert knowledge use for mapping ecosystem services*. *Ecol. Modell.* 295, 21–30.
- García-Nieto A.P., García-Llorente M., Iniesta-Arandia I., Martín-López B., 2013. *Mapping forest ecosystem services: From providing units to beneficiaries*. *Ecosyst. Serv.* 4, 126–138.
- Larondelle N., Haase D., 2013. *Urban ecosystem services assessment along a rural-urban gradient: A cross-analysis of European cities*. *Ecol. Indic.* 29, 179–190.
- Maes J., Paracchini M. L., Zulian G., Dunbar M.B., Alkemade R., 2012. *Synergies and trade-offs between ecosystem service supply, biodiversity, and habitat conservation status in Europe*. *Biological Conservation*, 155, 1–12.
- Mouchet M.A., Lamarque P., Martín-López B., Crouzat E., Gos P., Byczek C., Lavorel S., 2014. *An interdisciplinary methodological guide for quantifying associations between ecosystem services*. *Glob. Environ. Chang.* 28, 298–308.
- Raudsepp-Hearne C., Peterson G.D., Bennett E.M., 2010. *Ecosystem service bundles for analyzing tradeoffs in diverse landscapes. Proceedings of the National Academy of Science of the U.S.A.* 107, 5242–7.
- Schröter M., Albert C., Marques A., Tobon W., Lavorel S., Maes J., Brown C., Klotz S., Bonn A., 2016. *National Ecosystem Assessments in Europe: A Review*. *Bioscience* biw101.
- Schulp C.J.E., Burkhard B., Maes J., Van Vliet J., Verburg P.H., 2014. *Uncertainties in Ecosystem Service Maps: A Comparison on the European Scale*. *PLoS One* 9, e109643.
- Seppelt R., Dormann C.F., Eppink F. V., Lautenbach S., Schmidt S., 2011. *A quantitative review of ecosystem service studies: approaches, shortcomings and the road ahead*. *J. Appl. Ecol.* 48, 630–636.

Partie 4 – Options pour le développement durable (options pour la transition écologique et enjeux pour les politiques de conservation et l'utilisation durable de la biodiversité)**Chapitre 12 – Options pour la transition écologique et enjeux pour les politiques de conservation et l'utilisation durable de la biodiversité**

Agence de l'eau Seine-Normandie, 2003. *WATECO - Economie dans la Directive cadre sur l'eau – Résumé du guide de méthode européen*, 43 p.

Asconit, CGDD, Credoc, 2013. *ESAWADI - Approche par les services écosystémiques pour la mise en œuvre de la Directive cadre l'eau - Rapport de l'étude de cas sur la Dordogne moyenne*, 133 p.

Asconit, Onema, Commission Européenne DG R&I, 2013. *Mise en œuvre de la Directive cadre sur l'eau – Quand les services écosystémiques entrent en jeu*, 208 p.

Binet T. et al., 2016. *Les bénéfices de la protection des mangroves de l'outre-mer français par le Conservatoire du littoral : évaluation économique à l'horizon 2040*, 24 p.

CGDD, 2014. *Évaluer les bénéfices issus d'un changement d'état des eaux, Actualisation en vue du 2^e cycle DCE*, 64 p.

CGDD, 2017. *Comment réparer des dommages écologiques de moindre gravité ?*, 86 p.

Conservatoire du littoral, 2016. *Les chiffres clés du littoral 2015*, 64 p.

Direction de l'Eau et de la Biodiversité, 2014. *3^e plan national d'action en faveur des milieux humides*, 31 p.

Direction des Études Économiques et de l'Évaluation Environnementale, 2005. *Évaluer les bénéfices environnementaux sur les masses d'eau*, 116 p.

Direction des Études Économiques et de l'Évaluation Environnementale, 2007. *Évaluer les bénéfices environnementaux issus d'un changement d'état des eaux*, 13 p.

Eau France, 2016. *L'eau dans le bassin Rhône-Méditerranée – Le contexte réglementaire de la Directive inondation*. [en ligne] <http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/gestion/inondations/contexteDI.php>

MEA, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends, Volume 1*, Island Press, Washington D.C.

Ministère de la Transition écologique et solidaire, 2017. *Guide – Recommandations pour la prise en compte des fonctionnalités des milieux humides dans une approche intégrée de la prévention des inondations*, 188 p.

ONEMA, 2017. *Futur des réseaux de services écologiques et conséquences pour la gestion de l'eau et des milieux aquatiques*, 110 p.

TEEB, 2010. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity : Mainstreaming the Economics of Nature : A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB*. UNEP, 2-39.

Annexes

Sommaire

200 – Annexe 1 – Glossaire

202 – Annexe 2 – Sigles et abréviations

203 – Annexe 3 – Définitions issus de travaux nationaux et internationaux caractérisant les milieux humides et aquatiques continentaux

205 – Annexe 4 – Eléments d'adaptation de la typologie Sdage 1996 pour les besoins de l'EFESE

206 – Annexe 5 – Eléments de définition et de caractérisation des milieux humides et aquatiques continentaux de la typologie retenue pour l'EFESE

209 – Annexe 6 – Travaux cartographiques existants sur les milieux humides

211 – Annexe 7 – Nuisances associées aux espèces exotiques envahissantes des milieux humides et types de milieux humides concernés

212 – Annexe 8 – Classification des biens et services écosystémiques retenus dans le cadre de l'EFESE

213 – Annexe 9 – Classification des services écosystémiques propres aux milieux aquatiques définie par B. Grizzetti et al. (2016)

214 – Annexe 10 – Classification des services écosystémiques propres aux zones humides définie par C. Finlayson et al. (2005)

215 – Annexe 11 – Eléments sur les principales méthodes d'évaluation monétaire des biens et services écosystémiques

216 – Annexe 12 – Méthode de quantification de la capacité épuratoire des zones humides pour les nitrates

218 – Annexe 13 – Données sur les équipements sportifs pour quelques sports d'eau douce

226 – Annexe 14 – Données sur les équipements sportifs pour la pêche à la mouche et au lancer et pour la pêche au coup en eau douce

228 – Annexe 15 – Cartographies des sites Natura 2000 en France au 30 septembre 2016

229 – Annexe 16 – Liste des plans nationaux d'actions en faveur des espèces menacées

230 – Annexe 17 – Liste des actions des plans nationaux pour la loutre d'Europe et les odonates

231 – Annexe 18 – Liste des sites Ramsar en France métropolitaine et ultra-marine par ordre chronologique de désignation, en date de juin 2017

233 – Annexe 19 – Liste des critères de sélection en vigueur en date de février 2017 pour l'inscription d'un site sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO

234 – Annexe 20 - Zones humides et services culturels - Une approche par la littérature et le sacré



Annexe 1 – Glossaire

Abiotique : processus qui n'implique aucune réaction biologique.

Aérobic : en présence d'oxygène.

Ammonium : l'ion ammonium (NH_4^+) est un ion polyatomique de charge électrique positive obtenu par protonation de l'ammoniac (NH_3).

Anaérobic : désigne l'absence de dioxygène (O_2) dans un milieu.

Anoxie : désigne le manque de dioxygène (O_2) dans le milieu.

Biomasse : désigne la masse totale d'organismes vivants dans un biotope déterminé à un moment donné.

Biotope : milieu défini par des caractéristiques physicochimiques stables et abritant une communauté d'êtres vivants.

Cariçaie : peuplement de carex (ou laïches) dans les marécages de bord de lac non immergés.

Combe : vallée d'altitude moyenne, très peu ensoleillée, longtemps enneigée et dont la flore est celle des hautes montagnes.

Delta : zone où se déposent des alluvions et qui divise un fleuve en plusieurs bras.

Diatomée : microalgue planctonique.

Effet lisière : désigne le fait que la biodiversité d'une zone de transition est supérieure à la somme de la biodiversité des écosystèmes environnants.

Evapotranspiration : quantité d'eau transférée vers l'atmosphère, par l'évaporation au niveau du sol et par la transpiration des plantes.

Exondée : se dit d'une terre immergée qui se découvre, sort de l'eau.

Fagne : petits marais se situant aux endroits les plus élevés.

Gleyification : processus pédologique par lequel un sol ou une partie de sol se transforme en glaise.

Halophile : organisme qui recherche les milieux salés pour son développement.

Hydrocarbure Aromatique Polycyclique (HAP) : hydrocarbures dont les atomes de carbone sont disposés en anneaux fermés (benzénique) unis les uns aux autres sous forme de groupes (4 à 7 noyaux benzéniques). Ces composés sont générés par la combustion de matières fossiles (notamment par les moteurs diesels) sous forme gazeuse ou particulaire.

Hélophyle : organisme qui recherche la vase pour son développement.

Hygrophile : un organisme est dit hygrophile lorsque l'humidité est nécessaire à son bon développement.

Hydrophyte : se dit d'un type de plante qui vit immergée dans l'eau une bonne partie de l'année, voire toute l'année.

Hypnacée : famille de bryophytes (mousse).

Laïche (ou Carex) : plantes à feuilles souvent coupantes, à tiges souvent de section triangulaire, qui poussent dans les milieux humides.

Limicole : nom donné aux oiseaux à longues pattes qui fréquentent les zones humides (marais, bords de lacs, prairies inondées, etc.), quel que soit leur groupe zoologique.

Lit majeur : espace situé entre le lit mineur et la limite de la plus grande crue historique répertoriée.

Lit mineur : espace fluvial, formé d'un chenal unique ou de chenaux multiples et de bancs de sables ou galets, recouverts par les eaux coulant à plein bord avant débordement.

Macrophyte : terme générique pour désigner toutes les plantes aquatiques visibles à l'œil nu.

Mésophile : se réfère à un organisme qui est capable de croître dans des conditions temporaires de sol sec ou engorgé par l'eau.

Niche écologique : désigne la position qu'occupe une espèce dans un écosystème donné en fonction des ressources qu'elle exploite et de ses relations avec les autres espèces.

Nitrate : sel de l'acide nitrique de formule NO_3^- utilisé dans les engrais.

Nitrite : sel de l'acide nitreux de formule NO_2^- .

Polychlorobiphényles (PCB) : produits chimiques organiques chlorés utilisés pour leur grande stabilité thermique et leurs caractéristiques électriques.

Phtalate : ayant l'aspect de liquides visqueux, transparents et incolores, les phtalates sont utilisés dans l'industrie comme plastifiants. Ils apportent aux matières plastiques souplesse, transparence et durabilité. Ils sont notamment utilisés dans certains emballages alimentaires.

Rhizosphère : région du sol directement formée et influencée par les racines et les micro-organismes associés.

Richesse spécifique : désigne le nombre d'espèces de faune et/ou de flore présentes dans l'espace considéré.

Saumâtre : qui est composé d'un mélange d'eau douce et d'eau de mer, et présente un degré de salinité intermédiaire.

Sphaigne : genre de bryophyte (mousse).

Thalweg : désigne la ligne qui rejoint les points les plus bas d'une vallée ou du lit d'un cours d'eau, et qui rassemble les eaux de ruissellement (inverse de la ligne de crête).

Vasière : étendue de sédiments meubles (vases) déposés sur les rivages marins, les estuaires ou les deltas et découvertes à marée basse.

Annexe 2 – Sigles et abréviations

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières
CarHab : Cartographie nationale des Habitats terrestres
CDB : Convention pour la diversité biologique
CEA : Commissariat à l'Energie Atomique et aux énergies alternatives
Cérema : Centre d'Etudes et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement
CEVA : Centre d'Etude et de Valorisation des Algues
CIRAD : Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement
CGAAER : Conseil Général de l'Alimentation, de l'Agriculture et des Espaces Ruraux
CGEDD : Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable
CGDD : Commissariat Général au Développement Durable
CNRS : Centre National de Recherche Scientifique
CORPEN : Comité d'Orientation pour des Pratiques agricoles respectueuses de l'Environnement
CSP : Code de la Santé Publique
DEB : Direction Eau et Biodiversité
DHFF : Directive Habitat-Faune-Flore
DOM : Département d'Outre-Mer
Dreal : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
EEE : Espèces Exotiques Envahissantes
EFESE : Evaluation Française des Ecosystèmes et Services Ecosystémiques
FCEN : Fédération des Conservatoires d'Espaces Naturels
Giec : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
Ifop : Institut Français d'Opinion Publique
Ifremer : Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
INPN : Inventaire National du Patrimoine Naturel
Inra : Institut National de Recherche Agronomique
IPBES : Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services
IRD : Institut de Recherche pour le Développement
Irstea : Institut national de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture
MAAF : Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt
MAES : Mapping and assesment of ecosystems and their services
MASS : Ministère des Affaires Sociales et de la Santé
MEDDE : Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie
MEEM : Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer
MNHN : Muséum National d'Histoire Naturelle
MTES : Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire
NQE : Normes de Qualité Environnementale
OIEau : Office International de l'Eau
ONCFS : Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage
Onema : Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques
ONMH : Observatoire National des Milieux Humides
PAPI : Programme d'Actions de Prévention des Inondations
PLU : Plan Local d'Urbanisme
PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement
ROE : Référentiel des Obstacles à l'Ecoulement
Sage : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
Sandre : Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'eau
Sdage : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SIG : Système d'Information Géographique
SOeS : Service de l'Observation et des Statistiques (devenu en 2017 **SDES** : Service de la Donnée et des Etudes Statistiques)
UE : Union Européenne

Annexe 3 – Définitions issus de travaux nationaux et internationaux caractérisant les milieux humides et aquatiques continentaux

Loi sur l'eau 1992 (Barnaud, 1991)

« Les zones humides se caractérisent par la présence, permanente ou temporaire, en surface ou à faible profondeur dans le sol, d'eau disponible douce, saumâtre ou salée. Souvent en position d'interface, de transition, entre milieux terrestres et milieux aquatiques proprement dits, elles se distinguent par une faible profondeur d'eau, des sols hydromorphes ou non évolués, et/ou une végétation dominante composée de plantes hygrophiles au moins pendant une partie de l'année. Enfin, elles nourrissent et/ou abritent de façon continue ou momentanée des espèces animales inféodées à ces espaces. Elles se trouvent en lisière de source, de ruisseaux, de fleuves, de lacs, en bordure de mer, de baies et d'estuaires, dans les deltas, dans les dépressions de vallée ou dans les zones de suintements à flanc de collines ».

Définition de la Conférence Internationale des Saintes-Maries-de-la-mer (1964)

« Toutes les régions marécageuses et toutes les étendues d'eau de moins de six mètres de profondeur, qu'elles soient douces ou salées, temporaires ou permanentes, stagnantes ou courantes. »

Définition de la Convention de Ramsar (1971)

« Les zones humides sont des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres. »

« Article 2 : les limites de chaque zone humide devront être décrites de façon précise et reportées sur une carte, et elles pourront inclure des zones de rives ou de côtes adjacentes à la zone humide et des îles ou des étendues d'eau marine d'une profondeur supérieure à six mètres à marée basse, entourées par la zone humide, particulièrement lorsque ces zones, îles ou étendues d'eau, ont de l'importance en tant qu'habitat des oiseaux d'eau. »

Définition de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature et de ses ressources (1973)

« Milieux aquatiques, aussi bien marins que côtiers ou continentaux, pour autant qu'ils soient de faible profondeur, partant des terres temporairement inondées et de tourbières tout juste imbibées, sans surface d'eau permanente, elles vont jusqu'aux lacs et étangs d'une profondeur n'excédant pas six mètres. »

Programme Biologique International (Rapport MAB-Unesco, 1974)

Une zone humide est une zone dominée par des plantes herbacées particulières, dont la production se situe surtout au dessus du niveau de l'eau tandis qu'elles reçoivent des quantités d'eau qui seraient excessives pour la plupart des végétaux supérieurs présentant des organes aériens.

Zone humide : Toute zone de transition entre les systèmes terrestres et aquatiques où la nappe phréatique est proche de la surface du sol, ou dans laquelle cette surface est recouverte d'eau peu profonde, de façon permanente ou temporaire.

Définition de l'Unesco, d'après le PBI (1975)

« Toute zone de transition entre les systèmes terrestres et aquatiques où la nappe phréatique est proche de la surface du sol, ou dans laquelle cette surface est recouverte d'eau peu profonde, de façon permanente ou temporaire. »

Définition de Jouanin (dans Penn ar Bed 1979)

« Les zones humides sont des milieux où la terre et l'eau sont en contact étroit, d'où exaltation des échanges entre écosystèmes différents, que la lumière pénètre dans toute leur épaisseur, d'où le développement de la photosynthèse et par voie de conséquence, des constituants de la flore et de la faune. »

Définition du Canadian Wetland Registry (1979)

« Une zone humide est définie comme un terrain ayant un sol soit avec la nappe phréatique proche ou à la surface, soit saturé pendant une période assez longue pour permettre le développement de processus caractéristiques de zones humides ou aquatiques se traduisant par la présence de sols hydromorphes, d'une végétation hydrophyte et d'activités biologiques variées adaptées à un environnement mouillé. »

Définition du service de la conservation de la nature européen (1979)

L'expression zones humides « désigne globalement des milieux tant côtiers que continentaux où l'eau engorge le sol ou le recouvre d'une épaisseur inférieure à six mètres: vasières salées des rivages marins, et des estuaires, marais, tourbières, étangs, marges des lacs, bras morts et zones de faible courant des rivières de plaine et boisements inondables. »

Définition de Manaud et Monbet, France (1980)

« Les zones humides maritimes occupent des zones estuariennes ou lagunaires abritées, périodiquement recouvertes par la marée; elles évoluent généralement en marais saumâtres par fermeture naturelle des cordons littoraux.» Les zones humides d'eau douce comprennent «les lits majeurs, zones basses situées en bordure des cours d'eau, périodiquement inondées par les crues, à boisement dominé par le peuplier et le saule; les marécages occupant des dépressions mal drainées dans lesquelles les débris végétaux s'accumulent sous forme de tourbe et à la surface desquels flotte un tapis végétal. »

Dictionnaire essentiel d'écologie (Touffet, 1982)

Zone humide : On qualifie ainsi tous les milieux où le plan d'eau se situe au niveau de la surface du sol ou à proximité. Ils se trouvent ainsi saturés d'eau de façon permanente ou temporaire par des eaux courantes ou stagnantes, douces, saumâtres ou salées. Il s'y développe une végétation adaptée à un engorgement plus ou moins permanent. On comprend dans les zones humides : les zones halophiles et saumâtres, les marais arrière-littoraux, les marais continentaux, les tourbières, les bordures d'étangs et les berges des eaux courantes, les prairies, landes et bois humides établis sur des sols hydromorphes.

Définition du groupe de travail du CESTA (1986)

« On appellera ici zone humide un milieu ou ensemble de milieux dans lequel l'abondance de l'eau se traduit par un intérêt du point de vue de l'environnement, et/ou par des difficultés particulières d'aménagement rural. »

Définition du Comité Canadien de Classification Ecologique (1987)

« Terres saturées d'eau assez longtemps pour favoriser les processus de milieux humides ou aquatiques : sols mal drainés, végétations hydrophytes et diverses formes d'activités adaptées à ce milieu. »

Loi sur l'eau de 1992

Définition scientifique : « Les zones humides sont les terrains exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre, de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année. Les dispositions ont pour objet une gestion équilibrée de la ressource en eau qui vise à assurer la préservation des écosystèmes aquatiques, des sites et des zones humides ainsi que la protection contre toute pollution et la restauration de la qualité des eaux. »

Définition juridique : « Les zones humides sont des terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire. La végétation, quand elle existe, est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année. En sont exclues les grandes étendues d'eau libre et les zones habituellement parcourues par l'eau courante ». Les cours d'eau et les grands plans d'eau (y compris les lagunes) étaient ainsi clairement exclus de la définition des zones humides».

Glossaire International d'hydrologie (1992)

Zone humide : Zone où les précipitations excèdent l'évaporation potentielle (correspondant à *humid zone* et non à l'américain *wetland* (= zone humide))

Dictionnaire Encyclopédique de l'écologie (Ramade, 1993)

Zones humides (*wetland*) : terme général désignant tous les biotopes aquatiques marécageux ou lagunaires continentaux ou littoraux. Ces derniers sont particulièrement menacés par les drainages et les assèchements pour leur mise en culture.

Annexe 4 – Eléments d'adaptation de la typologie Sdage 1996 pour les besoins de l'EFESE

Niveau 1	Niveau 2 (Types Sdage)	Niveau 3 (Sous-types)
A – Milieux humides littoraux	A1 – Grands estuaires Baies et estuaires moyens plats Marais et lagunes côtiers	A1.1 – Herbiers A1.2 – Vasières A1.3 – Prés Salés A1.4 – Arrières-dunes A1.5 – Lagunes A1.6 – Marais A1.7 – Sansouïres
B – Milieux humides continentaux	B1 – Marais saumâtre aménagés	B1.1 – Marais salants B1.2 – Bassin aquacole
	B2 – Bordure de cours d'eau Plaines alluviales	B2.1 – Grève nue ou végétalisées B2.2 – Annexes fluviales B2.3 – Ripisylves B2.4 – Prairie inondable
	B3 – Zones humides de bas-fonds en tête de bassin	B3.1 – Tourbières B3.2 – Milieux fontinaux B3.3 – Prairies humides B3.4 – Prairies tourbeuses B3.5 – Pozzines
	B4 – Région d'étangs Bordures de plans d'eau (lacs, étangs)	B4.1 – Etangs isolés B4.1 – Bordure de lacs B4.2 – Prairie humide B4.3 – Prairie tourbeuse
	B5 – Marais et landes humides de plaines	B5.1 – Plateau imperméable B5.2 – Zone de source B5.3 – Tourbières B5.4 – Pré-salés
	B6 – Zones humides ponctuelles	B6.1 – Mares temporaires B6.2 – Mares permanentes
	B7 – Marais aménagés dans un but agricole	B7.1 – Rizières B7.2 – Prairies amendées B7.3 – Peupleraies
	B8 – Zones humides artificielles	B8.1 – Contre-canaux B8.2 – Carrières en eau B8.3 – Bassin aquacole intensif
C – Milieux humides d'Outre-mer	C1 – Grands estuaires Baies et estuaires moyens plats Marais et lagunes côtiers	C1.1 – Récifs coralliens C1.2 – Lagons C1.3 – Herbiers marins
	C2 – Marécages	C2.1 – Mangroves
	C3 – Zones humides ponctuelles	C3.1 – Tourbières

En bleu sont représentés les milieux intégrant les réflexions du groupe de travail de l'EFESE consacré aux milieux marins

En vert sont représentés les milieux intégrant les réflexions des groupes de travail de l'EFESE consacré aux milieux marins et aux écosystèmes forestiers

En gris sont représentés les milieux qui sont exclus car à une échelle trop locale ou pouvant entrer dans d'autres catégories (ex : rizières, peupleraie, etc.)

Annexe 5 – Eléments de définition et de caractérisation des milieux humides et aquatiques continentaux de la typologie retenue pour l'EFESE

1) Vallées alluviales

Les vallées alluviales regroupent les zones humides situées le long des cours d'eau, ayant une relation (permanente ou non) avec les eaux de ces derniers. On peut en distinguer trois grands types : les zones humides liées au lit mineur* inondées en quasi-permanence, les zones humides liées au lit majeur* inondées saisonnièrement et les annexes alluviales (SANDRE, 2014).

1.1. Ripisylves

La ripisylve abrite des écosystèmes forestiers dominés par des essences ligneuses, qui bordent le chenal principal et les chenaux secondaires. Ces écosystèmes sont liés à la présence d'une nappe aquifère, et inondés de façon régulière ou exceptionnelle. Leur existence, leur composition floristique et leur extension spatiale sont dépendantes des écoulements phréatiques et superficiels et de l'immense quantité d'énergie due à ces écoulements qui, en se dissipant, peut bouleverser, modifier, restructurer ou anéantir des formations ayant plusieurs décennies d'existence. La ripisylve forme le compartiment « terrestre » de l'hydrosystème (Piégay et al., 2003). Confrontée à des conditions du milieu très contrastées, elle est capable de développer des mécanismes de résistance (système racinaire) et de résilience (forte faculté de réitération et multiplication végétative). Ces adaptations écophysologiques lui permettant de se maintenir dans son environnement. La dynamique fluviale (périodicité et intensité des crues, érosion, etc.) définit alors la composition et la structure de ce milieu qui est naturellement rajeuni et en perpétuel renouvellement (Schnitzler et al., 2003).

1.2. Prairies inondables

Les prairies humides occupent les espaces relativement plats et riches en alluvions, à la limite entre les lits majeurs et mineurs. Soumises à des immersions d'eau douce et courante, elles se distinguent par l'absence de certaines espèces non adaptées à l'inondation et la présence plus marquée d'espèces nitrophiles liées aux dépôts des crues (Pôle relais mare, zones humides intérieures et vallées alluviales, 2015).

1.3. Roselières et cariçaies

Les roselières et grandes cariçaies* hygrophiles sont constituées de grandes héliophytes* qui forment un peuplement presque toujours uniforme, élevé et compact, dominant toute autre forme de végétation herbacée. On trouve les roselières dans les milieux humides à niveau d'eau et salinité variables, leur répartition étant conditionnée par leur tolérance à la submersion et au sel, ainsi que par les pratiques agricoles (Le Barz, 2009).

2) Hauts de bassins versants

Souvent de moyennes ou petites tailles, les milieux humides de hauts de bassins versants sont dispersés ou localisés dans les régions montagneuses ou de collines. Ils sont alimentés en eau par des débordements de ruisseaux, par des ruissellements d'eaux superficielles ou par les eaux de pluies (SANDRE, 2014).

La structure de ces zones dépend de 2 facteurs (Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 2001) :

- leur emplacement au sein du bassin versant (creux, pente, combe*, zones de suintement, plateau de substrat argileux, etc.) ;
- les arrivées d'eau de ruissellement diffus et/ou souterrain, plus ou moins chargées en matières dissoutes et particulaires.

1.1. Marais d'altitude

Les marais englobent divers types de milieux aux faibles profondeurs, allant des roselières qui entourent les lacs aux prés marécageux. Leur régime d'inondation dépend autant des précipitations que des apports d'eau du bassin versant notamment par les sources et les pertes par les fissures de calcaire. Par la simple accumulation de la matière organique morte issue de la décomposition végétale et de la rétention des particules minérales apportées par les eaux de ruissellement, le comblement des marais est naturel et inéluctable (Agence de l'eau Loire-Bretagne, 2002).

1.2. Tourbières

Les tourbières sont des zones humides particulières par leur fonctionnement hydrique et pédologique. L'eau y est présente de façon permanente. Cette hydromorphie se double souvent d'un très faible niveau d'oxygénation. Dans ces conditions, la majorité des processus pédologiques de transformation des composés organiques d'origine végétale est perturbée. La conséquence en est une accumulation de la tourbe, matière organique non minéralisée. Les tourbières constituent des milieux naturels remarquables tant par leur richesse écologique que par leur fragilité (Laplace-Dolonde, 2003). Des processus de tourbification peuvent se déclencher lorsque les conditions d'un bilan hydrique positif sont réunies et qu'il y a une production de matière organique excédentaire. Ces processus peuvent alors donner naissance à

différents types de tourbières en fonction de différents paramètres (origine hydrique, âge et support). Ces milieux sont en constante évolution dans l'espace et dans le temps. La typologie des tourbières peut se faire à partir du pH de l'eau conditionnant la présence d'espèces végétales spécifiques. La dynamique de l'eau (provenance, type d'écoulement en amont et en aval) est également à prendre en compte. On distingue alors deux types de tourbières : les tourbières acides à sphaignes* et les tourbières neutro-alcaline à mousse hypnacées* (Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 2001).

3) Régions d'étangs, lacs et milieux humides associés

3.1. Etangs et régions d'étangs

Les étangs non-artificiels sont des étendues d'eau généralement stagnante, d'une faible profondeur, située dans une cuvette naturelle. Leur profondeur maximale excède rarement 3 mètres, ce qui favorise le développement d'une végétation tant aquatique qu'amphibie et limite l'apparition d'une stratification thermique. Leur profil général, très variable, et les usages qui s'y pratiquent, conditionnent en partie la présence de biodiversité. Ainsi, les pentes douces, en favorisant l'accès et le développement d'une végétation diversifiée, et les îlots, hauts fonds et sinuosités, en offrant des zones de tranquillité et en augmentant la proportion de zones de transition, se révèlent souvent très favorables à la biodiversité. Par ailleurs, une diversification des formes et des profils permet l'installation et le développement d'une végétation diversifiée (Le Bihan, 2008).

Les régions d'étangs sont des zones comprenant plusieurs plans d'eau, les marais associés et les territoires entre les plans d'eau et comportant un réseau hydrologique plus ou moins important (SANDRE, 2014). La qualité écologique d'une région d'étangs est déterminée par différents facteurs : nombre d'étangs, surface totale, diversité des étangs, distance entre les étangs, occupation de l'espace entre les étangs, etc.

3.2. Lacs et bordures de lacs

Les lacs sont des milieux naturels stagnants profonds (plus de 6 mètres). Des zones humides se développent le long des berges de ces lacs, formant des ceintures de végétations depuis la zone en eau.

4) Marais et landes humides de plaines et plateaux

Les zones humides de marais et landes de plaines et plateaux sont localisées dans des dépressions de plaines ou de plateaux naturellement mal drainés, pouvant être exondés* à certaines périodes. Elles sont déconnectées des cours d'eau et souvent alimentées par des nappes (SANDRE, 2014).

La structure de ces zones humides dépend de deux facteurs (Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 2001) : 1) leur emplacement au sein du bassin versant (creux, pente, combe, zones de suintement, plateau de substrat argileux) ; 2) les arrivées d'eau de ruissellement diffus et/ou souterrain, plus ou moins chargées en matières dissoutes et particulaires.

4.1. Landes humides

On distingue différents types de landes par rapport à leur situation géographique et au niveau de la nappe phréatique. Les landes humides occupent le niveau supérieur. La nappe phréatique est sub-affleurante pendant tout l'hiver et, en l'absence de réseau hydraulique artificiel, il suffit d'un faible surcroît de précipitation pour que la lande soit totalement submergée. L'écoulement des eaux est difficile du fait de leur éloignement par rapport à la vallée. La composition des communautés floristiques des landes humides résulte à la fois de la proximité de la nappe phréatique, de la nature du sol et du type d'entretien pratiqué (Agence de l'eau Loire-Bretagne, 2002).

4.2. Prairies paratourbeuses

Entretenues par la fauche, les prairies paratourbeuses présentent une flore très diversifiée dominée par les graminées sur un sol plus ou moins tourbeux, très organique avec une matière organique décomposée non reconnaissable.

4.3. Tourbières

Les tourbières de plaine sont alimentées par des eaux de ruissellement, de sub-surface et souvent des eaux souterraines, de pH neutre ou alcalin, qui transportent des particules et des éléments nutritifs issus des bassins versants. Les roseaux et les laïches* (carex) y sont souvent dominants. Les conditions d'engorgement et d'anoxie* accentués malgré la possibilité de stress hydriques momentanés, favorisent la formation de tourbe (Barnaud, 2007).

4.4. Prés-salés

Les prés-salés sont très rares à l'intérieur des terres. Ils se forment à partir de l'eau de pluie qui s'infiltre à travers des bancs de sel avant d'émerger dans une zone plus basse. On y trouve des plantes halophiles* comparables ou identiques à celle rencontrées habituellement sur le littoral. Ces milieux possèdent une faune caractéristique d'insectes et accueillent de nombreux oiseaux migrateurs (Barnaud, 2007).

5) Cours d'eau

Ces écosystèmes d'eau courante sont constitués d'une succession de milieux dont les caractéristiques sont très variables : torrents, rivières, fleuves, etc. Selon la pluviométrie et les conditions géologiques, le débit des cours d'eau varie entre les crues et les étiages. Leur lit est ainsi remodelé au gré des événements climatiques et contribue à la dynamique des écosystèmes présents. L'écoulement unidirectionnel de l'eau de surface courante, par gravité, permet les transferts d'éléments minéraux et de matière organique de l'amont vers l'aval.

5.1. Torrents

Cours d'eau de montagne caractérisés par une forte pente, les torrents sont des milieux généralement peu profonds. Véhiculant une eau froide (entre 5 et 15°C), claire et bien oxygénée, du fait du courant rapide, les torrents se caractérisent également par une pauvreté en sels nutritifs et un écoulement tumultueux, qui ne permettent qu'un développement limité de la végétation aquatique (Agences de l'eau, 2012).

5.2. Rivières

Les rivières sont des cours d'eau au débit moyen à modéré, recevant des affluents et se jettant dans une autre rivière ou dans un fleuve. L'eau y est plus trouble que dans les torrents du fait d'un plus fort chargement de matières en suspension arrachées le long des berges. La présence abondante de nourriture, le ralentissement du courant et la plus grande clémence de la température, permettent le développement d'une plus grande diversité d'êtres vivants. De nombreuses plantes aquatiques sont fixées sur le fond et les rives de la rivière (Agences de l'eau, 2012).

5.3. Fleuves et ravines

Cours d'eau se jettant dans une mer ou un océan, les fleuves présentent généralement une eau plus riche en substances nutritives que les rivières et torrents, permettant à de nombreuses populations d'organismes animaux et végétaux d'y cohabiter. L'eau peut y être très trouble du fait de l'importance d'éléments minéraux fins et de microalgues en suspension. La température des fleuves est généralement plus élevée que celle des rivières. Elle peut dépasser 20°C en été (Agences de l'eau, 2012).

Les ravines désignent les cours d'eau des îles tropicales, se jetant dans la mer, et pouvant connaître des débits extrêmement importants à la suite de fortes pluies (durant les cyclones principalement). Leur lit peut être très large et profond.

6) Milieux humides artificiels

Les milieux humides artificiels désignent tous les plans d'eau et marais adjacents dès lors qu'ils ont été créés pour des besoins d'activités humaines.

6.1. Etangs

Les étangs artificiels sont créés par barrage d'un thalweg* et/ou surcreusement, à partir d'une dépression naturelle ou bien d'une autre zone humide préexistante – souvent un marais - afin de répondre à un usage donné, à une période donnée : pisciculture, gestion de l'eau, fonctionnement des moulins et des forges, flottage du bois, bassins de rétention, etc. (Le Bihan, 2008).

6.2. Barrages, réservoirs et retenues

Les barrages sont des ouvrages construits sur les cours d'eau dans le but d'en réguler le débit ou de stocker un certain volume d'eau. Les réservoirs ainsi constitués peuvent servir divers usages (irrigation de terres, production d'électricité, alimentation en eau, contrôle des crues, etc.) (HydroQuebec, 2015).

6.3. Carrières

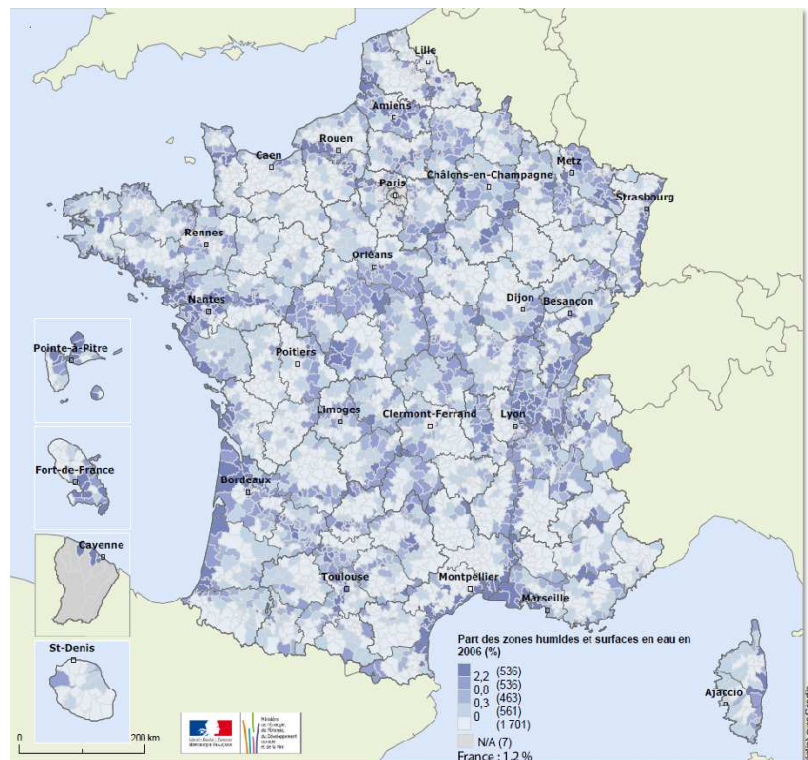
Les carrières en eau sont des plans d'eau artificiels créés après extraction de matériaux dans le sol et mise à nu de la masse d'eau souterraine. Très variable, leur profondeur détermine le développement de la végétation aquatique (Agences de l'eau, 2012).

6.4. Canaux

Cours d'eau artificiels, les canaux sont de différents types et servent des usages anthropiques divers (irrigation, drainage, navigation, etc.). Les canaux peuvent être dépourvus de végétation (eau profonde et turbide), colonisés par les plantes aquatiques (eau moyennement profonde, transparente) ou héliophytes (eau très peu profonde). La pente du canal conditionne la vitesse d'écoulement, et donc les conditions de développement de la vie : possibilités de prolifération du phytoplancton en cas de courant très faible, sélection d'espèces spécialisées en cas de fort courant (Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 2001).

Annexe 6 – Travaux cartographiques existants sur les milieux humides

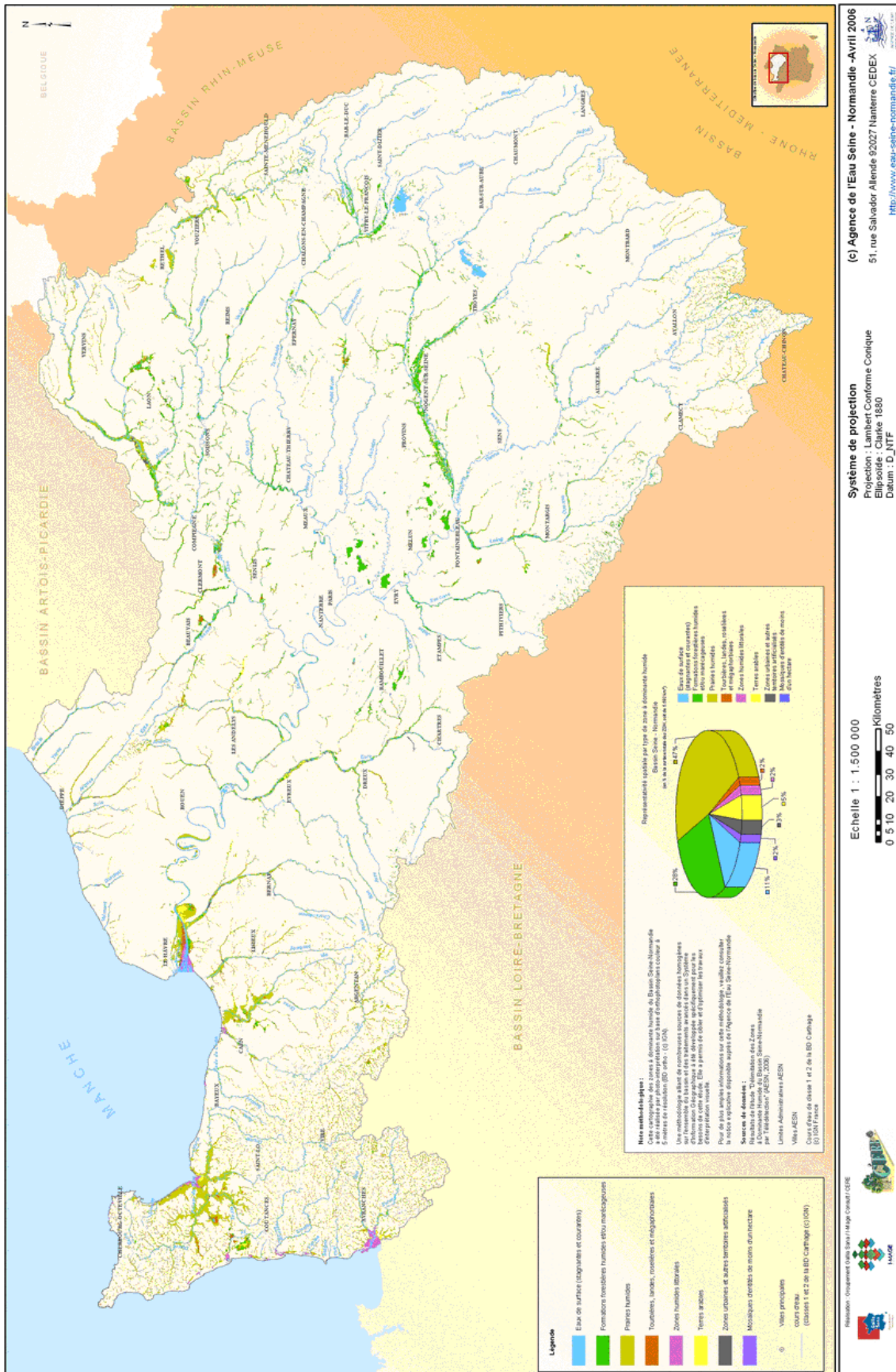
Répartition des zones humides et des surfaces en eau par canton selon Corine Land Cover (UE SOeS, Corine Land Cover 2006. IGN, BD Cartho 2006)



Milieux à composante humide en France métropolitaine (CGDD/SOeS/ONZH – MNHN, 2009)



Zones à dominante humide du bassin Seine-Normandie (Agence de l'eau Seine-Normandie, 2006)



Annexe 7 – Nuisances associées aux espèces exotiques envahissantes des milieux humides et types de milieux humides concernés (Onema, 2015)

Espèce	Type de nuisances	Type de milieux humides
Elodée dense (<i>Egeria densa</i>)	Impacts sur l'écosystème : Disparition des autres espèces floristiques, Participation à l'envasement, Gêne aux écoulements, Facilitation d'algues filamenteuses en surface, Perturbation de la circulation des espèces piscicoles	Eaux stagnantes et courantes
	Impacts sur l'économie : Gêne à la navigation fluviale, Nuisance visuelle, Impact négatif sur les pratiques de pêche, Perturbation des activités de loisirs nautiques, Impact visuel dû aux recouvrements importants des herbiers en surface	
Myriophylle aquatique (<i>Myriophyllum aquaticum</i>)	Impacts sur l'écosystème : Accélération de l'envasement, Altération de la qualité de l'eau, Diminution de la biodiversité par compétition pour la lumière et l'espace	Eaux stagnantes ou à faible courant en conditions ensoleillées : fossés, plans d'eau, cours d'eau lents et zones humides
	Impacts sur l'économie : Gêne pour la pratique des activités de loisir telles que la chasse et la pêche	
Jussies (<i>Ludwigia spp.</i>)	Impacts sur l'écosystème : Diminution du nombre d'espèces végétales indigènes, Disparition d'espèces protégées et/ou patrimoniales, Envasement et comblement des biotopes stagnants, Piégeage des limons et des matières en suspension dans les herbiers, Perturbation de la circulation hydraulique dans les cours d'eau	Zones humides peu profondes, bordures de plan d'eau, chenaux, fossés, bras morts, cours deau à faible débit, prairies humides
	Impacts sur l'économie : Diminution de la quantité et de la qualité des pâtures pour le bétail, Gêne de la circulation des bateaux et petites embarcations, Peut rendre la pêche impraticable	
Sénéçon en arbre (<i>Baccharis halimifolia</i>)	Impacts sur l'écosystème : Compétition avec les espèces végétales indigènes, disparition d'espèces patrimoniales, homogénéisation du milieu, fermeture du paysage, réduction de l'avifaune nicheuse, Erosion des berges	Prés humides, marais et dunes littorales, roselières, canaux
	Impacts sur l'économie : Réduction de l'accessibilité aux cours d'eau	
Ecrevisse de Louisiane (<i>Procambarus clarkii</i>)	Impacts sur l'écosystème : Diminution importante des herbiers aquatiques, Disparition de certaines espèces dont le nénuphar, Modification et simplification de la chaîne trophique, Dégradation des berges et de la qualité de l'eau, Disparition d'espèces endémiques, Transmission de parasites	Cours d'eau et plans d'eau, marais, canaux
	Impacts sur l'économie : Dégâts aux constructions et aux aménagements hydrauliques	
Ecrevisse du Pacifique (<i>Pacifastacus leniusculus</i>)	Impacts sur l'écosystème : Compétition avec les écrevisses à pattes blanches, Prédation importante, Transmission de pathogènes	Petits ruisseaux, grandes rivières, étangs, plans d'eau
Grenouille taureau (<i>Lithobates catesbeianus</i>)	Impacts sur l'écosystème : Prédation importante, Compétition avec les autres espèces de grenouilles, Transmission de pathogènes	Tous types de milieux aquatiques lenticques
	Impacts sur l'économie : Impacts sur les peuplements piscicoles et donc sur la pêche	
Xénope lisse (<i>Xenopus laevis</i>)	Impacts sur l'écosystème : Prédation importante, Diminution de la richesse spécifique des milieux, Modification des réseaux trophiques, Transmission de pathogènes	Milieux aquatiques stagnants (mares, plans d'eau) et cours d'eau (rivières, canaux)
Erismaire rousse (<i>Oxyura jamaicensis</i>)	Impacts sur l'écosystème : Hybridation avec l'erismature à tête blanche	Plans d'eau
Bernache du Canada (<i>Branta canadensis</i>)	Impacts sur l'écosystème : Hybridation avec la Bernache nonette et l'Oie cendrée, Dégradation des berges et des roselières par piétinement, Apport important de nutriments par les déjections avec un risque d'eutrophisation des plans d'eau	Zones humides proches de zones agricoles, étangs, lacs, rivières, roselières
	Impacts sur l'économie : Pollution des eaux de baignade, Dommages sur des prairies surpâturées, souillure d'espaces publics par les déjections	
Ragondin (<i>Myocastor coypus</i>)	Impacts sur l'écosystème : Dégradation des berges, Envasement, Diminution du couvert végétal	Zones de marais, rivières, fossés de drainage, lacs et étangs, digues, roselières
	Impacts sur l'économie : Consommation des cultures, Affaiblissement des ouvrages, Transmission de pathogènes au bétail et à l'homme	
Rat musqué (<i>Ondatra zibethicus</i>)	Impacts sur l'écosystème : Dégradation des berges, Diminution du couvert végétal, Compétition avec les autres espèces, Prédation importante	Eaux courantes et stagnantes riches en végétation
	Impacts sur l'économie : Transmission de pathogènes au bétail et à l'homme, Consommation des cultures, Affaiblissement des ouvrages, Gêne à la pêche et à la pisciculture	
Vison d'Amérique (<i>Neovison vison</i>)	Impacts sur l'écosystème : Compétition avec le vison d'Europe, Prédation importante, Transmission de pathogènes	Rivières, cours d'eau forestiers, marais, prairies humides
	Impacts sur l'économie : Gêne pour la chasse et la pêche, Gêne pour la pisciculture	

Annexe 8 – Classification des biens et services écosystémiques retenus dans le cadre de l'EFESE

La liste des fonctions écologiques, biens et services écosystémiques retenue pour EFESE est adaptée de la version révisée de la Classification commune internationale des services écosystémiques (CICES v4.3, 2013).

Divisions	Groupes	Biens
Eau	Eau	Eau potable
		Eau pour usages agricoles, industriels et domestiques non alimentaires
Biomasse	Plantes et animaux des écosystèmes non cultivés pour l'alimentation	Végétaux (dont algues, champignons)
		Animaux (dont poissons, crustacés)
	Nutriments et alimentation animale	Ressources nutritives pour la fertilisation des cultures
		Fourrage
		Alimentation pour l'aquaculture
	Fibres et structures végétales et animales	Bois, liège
		Fibres végétales (lin, chanvre)
Peaux		
Molécules	Enzymes, huiles, substances médicinales	
Energie	Energie issue de la biomasse	Bois, plantes énergétiques non cultivées
		Algues prélevées pour des biocarburants

Divisions	Groupes	Services écosystémiques de régulation
Régulation des nuisances	Réduction des nuisances	Filtration naturelle des niveaux de bruit
		Réduction des nuisances olfactives
		Ecran aux nuisances visuelles
Régulation des flux	Flux solides	Régulation des débits solides
	Flux liquides	Régulation des débits de crues
		Soutien d'étiage
Flux gazeux	Régulation du vent	
Régulation de l'environnement biotique	Habitats et espèces	Contrôle des ravageurs et des agents pathogènes
		Régulation des espèces exotiques envahissantes
		Pollinisation
		Nurseries et nourrissage
		Dispersion des semences
Régulation de l'environnement physico-chimique	Sol	Qualité du sol et fertilité (composition, structure)
	Eau	Auto-épuration (fixation, dilution, etc.) des milieux aquatiques (eau douce) et marins (eau salée)
		Régulation de la qualité de l'air
	Air	Régulation du climat global
		Régulation du climat local

Divisions	Groupes	Services écosystémiques culturels
Interactions physiques et intellectuelles avec les écosystèmes et les paysages terrestres et marins	Récréation	Activités récréatives et de loisirs
		Chasse
		Pêche de loisir
	Information et Connaissance	Expérimentation, science
		Education
	Interactions esthétiques associées aux paysages	Aménités paysagères

Annexe 9 – Classification des services écosystémiques propres aux milieux aquatiques définie par B. Grizzetti et al. (2016)

	Services écosystémiques (B. Grizzetti et al.)	Exemples	Services écosystémiques (CICES)	Services écosystémiques (TEEB)
Approvisionnement	Pêches et aquaculture	Prise de poissons	Alimentation - Biomasse	Alimentation
	Eau potable	Fourniture d'eau à usage domestique	Eau potable	Eau douce
	Matériaux bruts (biotiques)	Algues pour les engrais, Composés végétaux pour les cosmétiques	Matériaux - Biomasse	Matières premières, Ressources médicinales
	Eau pour usages autres que « eau potable »	Fourniture d'eau pour les usages industriel ou agricole	Eau non potable	Eau douce
	Matières premières pour l'énergie	Bois des zones riveraines	Energie - Biomasse	Matières premières
Régulation et entretien	Purification de l'eau	Elimination des surplus azotés par les micro-organismes	Réduction de la pollution de l'eau	Traitement des eaux usées
	Régulation de la qualité de l'air	Dépôt d'oxydes d'azote sur le couvert végétal	Réduction de la pollution de l'air	Climat local et qualité de l'air
	Prévention de l'érosion	Végétation contrôlant l'érosion des sols sur les berges	Réduction des flux et de l'érosion	Prévention de l'érosion et maintien de la fertilité du sol, Modération des événements extrêmes
	Protection contre les inondations	Végétation et plaines inondables régulant les débits des cours d'eau, habitations côtières protégées des inondations	Protection contre les inondations	Modération des événements extrêmes
	Maintien des populations et des habitats	Habitats indispensables à la reproduction ou lieu de nurserie pour les espèces	Maintien des populations et des habitats	Habitats pour les espèces, Maintien de la diversité génétique
	Lutte contre les ravageurs et les maladies	Meilleur contrôle des maladies et parasites à l'état sauvage (prédation naturelle orientée vers les individus les plus faibles)	Lutte contre les ravageurs et les maladies	Contrôle biologique
	Formation et composition des sols	Richesse des sols dans les plaines inondables et zones humides	Formation et composition des sols	Prévention de l'érosion et maintien de la fertilité du sol
	Séquestration du carbone	Accumulation de carbone dans la végétation ou les sédiments	Régulation du climat global	Séquestration et stockage du carbone
Culturels	Régulation du climat local	Maintien de l'humidité et des précipitations par les milieux humides ou les lacs, effet d'ombrage	Régulation climatique aux échelles locale et régionale	Climat local et qualité de l'air
	Loisirs	Baignade, pêche récréative, tourisme, navigation de plaisance	Interactions expérientielles avec la nature	Loisirs et santé humaine, Tourisme
	Appréciation intellectuelle et esthétique	Objet de recherche, représentations artistiques de la nature	Interactions intellectuelles et esthétiques avec la nature	Appréciation esthétique et inspiration culturelle et artistique
	Appréciation spirituelle et symbolique	Existence d'espèces emblématiques ou de lieux à dimension sacrée	Interactions spirituelles et symboliques avec la nature	Expérience spirituelle et sentiment d'appartenance
Services environnementaux extra-abiotiques	Matériaux abiotiques bruts	Extraction de sable et de granulats du lit des rivières et des berges	Matériaux abiotiques	
	Sources d'énergie abiotique	Production d'énergie hydroélectrique	Sources d'énergie abiotique renouvelable	

Annexe 10 – Classification des services écosystémiques propres aux zones humides définie par C. Finlayson et al. (2005) (Cemagref, Onema, 2009)

Services d'approvisionnement	
<i>Alimentation</i>	Production de poisson, gibier sauvage, fruits et grains
<i>Eau douce</i>	Stockage et rétention d'eau pour les usages domestiques, industriels, et agricole
<i>Fibre et combustibles</i>	Production de rondins, bois de feu, tourbe, fourrage, matériaux utilisés pour l'artisanat et l'art
<i>Produits biochimiques</i>	Extraction de produits biochimiques pour la production de médicaments, biocides, additifs alimentaires, etc.
<i>Ressources génétiques</i>	Matériel génétique utilisé pour la reproduction animale et végétale et les biotechnologies (exemple : résistance aux agents pathogènes des plantes, plantes ornementales, etc.)
Services de régulation	
<i>Régulation climatique</i>	Source et puits pour les gaz à effet de serre ; influence locale et régionale sur les températures, précipitations, et autres processus climatiques
<i>Régulation hydrologique</i>	Recharge et décharge des aquifères, stockage des précipitations et du ruissellement
<i>Purification de l'eau et traitement des eaux usées</i>	Rétention, rétablissement et suppression des éléments nutritifs en excédents et des polluants.
<i>Régulation de l'érosion</i>	Rétention des sols et des sédiments
<i>Régulation des risques naturels</i>	Contrôle des inondations et protection contre les tempêtes
<i>Pollinisation</i>	Habitat pour les pollinisateurs
Services culturels	
<i>Spirituels et inspiration</i>	Source d'inspiration ; de nombreuses religions attachent des valeurs spirituelles et religieuses à certains aspects des zones humides
<i>Récréation</i>	Possibilités de nombreuses activités récréatives
<i>Esthétiques</i>	De nombreuses personnes accordent une valeur esthétique à certains aspects des zones humides
<i>Education</i>	Possibilités de formation formelles et informelles
Services de soutien	
<i>Formation des sols</i>	Rétention des sédiments et accumulation de la matière organique
<i>Cycle des éléments nutritifs</i>	Stockage, recyclage, transformation, et acquisition des éléments nutritifs
<i>Habitat pour les espèces animales</i>	Habitats pour de nombreuses espèces, notamment les oiseaux migrateurs
<i>Production primaire</i>	Assimilation et accumulation de l'énergie et des nutriments par les organismes vivants
<i>Photosynthèse</i>	Production d'oxygène nécessaire à la plupart des êtres vivants
<i>Cycle de l'eau</i>	Circulation de l'eau essentielle pour les organismes vivants

Annexe 11 – Éléments sur les principales méthodes d'évaluation monétaire des biens et services écosystémiques

• Les méthodes basées sur les coûts

- La méthode des coûts de remplacement (ou coûts de restauration) consiste à évaluer le coût induit par le remplacement d'un actif environnemental détruit.

Dans le cas d'une atteinte à la biodiversité, il s'agit ainsi d'estimer les dépenses nécessaires pour restaurer cette même biodiversité qualitativement et quantitativement ou pour reconstituer les services qu'elle rend.

- La méthode des coûts évités consiste à évaluer les coûts que la société devrait supporter en l'absence du bien environnemental étudié.

La disparition d'un milieu humide jouant un rôle d'écrêtement des crues aurait pour conséquence une augmentation des risques d'inondation et donc des dommages occasionnés par celles-ci. Le chiffrage de ces dommages permettrait alors d'évaluer la valeur du service.

- La méthode des coûts substitués consiste à évaluer les coûts qu'il faudrait supporter pour pallier l'absence du bien environnemental étudié par un moyen artificiel.

À titre d'exemple, la valeur du service d'épuration des nitrates procuré par certaines zones humides peut être appréhendée par le montant des dépenses qu'entraînerait des actions d'épuration, visant à abattre la même quantité de nitrates, en station de traitement.

• Les méthodes basées sur les préférences révélées

- La méthode des coûts de transports (ou coûts de déplacement) consiste à attribuer une valeur à un bien environnemental en évaluant les coûts de transports (et dépenses associées) engagés par la population pour jouir de ce bien. De manière générale, la valeur du temps correspondant au déplacement est incluse dans l'évaluation.

L'évaluation de la valeur accordée à un site naturel (dont l'accès est non-payant) par un individu peut ainsi se faire en chiffrant les dépenses de carburant qu'il a engagées pour s'y rendre en voiture. Le temps consacré pour s'y rendre est également chiffré monétairement afin de prendre en compte l'ensemble de l'effort consenti pour jouir du site naturel en question.

- La méthode des prix hédoniques (ou hédonistes) repose sur le fait que la valeur de certains biens, en particulier immobiliers, reflète en partie la qualité de leur environnement. En comparant le prix de biens semblables en tous points, excepté en ce qui concerne leur environnement, on peut extraire la composante de prix du bien due à l'environnement et ainsi proposer une valeur de cet environnement.

Une partie de la valeur d'un cours d'eau situé en ville peut ainsi être estimée par le différentiel de prix entre un appartement offrant une vue sur ce cours d'eau et un appartement similaire sur ses caractéristiques mais n'offrant pas cette vue sur le cours d'eau.

• Les méthodes basées sur les préférences déclarées

- La méthode d'évaluation contingente permet d'estimer la valeur d'un bien environnemental par le biais d'un marché fictif, dit « contingent ». Après s'être vus présenter les caractéristiques du bien à évaluer, les individus sont interrogés sur le montant qu'ils seraient prêts à payer (**consentement à payer**) pour le préserver ou, a contrario, celui qu'ils seraient prêts à recevoir (**consentement à recevoir**) pour compenser une dégradation de celui-ci.

Un individu peut être interrogé sur le montant qu'il serait prêt à payer pour pouvoir se baigner dans un cours d'eau actuellement trop dégradé pour permettre cette activité. Les résultats obtenus permettront d'estimer la valeur du cours d'eau liée à l'usage baignade.

- La méthode d'expérience de choix (ou d'analyse conjointe) s'appuie également sur une approche de type enquête. A la différence de la méthode d'évaluation contingente, on ne demande pas directement aux individus quel est leur consentement à payer ou à recevoir mais on leur demande de choisir parmi plusieurs scénarios composites entre lesquels le (ou les) attribut(s), y compris le prix à payer ou à recevoir, que l'on cherche à isoler varie(nt). La personne interrogée classe les scénarios proposés par ordre de préférence. L'analyse statistique permet ensuite d'attribuer une valeur à chaque attribut du bien envisagé, et le cas échéant, en les sommant, au bien dans sa globalité.

Dans le cadre d'une évaluation de la dimension paysagère d'un milieu humide, il est ainsi possible de construire un cadre de référence mettant en scène une dégradation du milieu en question et plusieurs scénarios de restauration, permettant de reconquérir à des degrés divers ses caractéristiques paysagères. Selon les choix opérés par les individus interrogés, il sera possible de dégager une valeur qualifiant la dimension paysagère du site en question.

Annexe 12 – Méthode de quantification de la capacité épuratoire des zones humides pour les nitrates (CGDD, ACTeOn, EcoVia, Cemagref, 2011)

Catégorisation des différents paramètres permettant aux phénomènes épuratoires de s'exprimer

Pour la construction de son modèle, l'étude a catégorisé les différents paramètres à l'origine des phénomènes épuratoires :

- Les paramètres nécessaires à l'existence du phénomène, sans lesquels la fonction ne peut s'exprimer (conditions anaérobies par exemple). Lorsque la valeur de ces critères est égale à « 0 », l'évaluation quantitative n'est pas réalisée car le processus ne s'exprimera pas sur le site en question.
- Les paramètres optimisant, qui ne sont pas essentiels au phénomène mais permettent d'optimiser le processus écologique (potentiel hydrogène par exemple).

Précisions sur le choix des critères

Le nombre de critères à prendre en compte a été limité pour les raisons suivantes :

- La difficulté de collecter l'ensemble des paramètres sur les sites d'études, condition nécessaire à la mise en œuvre de l'évaluation.
- La volonté d'éclairer les phénomènes de façon rigoureuse mais sans se heurter à des descriptions de phénomènes trop fastidieuses, ce qui ne correspondrait pas à la démarche et nécessiterait la mise en œuvre d'une phase d'étude supplémentaire pour chaque fonction étudiée.

Notation des paramètres

Afin de définir l'ordre de grandeur d'un phénomène, une notation des différents paramètres paraît nécessaire. Le but de l'évaluation étant la comparaison de deux sites, la méthode a opté pour la mise en place d'un système de notation simple avec seulement 3 niveaux de pondération pour chaque critère. La notation effectue toutefois une différence entre les « critères nécessaires » (notation : 0, 1 ou 2) par rapport aux « critères optimisant » (notation : 0, 0,5 ou 1).

Comparaison des sites

Une fois l'ensemble des paramètres récupérés, le système d'évaluation permet de définir un coefficient de dénitrification potentiel de chaque type de zone humide présente sur le secteur d'étude. Ce coefficient a vocation, non pas à quantifier le phénomène, mais à comparer deux sites présentant des caractéristiques proches ; l'un étant le site d'étude et l'autre étant un site sur lequel des études *in situ* ont permis de quantifier la fonction dénitrification.

Pour chaque type de zone humide, le coefficient est défini en additionnant les pondérations de chaque paramètre et ce coefficient est comparé à celui du site référence. Un produit en croix permet ensuite d'extrapoler les valeurs du site référence au niveau du site d'étude.

Les sites de références ont été définis en fonction d'études et de travaux scientifiques issus d'une revue de bibliographie. Ils se veulent représentatifs des principaux types de zones humides étudiées :

- Concernant les sites de type plaine alluviale, le site référence sera celui de la Bassée sur lequel des études *in situ* ont été réalisées, permettant une bonne description et quantification des phénomènes.
- Concernant les sites de type marais, le site référence sera celui du Marais Poitevin, pour lequel des données existent, que ce soit des études *in situ* réalisées en 2004-2005 par le personnel du Parc Naturel Régional ou encore des données issues de prélèvements réalisés par l'Inra Rennes.

Présentation des critères et pondérations retenus

Critères retenus	Pondération des critères
Système anaérobie	Permanent : 2 ; Temporaire : 1 ; Non : 0
Courantologie moyenne	< 1m/s : 2 ; < 1m/s temporaire : 1 ; >1m/s : 0
Taux d'oxygène dissous (Focht et Chang, 1975 ; Nakajima et al., 1984 ; Trevor, 1985)	0 : 1 ; 1 mg/l : 0,5 ; 2 mg/l : 0
Temps de ressuyage annuel	Permanent : 1 ; 3 fois à l'année ou 6 mois : 0,5 ; 1 fois à l'année ou moins de 1 mois : 0
Potentiel hydrogène moyen	7 ou 8 : 1 ; 4-6 ou 9-11 : 0,5 ; Autre : 0
Court circuit de la zone humide	Non : 1 ; Temporaire : 0,5 ; Oui : 0

Légende : en gras sont représentés les critères nécessaires à la fonction

Exemple d'application à la fonction de dénitrification sur le site du Parc naturel régional des marais du Cotentin et du Bessin

Le tableau ci-dessous a vocation à comparer les paramètres physico-chimiques présentés précédemment permettant de définir un coefficient global d'extrapolation des données bibliographiques pour chaque type de zone humide présente sur le périmètre d'étude. Il permet d'extrapoler le phénomène d'un site à l'autre et donc d'éclairer le potentiel de dénitrification du site dans sa globalité.

Type de zone humide	surface (ha)	dénitrification												coefficient (sur 8)
		système anaérobie		courantologie (<1m/s)		taux d'oxygène dissous		temps de ressuyage annuel		PH Moyen		court circuit de la zone humide		
		valeur critère	pondération	valeur critère	pondération	valeur critère	pondération	valeur critère	pondération	valeur critère	pondération	valeur critère	pondération	
marais aménagés dans un but agricole	39 617	temporaire	1	< 1 m/s	2	"5-7"	0,5	6 mois	0,5	"7-8"	1	oui	0	5

Légende : Colonnes vertes : les critères indispensables ; Colonnes bleues : les critères optimisant ; Colonne violette : le coefficient issu de la somme des indices de chaque paramètre. C'est ce coefficient qui va permettre de comparer nos sites d'étude à un autre site et d'extrapoler les données collectées.

Une fois le coefficient propre à chaque zone humide défini (colonne violette), il est comparé au coefficient calculé suivant la même méthodologie au niveau du site référence (le Marais Poitevin dans le cas présent). Cette comparaison donne un ratio qui permet de calculer la valeur potentielle de dénitrification de notre zone humide en Kg NO₃⁻/ha/an.

Ci-dessous est détaillée la comparaison entre les marais aménagés dans un but agricole du Marais Poitevin et les marais aménagés du Parc naturel régional des marais du Cotentin et du Bessin.

Marais aménagés dans un but agricole	Marais Poitevin	PNR des marais du Cotentin et du Bessin
Coefficient	6	5
Valeur	150 Kg NO ₃ ⁻ /ha/an	(150*5)/6 = 125 Kg NO ₃ ⁻ /ha/an

Les résultats obtenus par cette méthodologie permettent d'aboutir à une valeur moyenne pour la capacité épuratoire sur les zones humides du Parc naturel régional des marais du Cotentin et du Bessin de l'ordre de 125 kg d'N par hectare et par an.

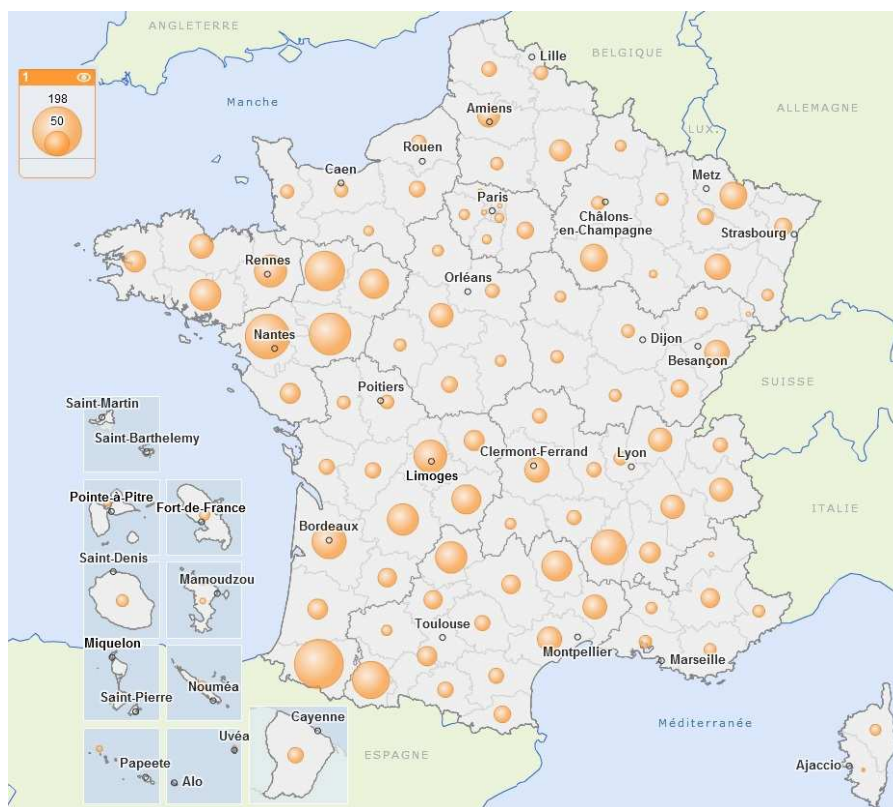
En comparaison, le tableau suivant présente les résultats obtenus à partir de données moyennes de la DREAL Basse-Normandie (valeurs issues d'une étude de l'Inra de Rennes), légèrement supérieures.

Typologies de ZH présentes sur le PNR	Valeur moyenne (données de la DREAL Basse Normandie issue de travaux de l'INRA de Rennes)	Potentiel dénitrification (T/an)
Marais aménagés dans un but agricole	140 kg N/ha/an	3 395
Bordures de cours d'eau	90 kg N/ha/an	115
Marais et lagunes côtiers	140 kg N/ha/an	38
ZH ponctuelles (tourbières)	300 kg N/ha/an	982

Annexe 13 – Données sur les équipements sportifs pour quelques sports d'eau douce

Nombre et répartition par département des équipements sportifs pour le canoë de randonnée
(<http://www.res.sports.gouv.fr/> - Données consultées le 03/11/2016)

Ain	45	Côtes-d'Armor	47	Haute-Savoie	17	Manche	15	Sarthe	70
Aisne	38	Creuse	33	Hautes-Pyrénées	114	Marne	15	Savoie	44
Allier	17	Deux-Sèvres	14	Haute-Vienne	88	Martinique	9	Seine-et-Marne	23
Alpes-de-Haute-Provence	29	Dordogne	81	Haut-Rhin	11	Mayenne	129	Seine-Maritime	18
Alpes-Maritimes	12	Doubs	50	Hauts-de-Seine	2	Mayotte	3	Seine-Saint-Denis	2
Ardèche	101	Drôme	35	Hérault	49	Meurthe-et-Moselle	21	Somme	40
Ardennes	10	Essonne	7	Ille-et-Vilaine	86	Meuse	13	Tarn	19
Ariège	20	Eure	21	Indre	21	Morbihan	80	Tarn-et-Garonne	28
Aube	60	Eure-et-Loir	10	Indre-et-Loire	12	Moselle	60	Territoire de Belfort	2
Aude	19	Finistère	38	Isère	46	Nièvre	13	Val-de-Marne	7
Aveyron	29	Gard	48	Jura	24	Nord	16	Val-d'Oise	3
Bas-Rhin	24	Gers	9	La Réunion	12	Nouvelle Calédonie	8	Var	12
Bouches-du-Rhône	13	Gironde	96	Landes	33	Oise	13	Vaucluse	11
Calvados	15	Guadeloupe	5	Loire	17	Orne	8	Vendée	33
Cantal	10	Guyane	20	Loire-Atlantique	161	Pas-de-Calais	18	Vienne	15
Charente	20	Haute-Corse	10	Loiret	16	Polynésie française	3	Vosges	53
Charente-Maritime	19	Haute-Garonne	31	Loir-et-Cher	47	Puy-de-Dôme	50	Wallis et Futuna	1
Cher	10	Haute-Loire	17	Lot	81	Pyrénées-Atlantiques	198	Yonne	10
Corrèze	70	Haute-Marne	5	Lot-et-Garonne	29	Pyrénées-Orientales	23	Yvelines	9
Corse-du-Sud	1	Hautes-Alpes	2	Lozère	75	Rhône	15	TOTAL	3 373
Côte-d'Or	14	Haute-Saône	12	Maine-et-Loire	143	Saône-et-Loire	12		

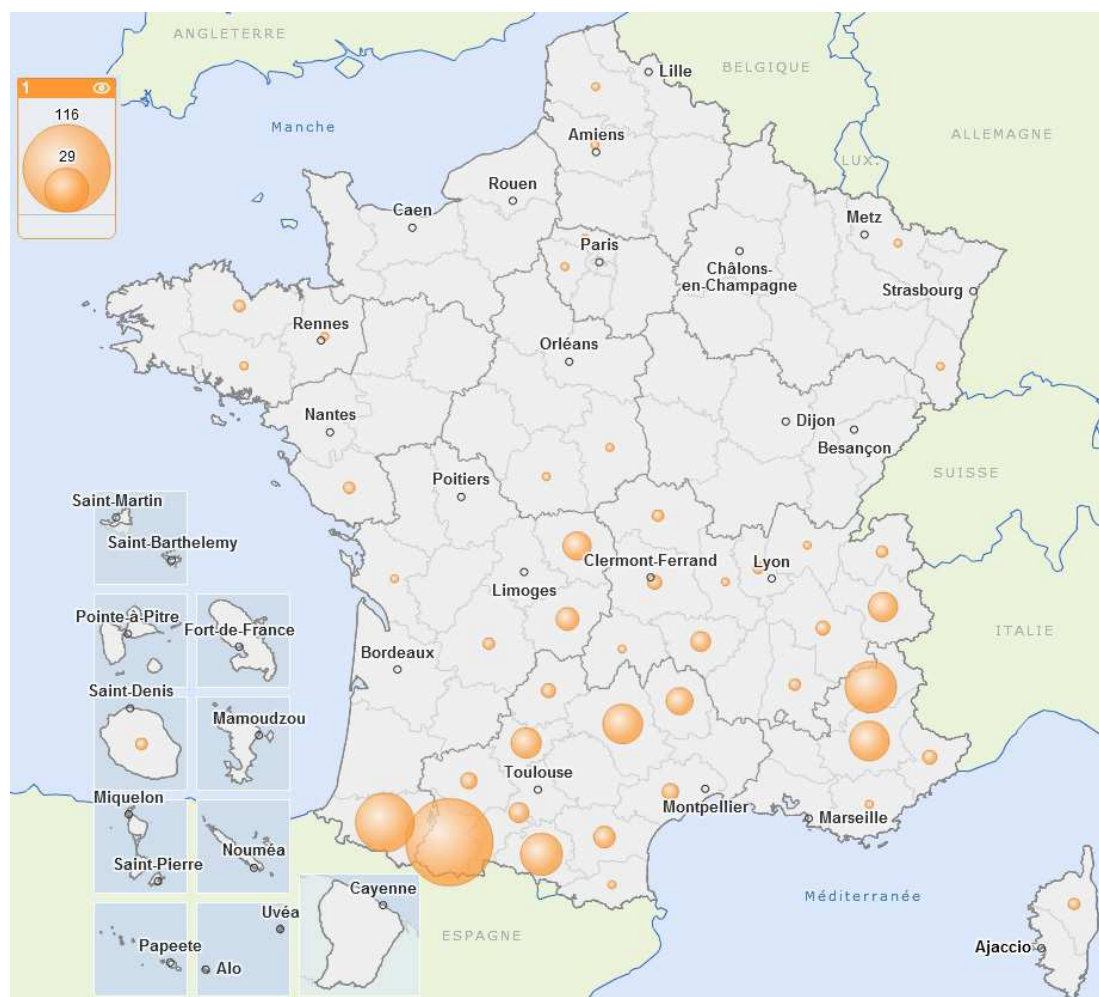


Nombre et répartition par département des équipements sportifs pour le rafting
(<http://www.res.sports.gouv.fr/> - Données consultées le 03/11/2016)

Ain	1
Allier	2
Alpes-de-Haute-Provence	24
Alpes-Maritimes	3
Ariège	27
Aude	7
Aveyron	24
Cantal	1
Charente-Maritime	1
Cher	1
Corrèze	8
Côtes-d'Armor	2
Creuse	12
Dordogne	2
Drôme	2
Gers	4

Haute-Corse	2
Haute-Garonne	6
Haute-Loire	6
Hautes-Alpes	40
Haute-Savoie	2
Hautes-Pyrénées	116
Haut-Rhin	1
Hérault	4
Ille-et-Vilaine	1
Indre	1
Isère	3
La Réunion	2
Loire	1
Lot	3
Lozère	11
Morbihan	1

Moselle	1
Pas-de-Calais	1
Puy-de-Dôme	3
Pyrénées-Atlantiques	52
Pyrénées-Orientales	1
Rhône	2
Savoie	13
Somme	1
Tarn-et-Garonne	14
Val-d'Oise	1
Var	1
Vendée	2
Yvelines	1
TOTAL	414

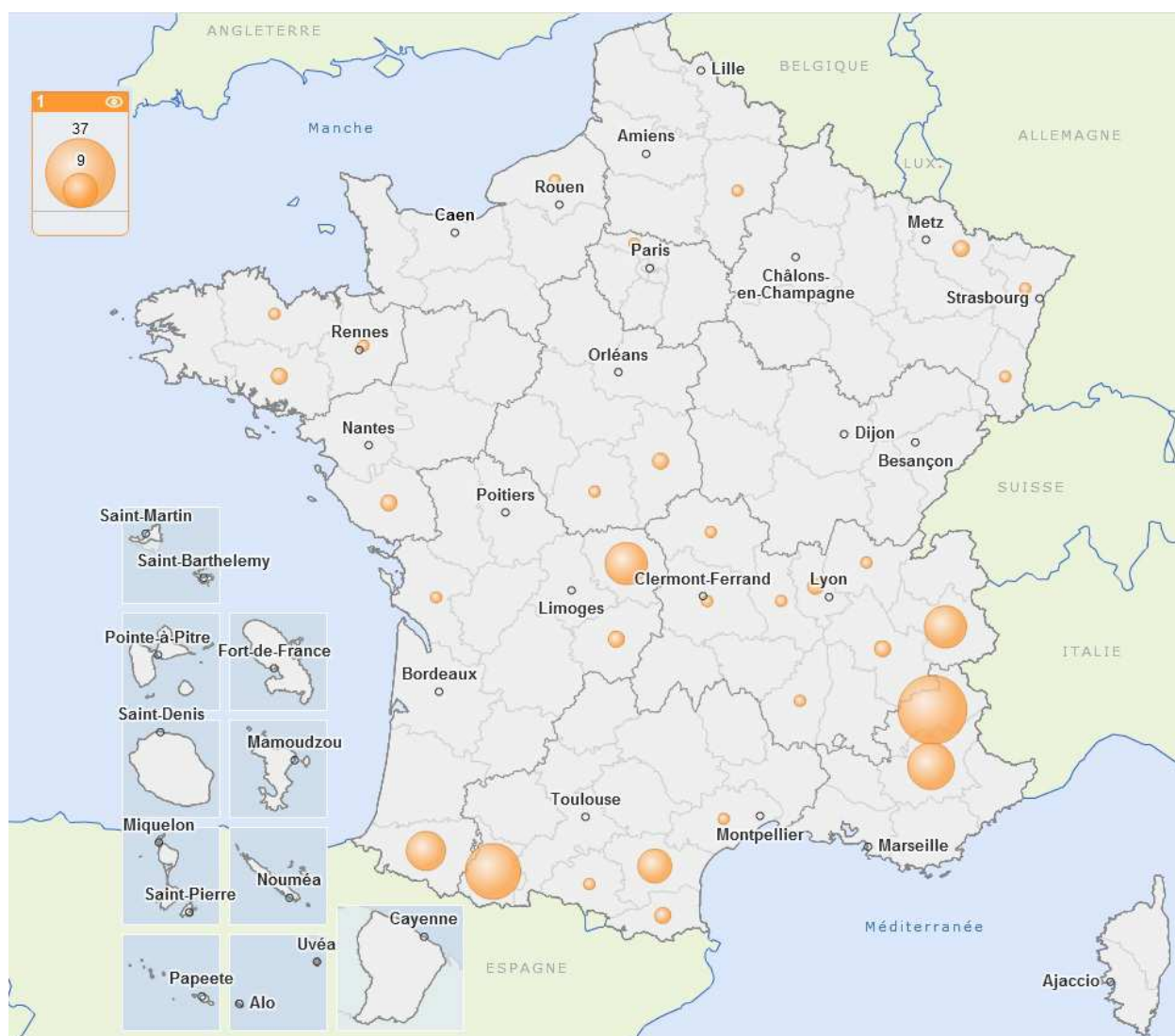


Nombre et répartition par département des équipements sportifs pour la nage en eau vive
 (<http://www.res.sports.gouv.fr/> - Données consultées le 03/11/2016)

Ain	1
Aisne	1
Allier	1
Alpes-de-Haute-Provence	17
Ardèche	1
Ariège	1
Aude	9
Bas-Rhin	1
Charente-Maritime	1
Cher	2
Corrèze	2

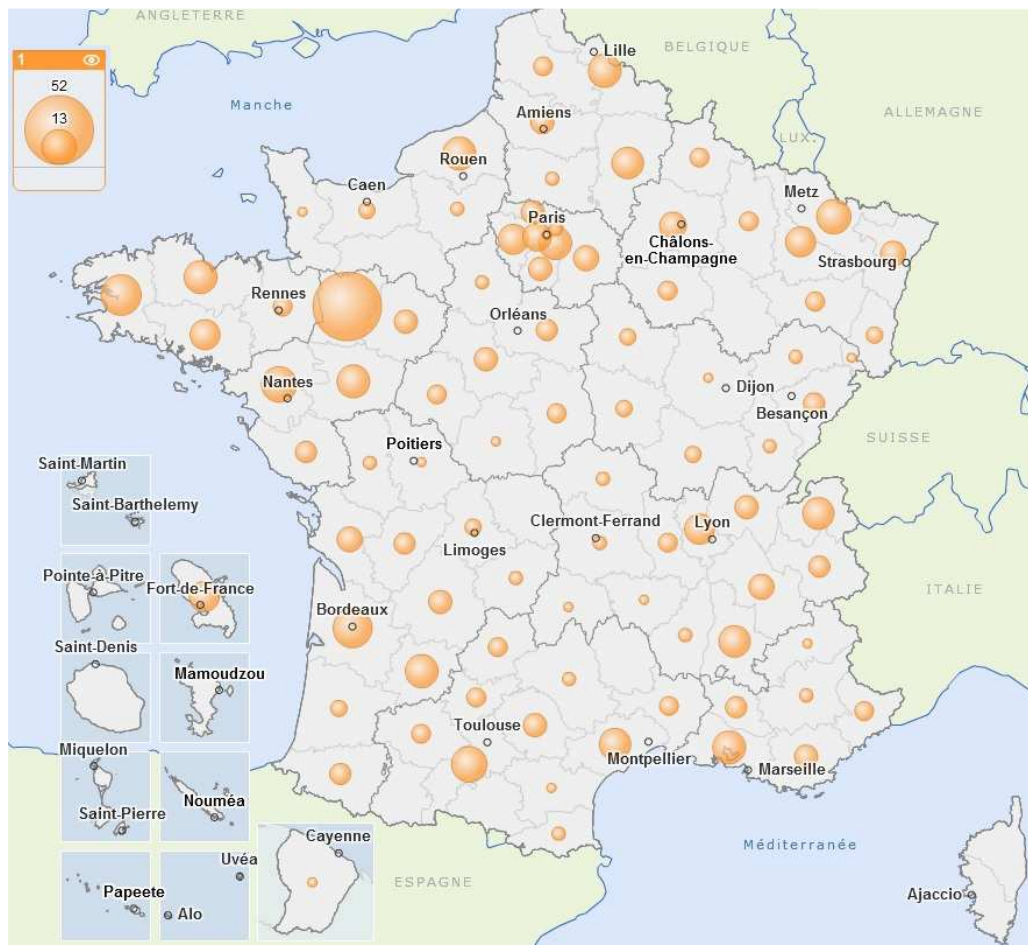
Côtes-d'Armor	1
Creuse	14
Hautes-Alpes	37
Hautes-Pyrénées	24
Haut-Rhin	1
Hérault	1
Ille-et-Vilaine	1
Indre	1
Isère	2
Loire	1
Morbihan	2

Moselle	2
Puy-de-Dôme	1
Pyrénées-Atlantiques	12
Pyrénées-Orientales	2
Rhône	2
Savoie	14
Seine-Maritime	1
Val-d'Oise	1
Vendée	2
TOTAL	159



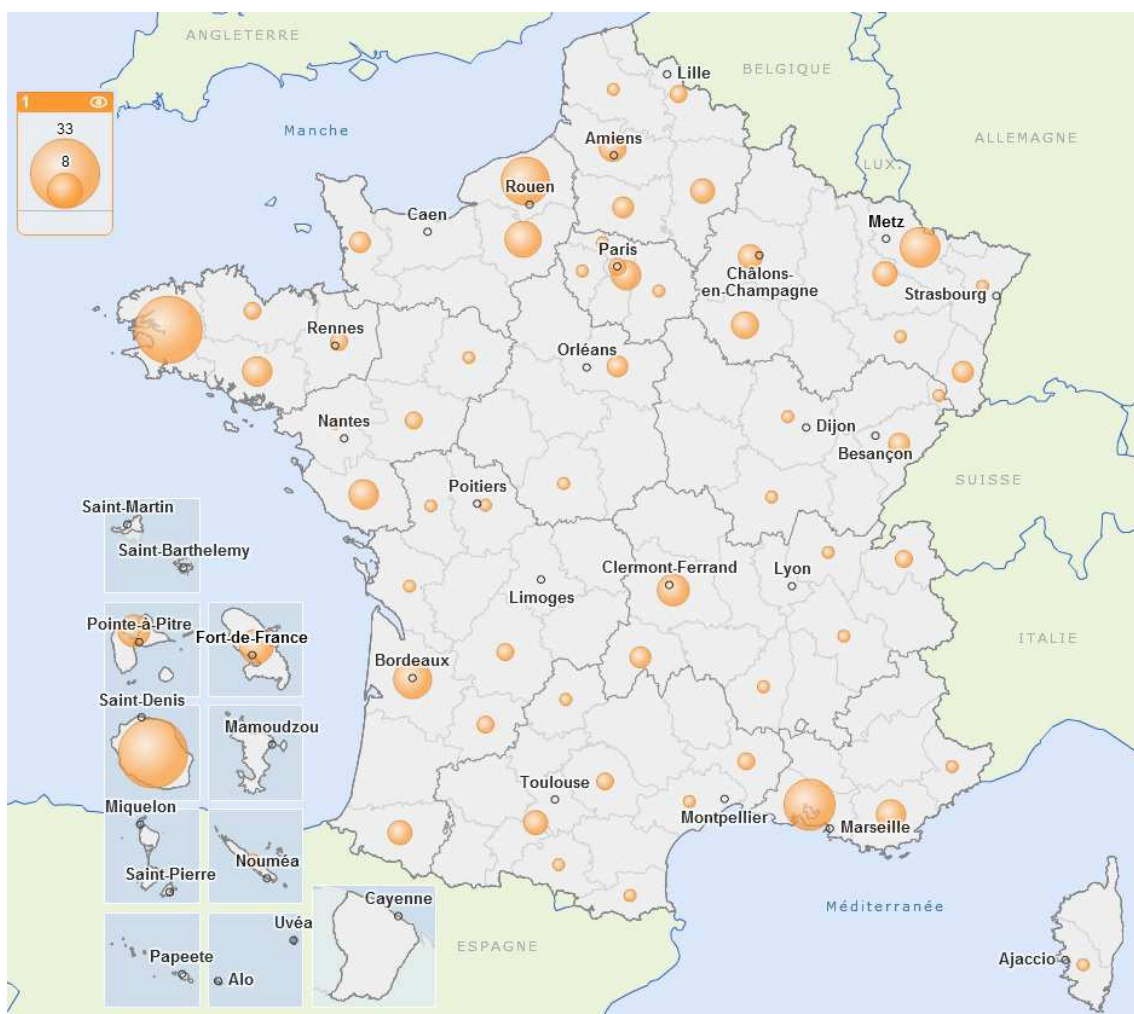
Nombre et répartition par département des équipements sportifs pour l'aviron
 (<http://www.res.sports.gouv.fr/> - Données consultées le 03/11/2016)

Ain	6	Côtes-d'Armor	12	Haut-Rhin	3	Mayenne	52	Seine-Saint-Denis	2
Aisne	11	Deux-Sèvres	2	Hauts-de-Seine	9	Meurthe-et-Moselle	10	Somme	6
Allier	2	Dordogne	6	Hérault	11	Meuse	4	Tarn	6
Alpes-de-Haute-Provence	2	Doubs	5	Ille-et-Vilaine	4	Morbihan	10	Tarn-et-Garonne	4
Alpes-Maritimes	4	Drôme	11	Indre	1	Moselle	13	Territoire de Belfort	1
Ardèche	2	Essonne	6	Indre-et-Loire	4	Nièvre	3	Val-de-Marne	12
Ardennes	4	Eure	2	Isère	7	Nord	12	Val-d'Oise	6
Aube	4	Eure-et-Loir	2	Jura	2	Oise	2	Var	6
Aude	1	Finistère	18	Landes	3	Paris	1	Vaucluse	5
Aveyron	2	Gard	4	Loire	4	Pas-de-Calais	4	Vendée	5
Bas-Rhin	7	Gers	4	Loire-Atlantique	14	Puy-de-Dôme	2	Vienne	1
Bouches-du-Rhône	12	Gironde	17	Loiret	5	Pyrénées-Atlantiques	5	Vosges	4
Calvados	3	Guyane	1	Loir-et-Cher	6	Pyrénées-Orientales	2	Yonne	3
Cantal	1	Haute-Garonne	14	Lot	4	Rhône	10	Yvelines	10
Charente	5	Haute-Loire	1	Lot-et-Garonne	12	Saône-et-Loire	3	TOTAL	556
Charente-Maritime	7	Hautes-Alpes	1	Maine-et-Loire	12	Sarthe	6		
Cher	4	Haute-Saône	2	Manche	1	Savoie	5		
Corrèze	2	Haute-Savoie	11	Marne	8	Seine-et-Marne	7		
Côte-d'Or	1	Haute-Vienne	3	Martinique	10	Seine-Maritime	12		



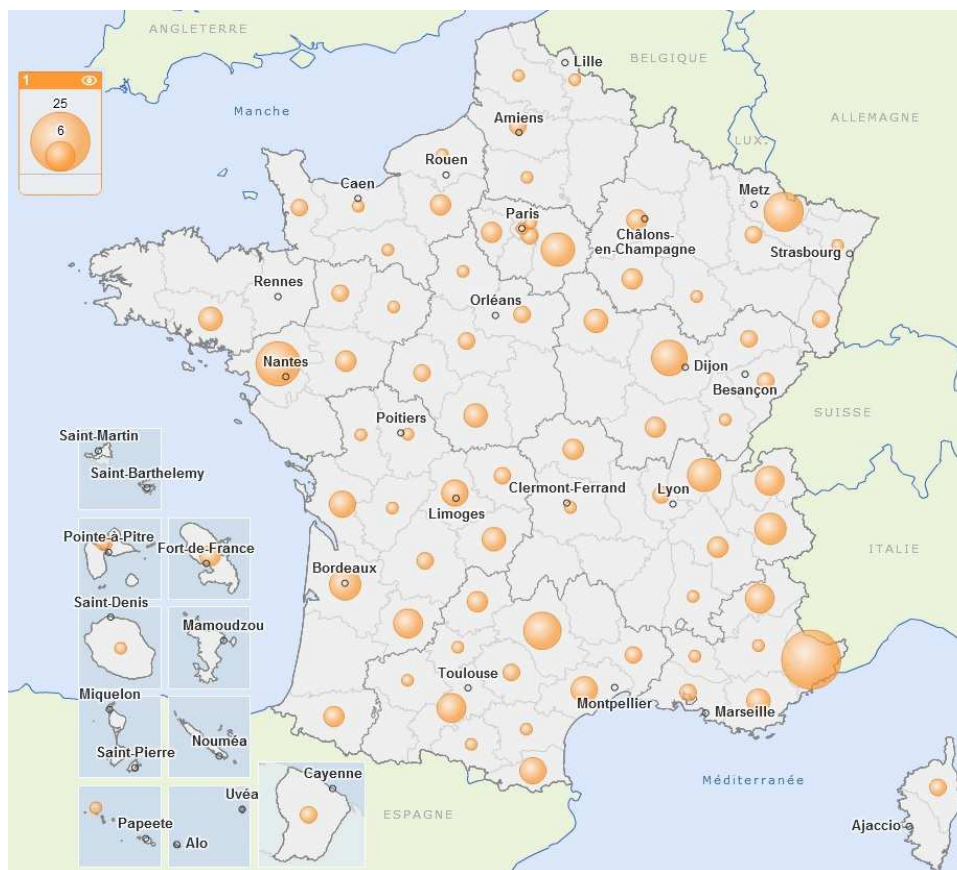
Nombre et répartition par département des équipements sportifs pour la nage avec palmes
(<http://www.res.sports.gouv.fr/> - Données consultées le 03/11/2016)

Ain	1	Eure	9	Lot-et-Garonne	2	Saône-et-Loire	
Aisne	4	Finistère	31	Maine-et-Loire	2	Sarthe	1
Alpes-Maritimes	1	Gard	2	Manche	3	Seine-et-Marne	1
Ardèche	1	Gironde	10	Marne	4	Seine-Maritime	16
Ariège	1	Guadeloupe	7	Martinique	8	Somme	5
Aube	5	Haute-Garonne	4	Meurthe-et-Moselle	4	Tarn	2
Bas-Rhin	1	Haute-Savoie	2	Morbihan	6	Territoire de Belfort	1
Bouches-du-Rhône	18	Haut-Rhin	3	Moselle	11	Val-de-Marne	6
Cantal	3	Hérault	1	Nord	2	Val-d'Oise	1
Charente-Maritime	1	Ille-et-Vilaine	2	Nouvelle Calédonie	1	Var	6
Corse-du-Sud	1	Indre	1	Oise	3	Vendée	6
Côte-d'Or	1	Isère	1	Paris	2	Vienne	1
Côtes-d'Armor	2	La Réunion	33	Pas-de-Calais	1	Vosges	1
Deux-Sèvres	1	Loire-Atlantique	1	Puy-de-Dôme	7	Yvelines	1
Dordogne	2	Loiret	3	Pyrénées-Atlantiques	4	TOTAL	267
Doubs	3	Lot	1	Pyrénées-Orientales	1		



Nombre et répartition par département des équipements sportifs pour le ski nautique
(<http://www.res.sports.gouv.fr/> - Données consultées le 03/11/2016)

Ain	8	Eure	3	La Réunion	1	Puy-de-Dôme	
Allier	3	Eure-et-Loir	1	Loire-Atlantique	14	Pyrénées-Atlantiques	3
Alpes-de-Haute-Provence	1	Gard	2	Loiret	2	Pyrénées-Orientales	5
Alpes-Maritimes	25	Gers	1	Loir-et-Cher	2	Rhône	2
Ariège	1	Gironde	7	Lot	3	Saône-et-Loire	3
Aube	3	Guadeloupe	2	Lot-et-Garonne	6	Sarthe	1
Aude	1	Guyane	2	Maine-et-Loire	3	Savoie	7
Aveyron	10	Haute-Corse	2	Manche	2	Seine-et-Marne	8
Bas-Rhin	1	Haute-Garonne	6	Marne	3	Seine-Maritime	1
Bouches-du-Rhône	2	Haute-Marne	1	Martinique	3	Seine-Saint-Denis	1
Calvados	1	Hautes-Alpes	6	Mayenne	2	Somme	2
Charente	1	Haute-Saône	2	Meurthe-et-Moselle	2	Tarn	2
Charente-Maritime	5	Haute-Savoie	6	Morbihan	4	Tarn-et-Garonne	1
Corrèze	4	Haute-Vienne	5	Moselle	11	Val-de-Marne	2
Côte-d'Or	9	Haut-Rhin	2	Nord	1	Var	4
Creuse	2	Hérault	5	Oise	1	Vaucluse	1
Deux-Sèvres	1	Indre	4	Orne	1	Vienne	1
Dordogne	2	Indre-et-Loire	2	Paris	1	Yonne	4
Doubs	2	Isère	3	Pas-de-Calais	1	Yvelines	3
Drôme	1	Jura	1	Polynésie française	1	TOTAL	262

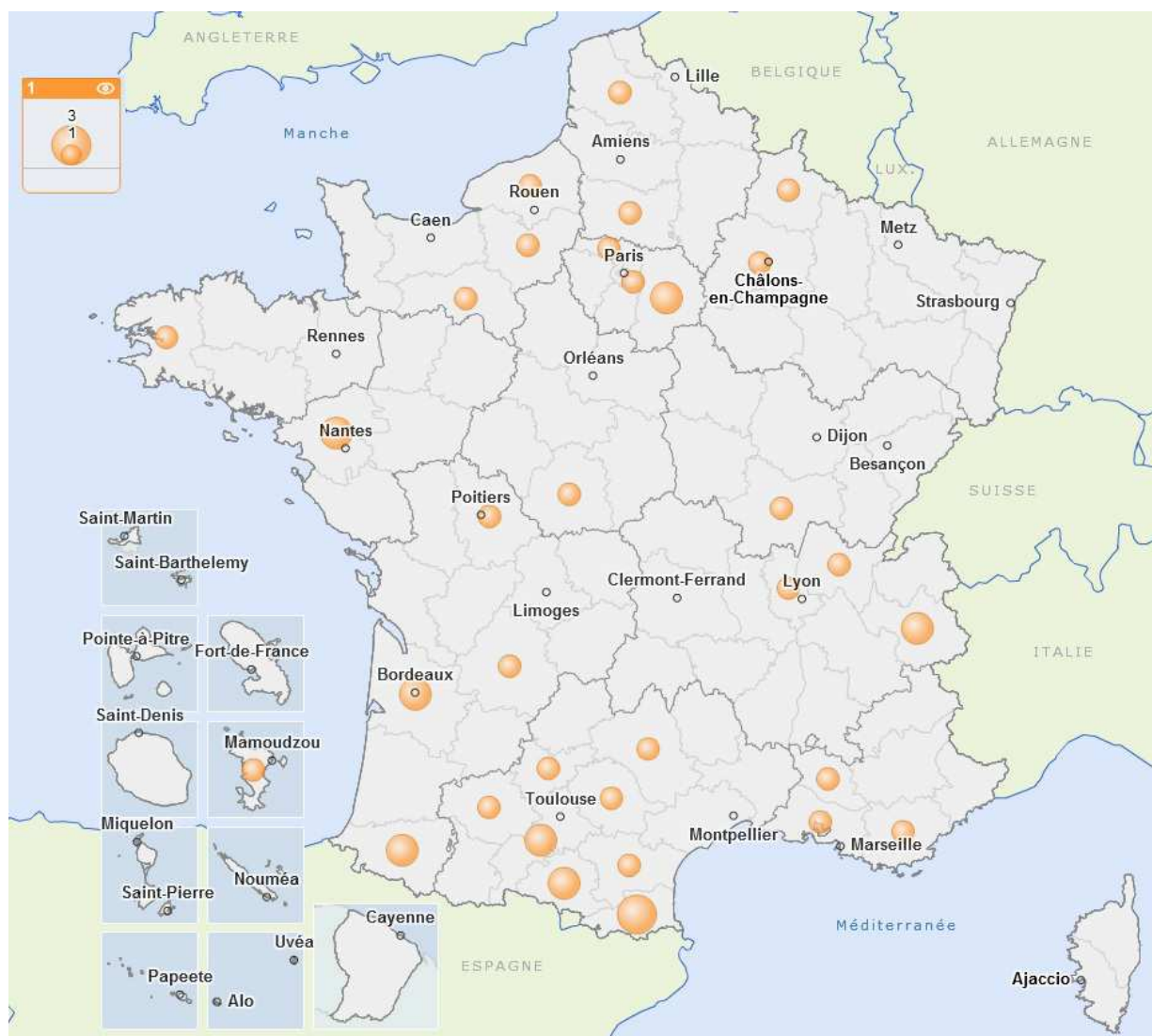


Nombre et répartition par département des équipements sportifs pour le téléski nautique
 (<http://www.res.sports.gouv.fr/> - Données consultées le 03/11/2016)

Ain	1
Ardennes	1
Ariège	2
Aude	1
Aveyron	1
Bouches-du-Rhône	1
Dordogne	1
Eure	1
Finistère	1
Gers	1
Gironde	2
Haute-Garonne	2

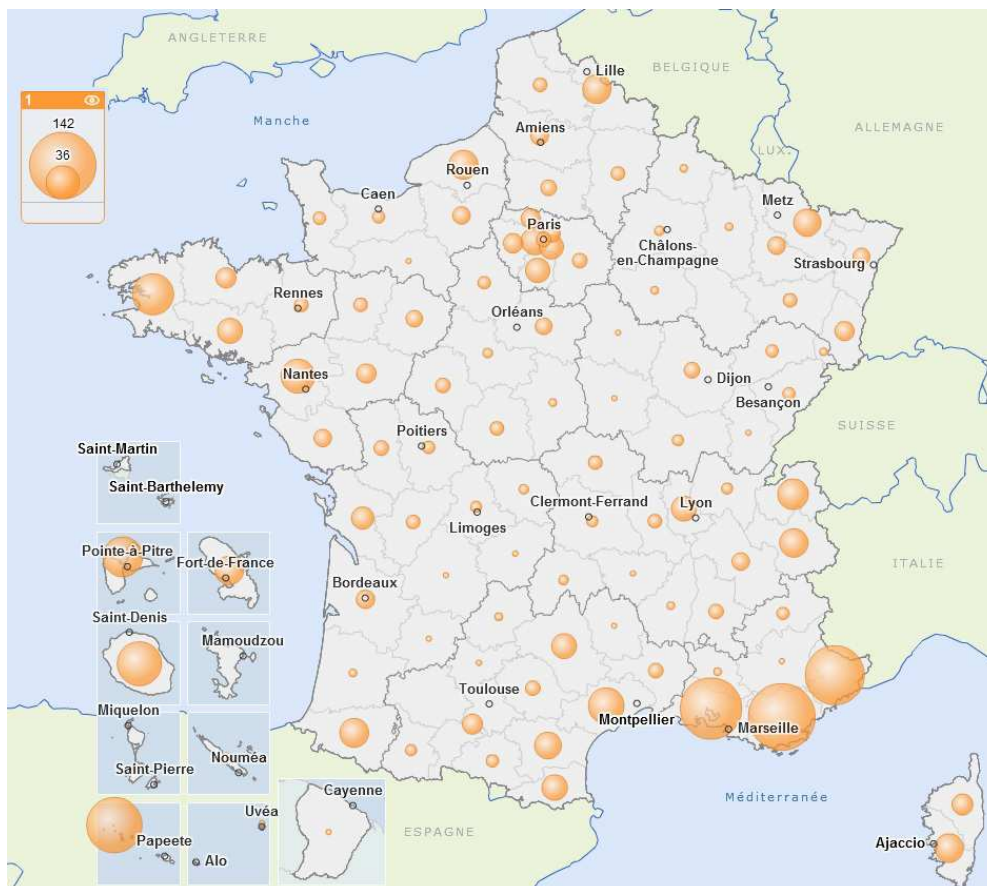
Indre	1
Loire-Atlantique	2
Marne	1
Mayotte	1
Oise	1
Orne	1
Pas-de-Calais	1
Pyrénées-Atlantiques	2
Pyrénées-Orientales	3
Rhône	1
Saône-et-Loire	1
Savoie	2

Seine-et-Marne	2
Seine-Maritime	1
Tarn	1
Tarn-et-Garonne	1
Val-de-Marne	1
Val-d'Oise	1
Var	1
Vaucluse	1
Vienne	1
TOTAL	42



Nombre et répartition par département des équipements sportifs pour la plongée subaquatique
(<http://www.res.sports.gouv.fr/> - Données consultées le 03/11/2016)

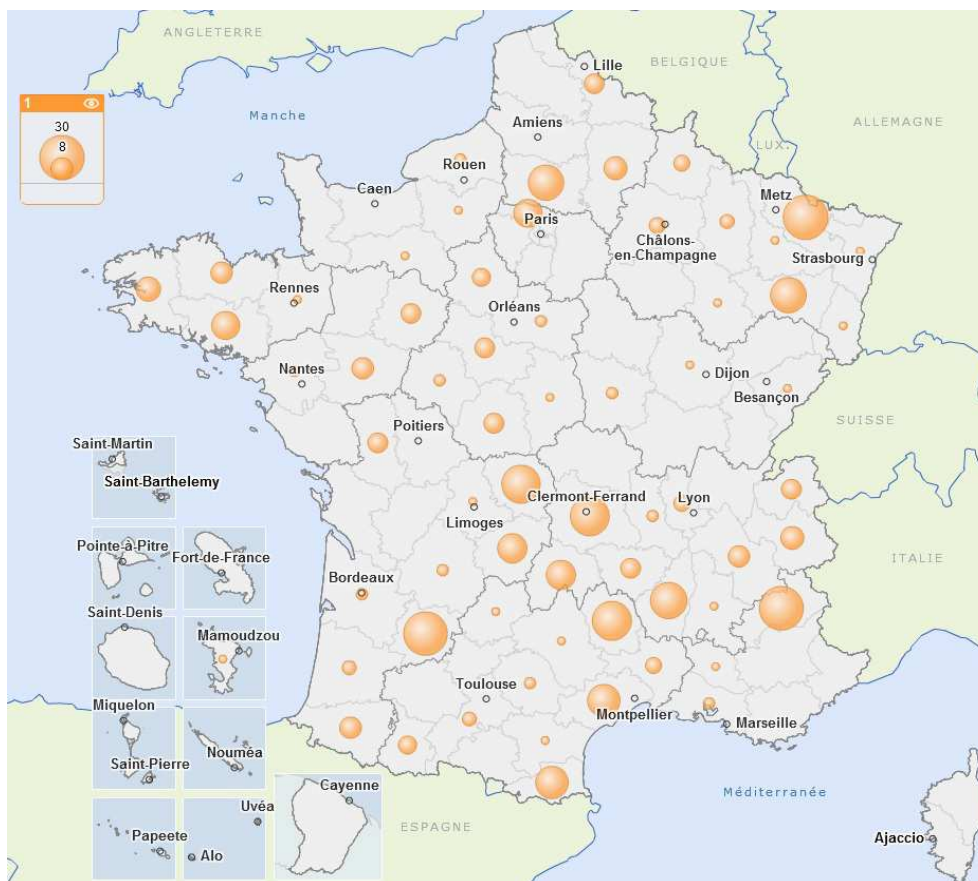
Ain	4	Côtes-d'Armor	13	Haute-Vienne	4	Martinique	26	Seine-et-Marne	7
Aisne	6	Creuse	3	Haut-Rhin	12	Mayenne	6	Seine-Maritime	27
Allier	6	Deux-Sèvres	7	Hauts-de-Seine	24	Meurthe-et-Moselle	10	Seine-Saint-Denis	9
Alpes-de-Haute-Provence	1	Dordogne	1	Hérault	41	Meuse	2	Somme	10
Alpes-Maritimes	111	Doubs	5	Ille-et-Vilaine	6	Morbihan	20	Tarn	7
Ardèche	2	Drôme	7	Indre	6	Moselle	24	Tarn-et-Garonne	1
Ardennes	2	Essonne	19	Indre-et-Loire	7	Nièvre	1	Territoire de Belfort	2
Ariège	5	Eure	10	Isère	10	Nord	26	Val-de-Marne	19
Aube	2	Eure-et-Loir	5	Jura	1	Nouvelle Calédonie	2	Val-d'Oise	12
Aude	23	Finistère	54	La Réunion	62	Oise	8	Var	142
Aveyron	20	Gard	7	Landes	2	Orne	1	Vaucluse	2
Bas-Rhin	9	Gironde	11	Loire	6	Paris	7	Vendée	10
Bouches-du-Rhône	121	Guadeloupe	50	Loire-Atlantique	37	Pas-de-Calais	6	Vienne	5
Calvados	5	Guyane	1	Loiret	9	Polynésie française	98	Vosges	6
Cantal	3	Haute-Corse	14	Loir-et-Cher	3	Puy-de-Dôme	4	Wallis et Futuna	1
Charente	6	Haute-Garonne	13	Lot	2	Pyrénées-Atlantiques	27	Yonne	1
Charente-Maritime	16	Haute-Loire	1	Lot-et-Garonne	1	Pyrénées-Orientales	21	Yvelines	12
Cher	2	Hautes-Alpes	5	Lozère	1	Rhône	20	TOTAL	1 519
Corrèze	1	Haute-Saône	5	Maine-et-Loire	12	Saône-et-Loire	4		
Corse-du-Sud	26	Haute-Savoie	30	Manche	5	Sarthe	9		
Côte-d'Or	8	Hautes-Pyrénées	4	Marne	3	Savoie	26		



Annexe 14 – Données sur les équipements sportifs pour la pêche à la mouche et au lancer et pour la pêche au coup en eau douce

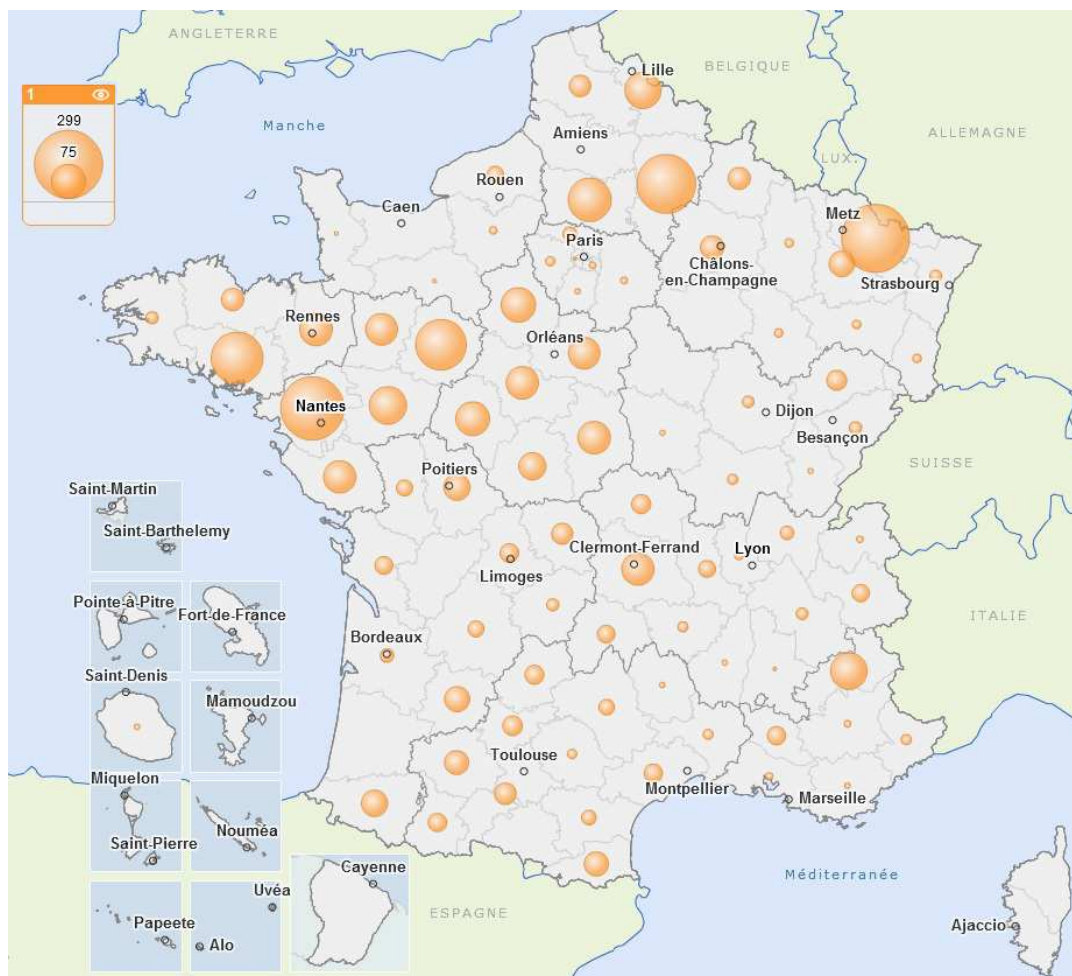
Nombre et répartition par département des équipements sportifs pour la pêche à la mouche et au lancer (<http://www.res.sports.gouv.fr/> - Données consultées le 03/11/2016)

Aisne	8	Eure	1	Isère	7	Nord	
Ardèche	20	Eure-et-Loir	5	Landes	3	Oise	19
Ardennes	4	Finistère	9	Loire	2	Orne	1
Aude	1	Gard	4	Loire-Atlantique	2	Puy-de-Dôme	23
Aveyron	1	Gironde	2	Loiret	2	Pyrénées-Atlantiques	7
Bas-Rhin	1	Haute-Garonne	3	Loir-et-Cher	6	Pyrénées-Orientales	16
Bouches-du-Rhône	2	Haute-Loire	6	Lot	1	Rhône	4
Cantal	13	Haute-Marne	1	Lot-et-Garonne	29	Sarthe	6
Cher	1	Hautes-Alpes	29	Lozère	23	Savoie	8
Corrèze	13	Haute-Savoie	6	Maine-et-Loire	7	Seine-Maritime	2
Côte-d'Or	1	Hautes-Pyrénées	5	Marne	4	Tarn	2
Côtes-d'Armor	7	Haute-Vienne	1	Mayotte	1	Val-d'Oise	12
Creuse	22	Haut-Rhin	1	Meurthe-et-Moselle	1	Vaucluse	1
Deux-Sèvres	6	Hérault	16	Meuse	3	Vosges	19
Dordogne	2	Ille-et-Vilaine	1	Morbihan	12	TOTAL	463
Doubs	1	Indre	6	Moselle	30		
Drôme	1	Indre-et-Loire	2	Nièvre	2		



Nombre et répartition par département des équipements sportifs pour la pêche au coup en eau douce
 (<http://www.res.sports.gouv.fr/> - Données consultées le 03/11/2016)

Ain	12	Deux-Sèvres	17	Haute-Vienne	23	Manche	1	Savoie	20
Aisne	224	Dordogne	17	Haut-Rhin	5	Marne	35	Seine-et-Marne	3
Allier	24	Doubs	10	Hauts-de-Seine	1	Mayenne	66	Seine-Maritime	17
Alpes-de-Haute-Provence	3	Drôme	1	Hérault	22	Meurthe-et-Moselle	42	Tarn	6
Alpes-Maritimes	7	Essonne	2	Ille-et-Vilaine	70	Meuse	5	Tarn-et-Garonne	25
Ardèche	2	Eure	4	Indre	48	Morbihan	176	Val-de-Marne	3
Ardennes	32	Eure-et-Loir	77	Indre-et-Loire	74	Moselle	299	Val-d'Oise	12
Aude	14	Finistère	10	Isère	9	Nièvre	2	Var	2
Aveyron	16	Gard	7	Jura	2	Nord	85	Vaucluse	22
Bas-Rhin	9	Gers	37	La Réunion	2	Oise	121	Vendée	68
Bouches-du-Rhône	4	Gironde	12	Loire	19	Orne	1	Vienne	45
Cantal	20	Haute-Garonne	30	Loire-Atlantique	258	Pas-de-Calais	30	Vosges	5
Charente-Maritime	21	Haute-Loire	7	Loiret	65	Puy-de-Dôme	67	Yvelines	6
Cher	69	Haute-Marne	5	Loir-et-Cher	68	Pyrénées-Atlantiques	45	TOTAL	3 161
Corrèze	10	Hautes-Alpes	86	Lot	24	Pyrénées-Orientales	38		
Côte-d'Or	9	Haute-Saône	26	Lot-et-Garonne	41	Rhône	6		
Côtes-d'Armor	33	Haute-Savoie	3	Lozère	2	Saône-et-Loire	7		
Creuse	29	Hautes-Pyrénées	22	Maine-et-Loire	91	Sarthe	166		

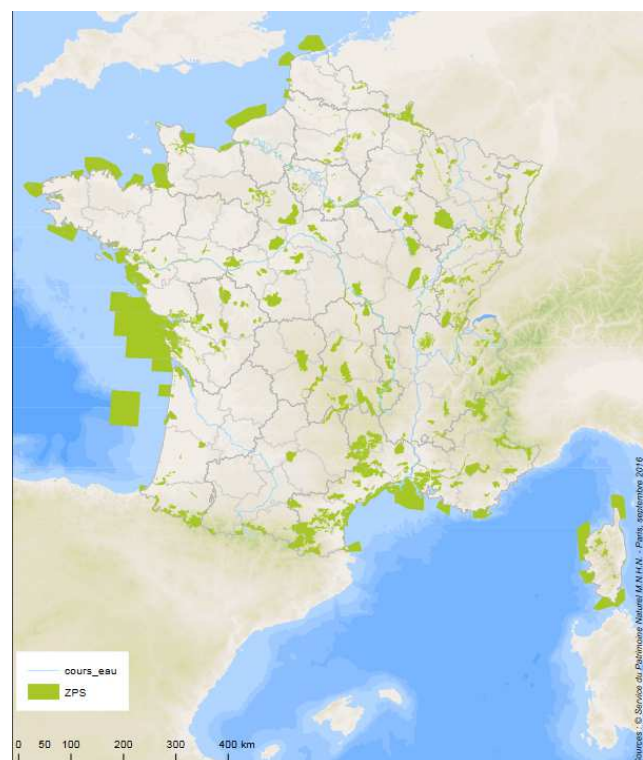


Annexe 15 – Cartographies des sites Natura 2000 en France au 30 septembre 2016
(Inventaire National du Patrimoine Naturel, 2016)

Carte des Zones spéciales de conservation



Carte des Zones de protection spéciales



Annexe 16 – Liste des plans nationaux d'actions en faveur des espèces menacées (Direction de l'eau et de la biodiversité, 2017)

Amphibiens	Crapaud vert	Mollusques	Escargot de Corse
	Pélobate brun		Mulette perlière
	Sonneur à ventre jaune		Grande mulette
Reptiles	Emyde lépreuse	Mammifères	Ours brun
	Lézard ocellé		Bouquetin ibérique
	Lézards des Pyrénées		Hamster commun
	Cistude d'Europe		Vison d'Europe
	Vipère d'Orsini		Loutre d'Europe
	Tortue d'Hermann		Loup gris
	Gecko vert de Manapany		Chiroptères
	Iguane des petites Antilles		Dugong
	Tortues marines des Antilles françaises	Insectes	Insectes pollinisateurs sauvages
	Tortues marines de la Guyane		Odonates
	Tortues marines territoriales français du sud-ouest de l'océan Indien (Mayotte, Réunion, Iles Eparses)		Maculinea
Poissons	Apron du Rhône	Flore	Aster des Pyrénées
	Esturgeon européen		Buglosse crépue
Oiseaux	Aigle de Bonelli		Flûteau nageant
	Milan royal		Panicaut vivipare
	Gypaète barbu		Plantes messicoles
	Vautour moine		Saxifrage oeil-de-bouc
	Vautour percnoptère		Liparis de Loesel
	Vautour fauve		Lunetière de Rotgès
	Faucon crécerellette		Centranthe à trois nervures
	Outarde canepetière		Bois de poivre
	Râle des genêts		Bois de papaye
	Phragmite aquatique		Bois blanc rouge
	Butor étoilé		Bois de senteur blanc
	Chouette chevêche		Palmier <i>Astrocaryum minus</i>
	Balbuzard pêcheur		Palmier <i>Bactris nancibaensis</i>
	Sitelle corse		Petite massette
	Héron crabier blanc de Madagascar		Isoètes
	Echenilleur de La Réunion		
	Pétrel noir de Bourbon		
	Ganga cata et alouette calandre		
	Grand tétras		
	Pies-grièches		
	Albatros d'Amsterdam		

Annexe 17 – Liste des actions des plans nationaux pour la loutre d'Europe et les odonates (Direction de l'eau et de la biodiversité, 2017)

Liste des actions du plan national pour la loutre d'Europe (Ministère de l'Environnement)

Etude

- 1 - Actualiser la carte de répartition française de la Loutre d'Europe.
- 2 - Etudier la présence de la Loutre d'Europe dans les secteurs en phase de recolonisation.
- 3 - Etudier la répartition, l'utilisation de l'espace et le comportement de la Loutre d'Europe en milieu marin en France.
- 4 - Développer l'application des méthodes d'étude de l'utilisation de l'espace par analyse génétique.
- 5 - Affiner les connaissances sur l'influence exercée par différents paramètres de l'habitat sur la Loutre d'Europe.
- 6 - Déterminer le potentiel d'accueil de la Loutre d'Europe par secteur géographique.
- 7 - Etudier les risques sanitaires encourus par la Loutre d'Europe.
- 8 - Etudier l'impact de la prédation par la Loutre d'Europe dans les étangs de pisciculture.
- 9 - Déterminer les facteurs influençant la prédation par la Loutre d'Europe dans les piscicultures.
- 10 - Tester des systèmes de protection dans les piscicultures.

Protection

- 11 - Evaluer et renforcer la prise en compte de la Loutre d'Europe dans les politiques publiques.
- 12 - Consolider le réseau de sites protégés ou gérés pour la Loutre d'Europe et améliorer son efficacité.
- 13 - Améliorer la prise en compte de la Loutre d'Europe dans les études d'impact ou d'incidence.
- 14 - Mettre en place des corridors écologiques pour la Loutre d'Europe.
- 15 - Elaborer un document technique de recommandations de gestion destiné aux maîtres d'ouvrage de la gestion des cours d'eau et des zones humides.
- 16 - Faciliter le franchissement de barrages.
- 17 - Réduire la mortalité due aux collisions avec des véhicules.
- 18 - Eviter la mortalité due aux noyades accidentelles dans les engins de pêche.
- 19 - Eviter la mortalité accidentelle lors des actions de piégeage ou de chasse.
- 20 - Créer des Havres de Paix pour la Loutre d'Europe.

Communication

- 21 - Développer les supports de communication et la mise en place de programmes d'éducation sur la Loutre d'Europe.
- 22 - Veiller à une bonne cohabitation entre la Loutre d'Europe et les activités de loisirs.
- 23 - Publier un rapport compilant les connaissances sur la problématique "loutres et activités aquacoles".
- 24 - Apporter une aide aux pisciculteurs.
- 25 - Informer et sensibiliser les utilisateurs et gestionnaires des écosystèmes aquatiques et de la ressource aquacole.
- 26 - Mettre en place un réseau pour la collecte et la valorisation des cadavres.
- 27 - Former les partenaires du plan d'action et les gestionnaires.
- 28 - Mettre à disposition des collectivités et usagers une assistance scientifique et technique.
- 29 - Renforcer les coordinations régionales et nationales.
- 30 - Assurer un lien entre les actions françaises et le Groupe Loutre UICN.
- 31 - Animer le plan et un réseau de coopération.

Liste des actions du plan national pour les odonates (Office pour les insectes et leur environnement)

Connaissances

- 1 - Inventorier les stations.
- 2 - Évaluer l'état de conservation des métapopulations des odonates prioritaires.
- 3 - Entreprendre des études scientifiques.

Gestion conservatoire

- 4 - Déterminer les priorités spatiales pour la gestion conservatoire des métapopulations.
- 5 - Elaborer et réaliser des projets concernant la gestion conservatoire des espèces prioritaires en région ou sur le territoire national.
- 6 - Protéger les stations renfermant une population locale d'une espèce prioritaire.
- 7 - Intégrer des priorités de conservation dans les différentes stratégies de sauvegarde de la biodiversité de l'Etat et des collectivités territoriales.
- 8 - Accompagner les programmes nationaux et régionaux de lutte contre l'expansion et la prolifération des écrevisses invasives.
- 9 - Mettre en place un suivi national de la faune des odonates.

Réseaux

- 10 - Organiser un système centralisé de ressources documentaires scientifiques et techniques, associé à des forums de discussions.

Formation sensibilisation

- 11 - Réaliser un cahier technique concernant la gestion conservatoire des odonates.
- 12 - Former les professionnels de terrain.
- 13 - Développer des outils de vulgarisation sur les odonates.
- 14 - Diffuser l'information sur les avancées du plan.

Annexe 18 – Liste des sites Ramsar en France métropolitaine et ultra-marine par ordre chronologique de désignation, en date de juin 2017 (Service d'information sur les sites Ramsar, 2017)

Sites de métropole	Localisation	Superficie (en ha)	Date de désignation
Camargue	Provence-Alpes-Côte d'Azur	85 000	01-12-1986
Golfe du Morbihan	Bretagne	23 000	08-04-1991
Brenne	Centre-Val de Loire	140 000	08-04-1991
Rives du Lac Léman	Rhône-Alpes	1 915	08-04-1991
Etangs de la Champagne humide	Champagne-Ardenne	255 800	08-04-1991
Etang de Biguglia	Corse	1 790	08-04-1991
Etangs de la Petite Woëvre	Lorraine	5 300	08-04-1991
Marais du Cotentin et du Bessin, Baie des Veys	Normandie	32 500	08-04-1991
Baie du Mont Saint-Michel	Normandie, Bretagne	62 000	14-10-1994
Grande Brière	Pays de la Loire	19 000	01-02-1995
Lac de Grand-Lieu	Pays de la Loire	6 300	01-02-1995
Basses vallées Angevines	Pays de la Loire	6 450	01-02-1995
Marais salants de Guérande et du Més	Pays de la Loire	5 200	01-09-1995
Petite Camargue	Languedoc-Roussillon	37 000	08-01-1996
Baie de Somme	Picardie	17 320	30-01-1998
Bassin du Drugeon	Franche-Comté	6 445	02-02-2003
Lac du Bourget - Marais de Chautagne	Rhône-Alpes	5 500	02-02-2003
Etangs du Lindre, forêt du Romersberg et zones voisines	Lorraine	5 308	02-02-2003
Marais du Fier d'Ars	Poitou-Charentes	4 452	02-02-2003
Etangs littoraux de la Narbonnaise	Languedoc-Roussillon	12 334	02-02-2006
Mares temporaires de Tre Padule de Suartone	Corse	218	02-02-2007
Rhin Supérieur / Oberrhein	Alsace	22 413	05-09-2008
Etangs palavasiens	Languedoc-Roussillon	5 797	15-09-2008
Etang de Palo	Corse	212	15-09-2008
Etang d'Urbino	Corse	790	15-09-2008
Impluvium d'Evian	Rhône-Alpes	3 275	15-09-2008
Salins d'Hyères	Provence-Alpes-Côte d'Azur	900	15-09-2008
Etangs de Villepey	Provence-Alpes-Côte d'Azur	255	15-09-2008
Marais audomarois	Nord-Pas-de-Calais	3 726	15-09-2008
Marais d'Orx et zones humides associées	Aquitaine	962	27-10-2011
Bassin d'Arcachon - Secteur du delta de la Leyre	Aquitaine	5 175	27-10-2011
Tourbière de Moltifao	Corse	33	27-10-2011
Marais Vernier et Vallée de la Risle maritime	Normandie	9 565	18-12-2015
Marais Breton, Baie de Bourgneuf, Ile de Noirmoutier et Forêt de Monts	Pays de la Loire	55 826	02-02-2017
Etang de Salses-Leucate	Languedoc-Roussillon	7 637	30-06-2017

Sites d'Outre-mer	Localisation	Superficie (en ha)	Date de désignation
Grand Cul-de-Sac Marin de la Guadeloupe	Guadeloupe	29 500	08-12-1993
Basse-Mana	Guyane	59 000	08-12-1993
Marais De Kaw	Guyane	137 000	08-12-1993
Lagon de Moorea	Polynésie française	5 000	15-09-2008
Estuaire du fleuve Sinnamary	Guyane	28 400	15-09-2008
Réserve naturelle nationale des Terres australes françaises	Terres australes et antarctiques françaises	2 270 000	15-09-2008
Etang des Salines	Martinique	207	15-09-2008
Zones humides et marines de Saint-Martin	Saint-Martin	2 997	27-10-2011
Ile d'Europa	Terres australes et antarctiques françaises	205 800	27-10-2011
Vasière des Badamiers	Mayotte	115	27-10-2011
Lacs du Grand Sud néo-calédonien	Nouvelle-Calédonie	43 970	02-02-2014

Annexe 19 – Liste des critères de sélection en vigueur en date de février 2017 pour l'inscription d'un site sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO (UNESCO, 2017)

Critère 1

Représenter un chef-d'œuvre du génie créateur humain.

Critère 2

Témoigner d'un échange d'influences considérable pendant une période donnée ou dans une aire culturelle déterminée, sur le développement de l'architecture ou de la technologie, des arts monumentaux, de la planification des villes ou de la création de paysages.

Critère 3

Apporter un témoignage unique ou du moins exceptionnel sur une tradition culturelle ou une civilisation vivante ou disparue.

Critère 4

Offrir un exemple éminent d'un type de construction ou d'ensemble architectural ou technologique ou de paysage illustrant une ou des périodes significative(s) de l'histoire humaine.

Critère 5

Etre un exemple éminent d'établissement humain traditionnel, de l'utilisation traditionnelle du territoire ou de la mer, qui soit représentatif d'une culture (ou de cultures), ou de l'interaction humaine avec l'environnement, spécialement quand celui-ci est devenu vulnérable sous l'impact d'une mutation irréversible.

Critère 6

Etre directement ou matériellement associé à des événements ou des traditions vivantes, des idées, des croyances ou des œuvres artistiques et littéraires ayant une signification universelle exceptionnelle (Le Comité considère que ce critère doit préférablement être utilisé en conjonction avec d'autres critères).

Critère 7

Représenter des phénomènes naturels ou des aires d'une beauté naturelle et d'une importance esthétique exceptionnelles.

Critère 8

Etre des exemples éminemment représentatifs des grands stades de l'histoire de la terre, y compris le témoignage de la vie, de processus géologiques en cours dans le développement des formes terrestres ou d'éléments géomorphiques ou physiographiques ayant une grande signification.

Critère 9

Etre des exemples éminemment représentatifs de processus écologiques et biologiques en cours dans l'évolution et le développement des écosystèmes et communautés de plantes et d'animaux terrestres, aquatiques, côtiers et marins.

Critère 10

Contenir les habitats naturels les plus représentatifs et les plus importants pour la conservation in situ de la diversité biologique, y compris ceux où survivent des espèces menacées ayant une valeur universelle exceptionnelle du point de vue de la science ou de la conservation.

Annexe 20 - Zones humides et services culturels - Une approche par la littérature et le sacré

(Contribution réalisée par Bertrand Sajaloli, Maître de conférences en géographie, EA 1210 CEDETE, Université d'Orléans, Groupe d'Histoire des Zones Humides et Etienne Grésillon, Maître de conférences en géographie, UMR CNRS 7533 LADYSS, Université Paris Diderot)

Dix ans avant la conférence internationale sur la biodiversité de l'ONU et l'appel de Paris en faveur de la biodiversité (2005), 10 ans avant le *Millenium Ecosystem Assessment* (2005), vaste synthèse scientifique sur la notion de service écosystémique, c'est-à-dire non sur l'état de la biodiversité lui-même mais sur les bénéfices directement ou indirectement tirés par les sociétés du fonctionnement des écosystèmes, les zones humides françaises ont été les pionnières d'une approche de la notion de service écosystémique avec le néologisme d'*infrastructures naturelles* forgé par Laurent Mermet dans le cadre du rapport sur l'évaluation des politiques publiques en matières de zones humides (Bernard, 1994) et du lancement du Plan national d'actions en faveur des zones humides (1995). C'est donc en partie sur les zones humides qu'a été forgée l'approche nationale des services écosystémiques lancée en 2012 par le Ministère du Développement Durable et intitulée EFESE (Evaluation Française des Ecosystèmes et des Services Ecosystémiques). Celle-ci distingue cinq catégories d'usages : (i) usage direct avec prélèvement, (ii) usage direct sans prélèvement (service culturels, récréation), (iii) usage indirect (régulation), (iv) usage potentiel ou optionnel et (v) pas d'usage, identification, legs –on ne parlera pas de service écosystémique mais de patrimoine naturel). Parmi eux, les services écosystémiques culturels sont dotés d'une valeur monétaire, ou non, que les sociétés donnent à la nature mais qui, malgré le souci de les placer sous l'égide des « interactions », n'en présentent pas moins une conception très anthropisée de la nature.

A *contrario*, le cadre conceptuel adopté par l'EFESE classe les valeurs non quantifiables sous le registre du patrimoine naturel qui « n'est pas assimilé à un service écosystémique et dont la valeur n'est pas appréhendée par l'évaluation des valeurs d'usage. La valeur d'un élément du patrimoine naturel relève généralement du non usage (valeur d'existence, de legs ou altruiste) mais elle peut relever, plus largement, de valeurs non utilitaires » (EFESE, 2017).

Malgré le *distingo* pour le moins abrupt qui vise à séparer la culture (services culturels) de la nature (patrimoine naturel), le cadre conceptuel de l'EFESE associe aux services culturels et au patrimoine naturel différentes valeurs de non usage et affirment qu'elles ne sont pas exclusivement liées à la satisfaction de besoins immédiats et que notre rapport à la nature est parfois plus subtil et désintéressé. En filigrane, il s'en dégage une morale, non interrogée par l'EFESE, qui inclut des intérêts esthétiques, culturels, spirituels mais selon une posture ambiguë où, par exemple, sont mis sur le même plan des sites sacrés et des parcs urbains sans que soient analysés les modes de représentation et de valorisation de la nature (Descola, 2005).

Ainsi, il semble (Maris, 2014 ; de Sartre et *al.*, 2014) que considérer les valeurs culturelles de la nature en termes de biens et de services ne peut pas rendre compte de la diversité des relations homme-nature et qu'il y a un péril à tout vouloir évaluer, mesurer, quantifier notamment car cela peut dissuader de s'engager dans des relations proprement éthiques. Il y a donc au moins urgence à procéder à une géohistoire des approches culturelles et qualitatives accordant une large place aux perceptions et représentations et, sur le plan des investigations scientifiques, aux méthodes interprétatives, délibératives et participatives caractérisant ces valeurs. Il s'agit aussi de dresser une socio-géographie culturelle attentive à la pluralité des valeurs en présence, à leurs mosaïques spatiales, et à leurs variations selon les origines sociales, culturelles mais aussi territoriales des usagers. Aussi, peuvent être défendus (LADYSS, 2014, 2016)⁴³ :

1. Une approche alternative de coproduction nature-culture, pour explorer ce que la nature rend possible, et non ce qu'elle offre unilatéralement. Les services écosystémiques sont ainsi appréhendés dans un **cadre de réciprocité**.
2. Que les objets « naturels » en cause soient ordinaires ou remarquables, leur valorisation collective ne résulte pas de **l'agrégation des préférences individuelles révélées** notamment par les démarches microéconomiques. C'est notamment le cas pour les objets sacrés. L'usage de la nature n'est pas dénombrable sur un mode économique : ainsi, la fréquentation du mont Fuji ou du Mont Saint Michel ne

⁴³ LADYSS, 21 novembre 2014, *Les services écosystémiques culturels*, Actes de la journée de cadrage organisée par Nathalie Blanc et Patrick Desgeorges (MEDDE) et l'UMR CNRS 7533 Ladyss et l'université de Paris Diderot, LADYSS, 3 février 2016, *Sacrées nature, les services culturels en perspective*, Actes de la journée de cadrage organisée par E. Grésillon et B. Sajaloli et l'UMR CNRS 7533 Ladyss et l'université de Paris Diderot

traduit pas sa valeur sacrée. Il faut donc définir les moyens d'appréhender **les systèmes de valeurs construits par les sociétés sous la forme de compromis formels ou informels**.

3. Ces rapports sociaux à la nature procèdent d'une mise en forme collective, notamment esthétique, et plus généralement sensible, de la part de populations s'inscrivant dans des territoires.

4. Le **paysage** et le **patrimoine** font partie de ces mises en forme **collectives** qui débouchent sur l'établissement de conventions sociales et légales.

5. La lecture de la nature suppose une interprétation herméneutique qui inscrit les parties et le tout dans une relation signifiante pour des individus ou des groupes donnés.

C'est ce que nous tentons en lançant une réflexion sur la dimension patrimoniale associée aux zones humides par le truchement de la littérature. Cette réflexion s'inscrit dans la géographie culturelle, qui essaie de voir en quoi la culture, et ici la littérature, peuvent être à même non seulement d'induire des liens spécifiques entre les hommes et les lieux d'eau mais aussi, en mobilisant un imaginaire, d'influencer la gestion de ces milieux, de créer des types de paysages liés aux perceptions et représentations que les acteurs du territoire en ont, et, *in fine*, de façonner des milieux naturels comme les zones humides. À cet égard, nous avons un glorieux prédécesseur, André Ferré, qui, dès 1946, dans son ouvrage *Géographie littéraire*, tentait de chercher en quoi, en France, il existe des paysages littéraires. Nous tentons de même en examinant les valeurs spirituelles liées à la place de l'eau dans les grandes religions, notamment chrétiennes, en affirmant qu'elles sous-tendent les valeurs culturelles liées aux services écosystémiques des zones humides⁴⁴.

1. La littérature, un agent géographique pour les zones humides ?

1.1. Une approche sémiotique des lieux d'eau

La géographie est une science qui s'interroge sur les conditions biophysiques du milieu, sur l'organisation des sociétés, sur le droit, l'économie, en somme sur tous les facteurs concrets à l'origine de la production d'espace. Mais une fois que les milieux naturels ou peu anthropisés ont été passés dans ces tamis factuels, il reste encore beaucoup d'éléments inexplicables d'ordres affectif ou métaphysique, d'ordre culturel, qui motivent des décisions de nature et conditionnent des organisations paysagères. C'est ce que nous traquons en examinant le rôle des zones humides dans la littérature.

Par exemple, dans les marais de la Souche, au nord de Laon (Aisne), il est possible d'identifier des paysages de la « peur de mourir » dans les peupleraies mal venues du centre hydromorphe de la zone palustre. En effet, lorsque les paysans des riches plaines d'agriculture intensive voisines veulent transmettre leurs biens, c'est souvent à leurs petits-enfants qu'ils lèguent les parcelles de marais. Or ils ne souhaitent pas leur proposer de l'herbe et des prairies humides, mais, au contraire, ils y plantent des arbres, plus conformes au désir de laisser un souvenir, ce qui constitue pourtant une totale aberration écologique et économique. De même, lors de l'instruction du classement de la Sologne en « Natura 2000 » effectuée conjointement par l'association Sologne nature environnement et le Centre régional de la propriété forestière de la région Centre Ile-de-France, il est apparu que nous pouvions identifier des paysages protestants, plus massivement enrésinés, et des paysages catholiques, plus ouverts, non enclos, disposant quasi systématiquement d'une petite parcelle exempte de toute gestion forestière renvoyant à un Eden perdu. Et ce, alors même que leurs propriétaires n'en avaient pas nécessairement conscience. Il y a donc bien des liens entre le métaphysique et l'espace, entre la culture et la nature.

Par leur ambivalence physique et symbolique, par leur moindre intégration dans les marchés économiques mondialisés qui autorise une plus grande expression de l'imaginaire, les zones humides, entre terres et eaux, entre vie et mort, se prêtent bien à cet exercice de géographie culturelle. Dès lors, se pose une série de questions : la littérature, en forgeant des représentations susceptibles de guider le choix des gestionnaires, est-elle un moteur géographique qui permet de comprendre les types de paysages et donc les types d'écosystèmes dans les zones humides ? D'un point de vue méthodologique, le travail s'effectue selon l'approche sémiotique : est étudié le sens des mots et la manière dont la littérature utilise les zones humides

⁴⁴ Cette contribution reprend en partie les textes et communications fournis par B. Sajaloli et E. Grésillon lors de la Journée d'études du 28 janvier 2016 « Usages et représentations de zones humides d'hier à aujourd'hui : un enjeu de politique environnementale » organisée par le Comité d'Histoire du MEDDE et le Groupe d'Histoire des Zones Humides. Les actes sont publiés dans la revue Pour Mémoires-Comité d'Histoire, *Revue des Ministères de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie et du Logement, de l'Égalité des Territoires et de la Ruralité*, n° 16, 2017.

pour dégager des sentiments. Il s'agit également de voir de quelle manière les zones humides sont représentées par la littérature. Le corpus étudié comprend 230 romans, tous datant d'après 1945 regroupant aussi bien de grands succès de librairie, pour être certain de bien repérer une vision partagée par le plus grand nombre, que des ouvrages plus confidentiels, des romans policiers que de la littérature pure, des écrits francophones que traduits. Evidemment, le guide de référence est l'extraordinaire ouvrage de Gaston Bachelard, *L'eau et les rêves. Essai sur l'imagination de la matière*, publié chez Joseph Corti en 1942, qui définit un certain nombre d'archétypes (les eaux claires et courantes qui sont les eaux narcissiques et amoureuses, les eaux claires et lustrales du baptême, les eaux profondes, dormantes, qui sont celles de la mort et du surnaturel, les eaux composées, mêlées de terre, qui sont celles de la naissance de la vie...). L'objectif est de déterminer si on retrouve les figures bachelardiennes aujourd'hui et si de nouveaux archétypes ne sont pas apparus.

1.2. Eaux dormantes, eaux signifiantes : les figures littéraires des zones humides

Parcourir les zones humides, c'est d'abord entrer dans un monde de *désirs, de plaisirs et de dérèglements*. Dans un grand nombre de livres, surtout près des étangs, les couples se retrouvent. Le plaisir et le désir sont présents chez ce formidable écrivain finlandais, Arto Paasilinna, notamment dans *Un homme heureux*. On retrouve l'obsession du plaisir à travers l'ouvrage de Nelly Kaplan (cinéaste féministe du début des années 1970 à qui l'on doit *La fiancée du pirate*) *Cuisses de grenouille*. Dans ce roman assez amusant, des grenouilles observent de leur mare les ébats amoureux et les conflits des gens dans un village. Plaisir et désir peuvent même se dérégler. On le voit dans le livre de Garcia Marquez, *L'amour au temps du choléra*, et surtout dans *Le Plan B*, de Chester Himes. On assiste à des dérèglements sexuels et moraux, toujours à proximité, et comme encouragés par les zones humides. C'est ce que l'on retrouve également dans ce beau roman policier américain, *Les marécages*, de Lansdale.

La deuxième figure est celle de *l'harmonie avec la nature* très fréquente dans les livres pour enfant où mares et étangs génèrent une vision édénique de la nature. On la rencontre beaucoup dans la littérature, qu'elle soit policière ou classique, par exemple dans l'ouvrage d'Henning Mankell *La lionne blanche*, où ressort une image de communion homme-nature. On retrouve également l'eau des origines chez Guy de Maupassant dans le *Horla*. Le thème des origines représente une figure fréquente, largement développée dans le dernier ouvrage de Montalban, *Milenio*, synthèse de toute sa production littéraire, à la fois policière et classique, où, rentrant dans l'eau du Gange, l'auteur participe à un étrange ordre cosmique, réactive la lointaine origine de la vie dans l'eau et se laisse aller aux caresses de *l'eau aimantée qui efface la mémoire et installe dans le désir possible*. Cette harmonie est aujourd'hui la trame narrative et l'intrigue de bien des romans policiers écologiques comme la *Grenouille aux pattes d'or* de Jonathan Fast ou les *Moulins de Yalikavak* d'Hervé Jaouen. À cette harmonie s'associe souvent le couple eau lustrale-eau des souillures. Au début du roman *Vendredi ou les limbes du Pacifique*, de Michel Tournier, Robinson se trouve dans la boue d'un immense marécage, couvert d'excréments. Il perd toute dignité humaine et tout d'un coup, au fin fond de la souille, il retrouve l'image de son père puis revient. Telle une figure initiatique, la zone humide permet à l'homme de renaître.

La troisième figure est celle *des ruptures et des secrets*. En remuant une eau stagnante, en vidant un étang, on fait réapparaître des secrets enfouis. C'est très souvent la base de narrations, policières ou non, comme chez Indridason (*L'homme du lac*) ou Fred Vargas (*Sous le ventre de Neptune*) où la folie meurtrière de Fulgence est déclenchée par l'assassinat de ses parents dans un étang de Sologne. L'eau stagnante fige le temps, dissimule les horreurs et les violences du passé ; la remuer, c'est déclencher leur resurgissement et provoquer de nouvelles tensions.

La quatrième figure relève de *la laideur, de la peur et de la bassesse*, surtout dans le monde des tourbières et des vases, où l'organique est extrêmement présent. Par définition, c'est le lieu où les gens perdent leur morale et leur dignité, où les meurtres les plus affreux se commettent. De même, un trouble et une perte de contrôle de soi apparaissent au contact de la fange et des odeurs fortes de la matière humide, notamment chez Irène Némirovsky (*Suite française*) et chez Madame de la Fayette (*Voyage en Italie*). Lorsque cette dernière traverse les marais Pontins en Italie, qui ne sont pas asséchés au XVIII^e, elle perd le contrôle d'elle-même et a gagné par le désir. Ce n'est que lorsqu'elle regagne la plaine du Pô asséchée qu'elle reprend tout d'un coup force de caractère et moralité. L'humide est ainsi associé aux bassesses et aux compromissions : Simone de Beauvoir dans la *Force de l'âge* écrit : « Les « petits camarades » éprouvaient le plus grand dégoût pour ce qu'on appelle « la vie intérieure », ils voyaient, eux, de puants marécages ; c'est là que s'opèrent en douce tous les trafics de la mauvaise foi, c'est là que se dégustent les délices croupis du narcissisme. Pour dissiper ces ombres et ces miasmes, ils avaient coutume d'exposer au grand

jour leurs vies, leurs pensées, leurs sentiments ». Au découragement, à la faiblesse, au renoncement, au dégoût et à la mort comme dans le roman *Lily et Braine* de Christian Gailly : « *Braine, de son côté, pensait mousson, borbier, marécage, route spongieuse, cadavres pourrissant, tout vous dégoûte, on ne veut plus se battre, on est prêt à se rendre pour une couchette au sec et un café* ». Cette figure du découragement revient souvent. Elle est souvent liée à des postures de mensonges et de trahisons. Elle renvoie à une figure plus ancienne de *L'Enfer de Dante* où le vestibule de l'enfer est lié à l'indifférence et à la lâcheté.

La cinquième figure est *le surnaturel, le lieu de communication avec les dieux*, elle est très fréquente dans les tourbières et beaucoup utilisée dans la littérature fantastique comme par exemple chez HP Lovecraft dans *La tourbière hantée*.

Enfin, la sixième et dernière figure est celle de la *mort* : on meurt beaucoup près et dans les zones humides, soit volontairement, par suicide, soit au bout d'âpres combats, la conjonction entre la violence de la lutte et l'inhospitalité du marais déterminant un archétype guerrier droit issu d'Hannibal qui perdit un œil dans les marais du lac Trasimène. La mort est très souvent féminine comme le montre à la fois Pierre Jakez-Hélias dans *Le cheval d'orgueil* où, découragées, les femmes se noient dans les mares bretonnes, et ces innombrables romans policiers dans lesquels des jeunes femmes sont retrouvées souillées et assassinées sur les bords mêmes des eaux stagnantes. Elles renvoient également à la topographie des enfers de *L'Énéide de Virgile*.

Ces six figures sont fréquemment étroitement mêlées dans les œuvres littéraires, ce qui renvoie au caractère ambivalent des zones humides. Cette thématique est par exemple formidablement développée dans le très beau roman de Youzas Baltouchis, *La saga de Youza* – sans doute l'un des plus beaux livres jamais écrits sur les tourbières et les lieux d'eau - où ces six archétypes coexistent dans la grande tourbière lituanienne épicentre et héroïne de l'épopée. Néanmoins, il est souvent possible d'associer chaque type de zones humides distingués par Geneviève Barnaud (1998) à des types de représentations et à des archétypes de perception littéraire. L'étang et les plans d'eau renvoient au sexe, à l'harmonie, au narcissisme et aux réminiscences ; les mares et les canaux à la mort par suicide et par noyade, les lacs à l'élévation de l'âme, les tourbières au surnaturel, au diable et à la peur viscérale.

2. Les zones humides ou le jaillissement du sacré

Dans la Genèse, Dieu intervient fortement dans les paysages de l'eau, qui *de facto* signent sa puissance créatrice. Le premier récit biblique de la création commence par cette évocation : « La terre était vague et vide, les ténèbres couvraient l'abîme, l'esprit de Dieu planait sur les eaux » (Gn 1, 2). Dans ce chaos des origines, qui s'apparente à un immense paysage humide, à un marécage planétaire, Dieu met de l'ordre en focalisant son attention sur les masses d'eau. Il s'emploie, le deuxième jour, à séparer les eaux d'en haut des eaux sous le firmament. Il scinde ensuite, le troisième jour, les continents et les mers. De ces masses inertes, il fait, le cinquième jour, des eaux qui grouillent d'un pullulement d'êtres vivants (Gn 1, 20). C'est également avec l'eau que se referme l'Apocalypse avec son fleuve irrigant la Jérusalem céleste⁴⁵ : elle est donc omniprésente dans la symbolique chrétienne. Ainsi, de l'espace primitif boueux des origines, le dieu chrétien crée un monde où terre et eau sont séparées. L'humide connaît son ambivalence fondamentale : il est tout à la fois force de vie et chaos inachevé.

Aussi étonnant que cela puisse paraître, cette ambivalence sacrale se retrouve non seulement dans les autres religions du Livre (islam, judaïsme) mais encore dans les grandes religions de la planète. L'eau y revêt partout des fonctions spirituelles essentielles : des rites de naissance à ceux du trépas, elle est associée quotidiennement à toutes les pratiques culturelles. Par extension, les territoires de l'eau, les zones humides, constituent également des paysages sacrés dont les pouvoirs d'intercession auprès du divin épousent étroitement leurs formes terrestres. Marais, mers, lacs, fleuves, sources dessinent ainsi autant de voies particulières, autant de chemins spirituels pour rapprocher les hommes des dieux.

2.1. Le sacré de l'eau

L'eau – stagnante ou courante, boueuse ou claire, douce ou saumâtre – et les milieux qu'elle engendre – lacs, mares, étangs, fleuves, rivières ou torrents, tourbières, marais et lagunes – sont intimement liés au sacré (Gritti, 2010). L'eau l'incarne même tant elle rythme la vie du fidèle, qu'il soit chrétien et reçoive à la fois l'eau du baptême et celle de l'extrême onction, musulman avec les ablutions quotidiennes liées à la

⁴⁵ « Il me montra un fleuve d'eau de la vie, limpide comme du cristal, sortant du trône de Dieu et de l'Agneau » (Apo, 23, 1).

prière, juif avec les rites de purification consignés dans le Lévitique, bouddhiste avec les pèlerinages vers les lacs sacrés du Tibet, hindouiste avec ceux vers le Gange et les villes saintes, animiste enfin comme l'adepte de la cosmogonie dogon qui craint et adule les *Nommo*, génies de l'eau (Griaule, 1996 ; Sajaloli, 2016).

Deux raisons déterminent ce jaillissement aquatique du sacré. D'une part, l'eau est le seul des quatre éléments à revêtir à l'état naturel trois états, solide, liquide et gazeux, le seul à unir le ciel et la terre par la pluie qui ruisselle, s'infiltre et s'écoule, mais aussi par les sources qui proviennent du sol et en garde les vertus que valorisent ensuite les eaux minérales et les thermes. D'autre part, intimement liée à la vie, c'est l'élément primordial mais aussi, mais surtout même, celui de tous les passages, de toutes les transformations. Dès lors, sa symbolique, qui se nourrit de la somme complexe de tous ces passages, est bien plus riche que celle de l'arbre ou du sommet : selon Mircea Éliade (1963), c'est en analysant les valeurs religieuses des eaux que l'on saisit la structure et la fonction du symbole, c'est la sacralité des eaux qui forge le seul système capable d'articuler toutes les révélations particulières des innombrables hiérophanies. Parmi elles, une des images exemplaires de la création est l'île, manifestation formelle de la vie au milieu des flots, une autre est l'immersion qui symbolise la régression dans le pré-formel, la réintégration dans le monde indifférencié de la préexistence. Mais cette immersion dans l'indistinct n'est que passagère, elle précède une nouvelle création, une nouvelle vie, voire l'apparition d'un « homme nouveau ». Ainsi, le symbolisme des eaux évoque donc aussi bien la vie, la mort que la renaissance ; au contact du liquide survient toujours la régénération. À cette aune, toujours selon Mircea Éliade, le déluge est structurellement comparable au baptême, la libation funéraire à la lustration des nouveaux nés et aux bains rituels. Avec autant d'attributs, la sacralité de l'eau devient universelle : elle est associée à tous les rites de purification, à tous les exercices spirituels, à toute effusion du divin. C'est elle qui crée le lien le plus fort entre toutes les religions du monde, qu'elles soient disparues ou vivantes, animistes, polythéistes ou liées à la cosmogonie des trois monothéismes ; elle enfin qui constitue « la seule négation de la différenciation spatiale qui ne soit pas désespérante pour le géographe » (Pitte, 2003).

Les fonctions de l'eau, tant matérielles que symboliques, relèvent également de trois ordres : combinée à la terre ou à une farine, l'eau féconde, nourrit, façonne et abrite. Pure, sacralisée, elle lave, purifie et conduit vers le divin. Sombre enfin, elle guide vers l'ultime passage de la mort.

La *fonction fécondante* se lit bien dans le texte d'Isaïe qui associe magnifiquement l'eau au sacré et à la géographie : « *La pluie et la neige qui descendent des cieux n'y retournent pas sans avoir abreuvé la terre, sans l'avoir fait germer, pour donner la semence au semeur et le pain à celui qui mange ; ainsi ma parole, qui sort de ma bouche, ne me reviendra pas sans résultat, sans avoir fait ce que je veux, sans avoir accompli sa mission (Is 55, 10-11).* »

Toutefois, l'eau n'est rien sans la terre, c'est un principe premier, primordial mais qui ne donne la vie que combinée à la terre et à l'air (Béthémont, 2003) : « *Au jour où le Seigneur Dieu fit la terre et le ciel, il n'y avait encore aucun arbuste de la campagne sur la terre et aucune herbe de la campagne ne poussait encore ; car le Seigneur Dieu n'avait pas fait pleuvoir sur la terre et il n'y avait pas d'homme pour la cultiver. Mais un flot montait de la terre et en arrosait toute la surface. Le Seigneur façonna l'homme de la poussière de la terre ; il insuffla dans ses narines un souffle de vie et l'homme devint un être vivant (Gn 2, 4-8).* »

Fécondante, l'eau est aussi vitale et structure le quotidien en l'arrimant au sacré : sources, puits, fontaines deviennent ainsi tout à la fois des lieux indispensables aux fonctions biologiques de l'homme mais aussi des lieux de culte et de dévotion.

La *fonction sacralisée*, universelle, érige l'eau en symbole quasi-exclusif de pureté. Bachelard (1942), dans *L'eau et les rêves*, affirme que l'on ne peut pas déposer l'idéal de pureté n'importe où, dans n'importe quelle matière. Si puissants que soient les rites de purification, il est normal qu'ils s'adressent à une matière qui puisse les symboliser. L'eau claire est une tentation constante pour le symbolisme facile de la pureté. Chaque homme trouve sans guide, sans convention sociale cette image naturelle⁴⁶.

Pourtant, deux principes différents distinguent eau lustrale et eau baptismale. L'eau lustrale métamorphose l'être ordinaire, vil et trivial, en être purifié et apte à la transcendance. Musulman, on ne peut prier qu'après les ablutions rituelles : « vous qui croyez, si vous vous mettez en devoir de prier, alors rincez-vous le visage et les mains, jusqu'aux coudes, passez-vous la main sur la tête et sur les pieds jusqu'aux chevilles. Si vous

⁴⁶ Gaston Bachelard, 1942, p. 182.

êtes en état d'impureté, alors purifiez-vous »⁴⁷. Juif, on ne peut se purifier qu'en présence de l'eau. Les rites de purification consignés dans le Lévitique décrivent soigneusement le lavage des mains avant et après la lecture des textes religieux, avant la prière du matin et la bénédiction de chaque repas, et ce de façon à bien dissocier vie spirituelle et vie matérielle. De même l'immersion des femmes la veille de leur mariage, venant d'accoucher ou désirant marquer la fin de leurs périodes mensuelles, renvoie à un désir de purification ; le bain rituel concerne d'ailleurs toute la communauté juive y compris les hommes qui se rassemblent et se recueillent dans le Mikveh, en particulier la veille de Yom Kippour et avant le Shabbat. Catholique, on plonge ses doigts dans l'eau bénite avant de se signer et d'avancer vers l'autel, purifié et apte à côtoyer le mystère de l'eucharistie. Bouddhisme et hindouisme associent également étroitement eau et sacralité. À la fin de la révélation, Bouddha rentre dans la pureté et la perfection en se recueillant sous un arbre, près d'une fontaine. Dans l'hindouisme, l'eau est en elle-même un être sacré, vénéré, à l'origine de grands pèlerinages vers les rives des sept rivières sacrées, dont le Gange. Ainsi, lorsque les Hindous font la cérémonie journalière appelée Sandhya (prière védique), ils adressent à l'eau les invocations suivantes : « *Eau de la mer, des fleuves, des étangs, des puits, et enfin de tout autre endroit quelconque, soyez favorable à mes prières et à mes vœux ! Ainsi qu'un voyageur fatigué par la chaleur trouve du soulagement à l'ombre d'un arbre, ainsi puissé-je trouver en vous du soulagement à mes maux, et le pardon de mes péchés (Sandhya, section 5, 352).* »

De son côté, l'eau baptismale des chrétiens n'est pas seulement purifiante car avec le baptême, marqué par une immersion totale ou partielle du corps, se joue une véritable renaissance explicitée par Éliade (1963). Le passage d'un état impur à un état régénéré, qui entérine l'entrée dans la communauté chrétienne, s'effectue par un stade immergé assimilé à une mort symbolique, au cœur même de la pensée de la résurrection. Ces franchissements multiples entre vie et mort se retrouvent également dans l'utilisation de l'eau dans la messe catholique (Jaskulké, 2002) : l'eau mélangée au vin lors de l'eucharistie représente l'humanité qui se mêle au sang du Christ ; de même, après l'offertoire où s'effectue la transfiguration du pain et du vin et où l'assemblée communie, le prêtre se lave les mains au son du Psaume 26 : *lavabo* (je laverai). Que dire enfin de cette eau mystérieuse qui s'écoule des flancs du Christ sur la croix après que la lance du centurion y ait ouvert une large plaie ? On voit ici que le principe de l'eau dépasse largement les rites de purification pour accompagner pleinement les mystères de la foi ; chez les baptistes, chez les orthodoxes les rites d'aspersion, d'ablution, d'immersion sont d'ailleurs d'une grande diversité.

La *fonction de passage* est avant tout celle du temps. Inexorablement, sans jamais aborder deux fois les rives d'une même berge, l'eau s'écoule et symbolise le cours de la vie, et ce tant à l'échelle humaine qu'à celle de l'Évolution tout entière comme l'atteste l'ouvrage de Dawkins (1997) dans lequel la vie est assimilée à une rivière de gènes coulant au travers des temps géologiques. On retrouve là l'image, chère à Jacques Bédémont (2003), de l'Achille d'Héraclite qui ne se baignera jamais dans le même fleuve. Mais au bout de ce fleuve, souvent émaillé d'embûches – rapides, cascades – et d'enlèvement – deltas intérieurs, estuaires –, et qui touche directement au sacré, se trouve l'ultime traversée. L'autre rive donc, celle vivifiante qui sépare deux mondes culturels et qui, une fois l'eau franchie, peut être signe de solidarité et d'enrichissement ; celle funèbre aussi du Styx, celle des morts de la Vallée des Rois. Avec l'Ulysse d'Homère, qui se rend au point de jonction avec la zone humide constituée par le séjour fangeux d'Hadès, on touche les conceptions du monde de l'au-delà, la rivière entre les vivants et les morts, le Styx, que le nocher Caron fait franchir de sa barque tandis que hurle le chien Cerbère. Mieux encore, en échenillant la tradition grecque et latine (Hésiode, Platon, Virgile), se dessine une véritable topographie et hydrographie des Enfers (N'Diaye, 2013). Apparaît ainsi la tradition poétique qui confère à chaque lieu d'eau une fonction particulière : l'Eridan, fleuve de vie, qui arrose les prairies élyséennes, le Léthé, eau lustrale et purifiante qui lave les âmes par l'oubli de leurs maux, les terribles Cocyte, Achéron et Styx qui gardent le monde infernal et ses mystères et dont on ne revient pas, sauf, bien sûr, le héros Enée. Dante, en réintroduisant Enfer, Purgatoire et Paradis dans les fleuves et marais de l'eschatologie antique, annonce alors toutes les figures à venir du monde judéo-chrétien. Avec la barque funéraire de la Vallée des Rois qui transporte, de l'Ouest vers l'Est, de l'ombre à la lumière, le défunt vers la vie éternelle, on touche le mythe le plus ancien et sans doute le plus partagé, celui de l'Éternel Retour. Et si l'eau sombre est celle de la mort, la barque redevient berceau.

Avec de pareilles fonctions, avec de tels principes, l'eau se situe donc au cœur de toutes les croyances et religions du monde. Si l'on adopte une lecture mécanique du sacré, on pourrait même classer les religions selon l'usage qu'elles font de l'eau, distinguer les ablutions musulmanes des bains rituels juifs, le baptême chrétien de la plongée dans le Gange, dresser une typologie des rites aquatiques selon les parts respectives de l'ablution, de l'aspersion et de l'immersion. Nous n'en ferons bien sûr rien ! Mais nous insistons sur

⁴⁷ Le Coran, sourate La Table Servie, v. 6.

l'ambivalence de l'eau. Vie et mort, eau claire de la pureté et eau noire du mensonge ou du trépas, eau vive de la purification et eau stagnante du péché ou de l'avilissement : la force sacrée de l'eau et de ses espaces apparaît donc singulièrement changeante. Nous la suivons plus précisément dans les textes bibliques et dans la tradition chrétienne où l'eau a des valeurs différentes selon sa turbidité, sa vitesse de déplacement, son étendue.

2.2. Le partage biblique des eaux

La Bible⁴⁸ évoque l'eau 672 fois⁴⁹ selon deux grandes figures principales : l'une négative et l'autre positive (Sajaloli et Grésillon, 2013). Dans la première, les eaux troubles sont amères, stagnantes ou agitées. Elles apportent la mort et la stérilité. À l'opposé les eaux pures sont douces, claires, et courantes. Elles génèrent la vie et la fécondité.

Les eaux troubles et agitées

Dans la Genèse, d'un monde indifférencié boueux, Dieu engendre un univers, dans lequel l'eau et la terre sont distinguées. Dans le deuxième récit de la Genèse, c'est à partir de la boue qu'Adam est fabriqué (Gn 2, 8). La terre mélangée à l'eau constitue une matrice à partir de laquelle Dieu engendre le monde et la vie. La boue prend ainsi une double image l'une préfigure un monde en voie d'achèvement et l'autre renvoie à un monde archaïque.

Cette symbolique bivalente est entretenue dans la légende de la guérison de l'aveugle de naissance. Jésus mélange de la terre avec sa salive et applique cette potion sur les yeux d'un aveugle. Pour que le miracle se fasse, il faut cependant nettoyer la boue avec de l'eau pure (Jn 9, 6-7). Cet acte s'apparente à un exercice d'ablution purificateur que l'on retrouve dans des religions orientales. À plusieurs reprises la Bible évoque la fonction purificatrice des eaux claires. Dans le Lévitique, Dieu recommande à un homme impur de « nettoyer ses vêtements, laver son corps à l'eau courante » (Lv 15, 13). À l'opposé les eaux turpides sont impures, il faut éviter de se nettoyer avec de l'eau stagnante, elle représente un danger pour l'homme. Ces rites reprennent la symbolique des eaux boueuses du début de la Genèse.

Dans *Les Nombres*, pour enquêter sur le possible adultère d'une femme, un prêtre compose une boisson constituée d'un mélange de terre et d'eau. Il fait « boire ces eaux à la femme. Et (...) s'il est vrai qu'elle s'est rendue, impure en trompant son mari, alors les eaux de malédiction pénétrant en elle, lui seront amères : son ventre enflera, son sexe flétrira, et pour son peuple elle servira d'exemple pour les malédictions » (Nb 5, 25-27). Pour la personne coupable, la boue se révèle être un poison qui empêche la fécondité et donc la vie.

À cette eau mélangée à la terre perçue négativement s'adjoignent les masses d'eau qui peuvent être dangereuses pour les personnes coupables. Ici, l'histoire de Jonas se révèle instructive : pour fuir Dieu, Jonas prend un bateau pour aller Tarsis ; son embarcation est prise dans une tempête. Les membres de l'équipage constatant que c'est à cause de Jonas que le vaisseau menace de briser le jettent à l'eau, et « la mer apaisa sa fureur » (Jn 1, 15). Dans cet épisode, la mer est une personnalisation divine, Jonas implore Dieu, en disant « Toutes tes vagues, et tes lames ont passé sur moi » (Jn 2, 4). Tous les mouvements de l'eau sont autant de signes adressés aux hommes, il s'agit pour le personnage biblique de savoir lire les mouvements de l'eau.

L'eau se révèle également très dangereuse à ceux qui ne respectent pas les prescriptions divines. Dans le Déluge, une fois que Yahvé constate l'inconséquence de l'homme, il déclare la sentence suivante : « Pour moi, je vais amener le déluge, les eaux sur la terre, pour exterminer le dessous le ciel toute chair ayant souffle de vie : tout ce qui est sur la terre doit périr » (Gn 6, 17). Pour échapper à cette inondation, il faut faire partie des élus, eux seront sauvés par Noé. La masse des eaux diluvienne qui s'abat sur le monde symbolise le châtement de Dieu. Le déluge annonce une nouvelle création où la vie va réapparaître suite aux retraits des eaux. Cet épisode réinvestit l'image du dieu génésiaque qui du chaos boueux construit un nouveau monde nettoyé du péché.

Comme la mer agitée, les torrents et les ruisseaux sont perçus comme les éléments visibles de la colère divine. « Le revenu de sa maison s'écoule, comme des torrents, au jour de la colère. Tel est le sort que Dieu

⁴⁸ Cet article repose sur l'analyse lexicale et textométrique du corpus intégral de la Bible de Jérusalem.

⁴⁹ D'après le logiciel Lexico, « eau » apparaît 405 fois et « eaux » 267 fois. Il faut ensuite ajouter tous les milieux ou aménagements associés à l'eau, la/les mer(s) (429 fois), le(s) fleuve(s) (109), le(s) torrent(s) (103), le(s) puits (100), la/les source(s) (92), les ruisseaux (10), la/les rivière(s) (10), le(s) marais et marécages (9), lac (6).

réserve au méchant, l'héritage qu'il assigne au maudit » (Jb 20, 28-29). Le passage « par les eaux » ou « entre les eaux », exprime une situation de danger pour les hommes surtout lorsqu'ils sont en situation de péché. Ainsi, Dieu dégage la mer pour le passage des hébreux et fait refluer les eaux de la mer Rouge sur les chars et sur les cavaliers égyptiens (Ex 13, 29). La mer se révèle à la fois l'espace qui sauve le peuple élu et l'élément qui châtie les coupables.

Les eaux agitées expriment également la méchanceté des hommes. Dans Isaïe, les méchants sont comme « la mer agitée qui ne peut se calmer, dont les eaux soulèvent la boue et la fange » (Is 57, 20). Cette symbolique réutilise la symbolique de la boue génésiaque. La méchanceté est une régression qui fait revenir l'humanité au chaos des origines.

Le monde avant la résurrection prend la figure des abîmes. L'eau profonde exprime le monde insondable de l'au-delà. Pour exprimer la mort du roi de Babylone, la Bible évoque les abîmes, dans lequel l'âme doit ressortir pour retrouver la félicité divine (Is 14,15). Les eaux profondes symbolisent les passages de la vie à la mort ou de la mort à la vie.

Les eaux troubles et agitées ont ainsi un fort pouvoir évocateur, elles expriment l'état de relation entre les hommes et le divin. Un lecteur avisé des mouvements et de la turbidité de l'eau peut y décrypter l'humeur divine.

Les eaux pures

Les Psaumes présentent un dieu agissant sur le déplacement des eaux. Il règle le débit des cours d'eau (Ps 104, 7), il fait jaillir les sources (Ps 104, 10), et descendre la pluie (Ps 104, 13). Il symbolise la puissance de Dieu et de Jésus sur le monde. Les apôtres s'étonnent du pouvoir de Jésus en ces mots : « Quel est donc celui-ci, pour que même les vents et la mer lui obéissent ? » (Mt 8, 27). Les cours d'eau, les sources d'eau, la mer sont des créations divines qui reflètent la volonté créatrice de Dieu.

L'eau qui coule donne vie au jardin d'Éden et au peuple hébraïque. Elle apporte la prospérité, et répand la joie au cœur de l'homme (Ps 104, 11-18). Cette symbolique se construit autour de l'évocation « eau vive » qui incarne la force bienveillante de Dieu. Elle rejaillit sur les prophètes qui deviennent des sources d'eau vive. L'action de l'eau vive a des effets bénéfiques sur les élus, en particulier aux moments difficiles.

L'eau vive dirige les hommes vers le paradis. Dans l'Ecclésiastique, ceux qui cherchent la sagesse, sont guidés par l'eau vive : « Je suis comme un canal issu d'un fleuve / Comme un cours d'eau conduisant au paradis. / J'ai dit : « Je vais arroser mon jardin, je vais irriguer mes parterres / Je répandrai l'instruction comme une prophétie / et je la transmettrai aux générations futures » (Si 24, 30-34). L'image reprend la symbolique des quatre fleuves du paradis, en donnant à ces fleuves une force spirituelle, ils sont sensés guider le peuple hébreu vers la sagesse divine.

La symbolique du cloître réutilise cette image de l'eau. Dans le monastère, le cloître représente le paradis terrestre. L'eau des quatre fleuves est matérialisée par le puits situé en son centre. Les fleuves, émanation de la création divine, participent de la purification de la terre. Cette eau est la source vivifiante des plantes et des religieux, son utilisation de l'eau est intégrée dans une démarche spirituelle.

L'eau vive apporte le bonheur pour les hommes bons. Dieu dirige les élus vers les plantureux pâturages et « les conduira aux sources des eaux de la vie. Et Dieu essuiera toute larme de leurs yeux » (Ap 7, 17). Cette image positive de l'eau est liée à sa rareté dans les territoires bibliques. L'eau est source de vie dans le désert et les contrées arides, signe d'une bonne récolte pour l'agriculture soumise aux sécheresses estivales.

Dans le Nouveau Testament, cette eau est incarnée par Jésus. Saint Paul écrit à ce sujet : « Nos pères ont tous bu le même breuvage spirituel, ils buvaient en effet à un rocher spirituel qui les suivait ce rocher était le christ » (1 Co 10, 3-4). Les paroles de Jésus sont comme une source d'eau vive.

Cette eau, à l'image de la régénération entreprise par Jésus sur le discours biblique, préfigure le baptême. L'eau baptismale lave du péché originel et permet de retrouver le paradis perdu. De là, une véritable pédagogie de l'eau se met en place, c'est grâce à l'eau que Dieu et Jésus purifient l'humanité et accordent le salut à un peuple, à un individu.

L'eau claire a une valeur purifiante. Le pèlerinage à la Vierge et les pratiques de purification qui s'y déroulent

naturels privilégiés pour le contact entre l'ici-bas et l'au-delà (Sajaloli, 2006)⁵⁴. Pourtant, l'onde sacrale semble très influencée par la matrice terrestre qu'elle irrigue, comme si la géographie était en quelque sorte susceptible de segmenter l'action divine en des fonctions spécifiques et dûment localisées. La typologie écologique, voire fonctionnelle, des lieux d'eau (Barnaud, 1998 ; Fustec et Lefeuvre, 2002) renvoie ainsi à une gamme particulière de manifestations surnaturelles qu'il s'agit de cerner, tout en affichant bien sûr une grande prudence tant la multiplicité et la complexité des situations géohistoriques et spirituelles rendent complexe toute tentative de systématisation. Les contrastes entre eaux stagnantes et courantes, entre marais et rivières, illustrent sommairement cette géographie spirituelle des zones humides.

Les marais et marécages, longtemps en marges de l'oekumène, jouent un rôle frontière entre les communautés humaines, mais aussi entre les vivants et les morts (Bata et al., 2002 ; Donadieu, 1996). Ils assurent une fonction de passage, tant pour marquer symboliquement la traversée de vie à trépas –c'est la fameuse barque du nocher Caron que l'on retrouve dans beaucoup de religions –, que pour fixer les récits mythiques où les vivants visitent les royaumes des morts (Héraclès pour en faire sortir le poète Eschyle relaté par Homère), voire les morts celui des vivants comme dans les marais d'Athènes lors de la fête des *Anthesteria* où l'on croyait que les morts sortaient de l'au-delà pour revenir sur la terre par le seul temple resté ouvert de Dionisos dans les marécages. Insalubres, malsains, impurs, assimilés à la décomposition et aux excréments, les marécages sont également les antres de la relégation et du châtement pour ceux qui n'ont pas respecté les normes sociales, symboliques et spirituelles. Ils matérialisent l'enfer, donnent une vision terrestre du « séjour fangeux d'Hadès », vaste marais des morts à la confluence des terribles Styx, Cocyte, Achéron et Phlégéthon, décrit dans le chant 11 de l'Odyssée d'Homère (Mugler, 1991) mais aussi par Hésiode, Platon, Virgile et bien sûr Dante dans la *Divine comédie* qui préfigure la perspective chrétienne de l'Enfer (N'Diaye, 2013). Parmi ces marécages déjà disgraciés, les tourbières sont les plus abominables : non contentes d'engloutir hommes et bêtes qui s'y aventurent, parcourues de feux follets et de miasmes transmettant les fièvres, elles hébergent des êtres surnaturels et maléfiques, venus des temps anciens, qui terrorisent les hommes et dont Lovecraft (1926) donne des récits hallucinés. Les mares et les régions d'étangs ne sont guère mieux loties (Sajaloli, 2006), sorciers, loup garou, lavandières infanticides y guettant le promeneur égaré. À l'inverse, la matière même du marais, la boue, la fange, joue un rôle important dans les rites d'initiation car, enduits puis lavés, les initiés atteignent la pureté.

Les fleuves et les rivières marquent un passage aussi, mais plus progressif, celui du temps qui s'écoule, celui aussi, plus indécis, du jardin céleste aux tourments terrestres : ce sont des chemins de vie. En lakoutie sibérienne (Maj et Leberre-Semenov, 2010), la rivière est avant tout un axe de transport entre le monde des morts et celui des vivants, l'amont est un lieu réservé aux esprits, le centre appartient au monde des vivants et l'aval, l'Océan glacial arctique, à celui des morts⁵⁵. Selon Reclus, Christophe Colomb voyait le paradis terrestre dans les sources de l'Orénoque tandis que Hernando de Soto découvrit le Mississippi à la faveur d'une quête de l'immortalité (Le Lay, 2016) : ces explorateurs rejoignent ainsi la Genèse qui évoque la source donnant naissance au jardin d'Éden et d'où sort un fleuve se divisant en quatre bras (Gn, 6, 8-11). Très souvent divinisé comme le Gange (Guisan, 1990), le Strymon (Hubert, 2016) ou le Nil (Chadefaud, 2016), le fleuve guide les jeunes vers la pleine appartenance à la communauté comme le montre Nadine Deshours (2016) en étudiant comment la présence des dieux dans la nature influence la manière dont les Grecs aménagent leur milieu du V^e siècle av. JC au I^{er} siècle après JC. Le fleuve enfin signe, avec le baptême, l'entrée dans la communauté des croyants.

L'eau et les zones humides qu'elle détermine, en offrant la possibilité d'influer sur le Bien et le Mal, suscitent en retour une gestion profane influencée par le sacré, et ce souvent même à l'insu des gestionnaires (Grésillon et Sajaloli, 2017). De même, la force spirituelle de la nature est telle que l'Église catholique y trouve aujourd'hui une nouvelle jouvence (Grésillon et Sajaloli, 2015).

Mais notre hypothèse est que le lien entre littérature et sacré est souvent non conscientisé, que se noue donc entre l'être humain et le lieu d'eau une inter-relation extrêmement complexe qui renvoie non seulement à la trajectoire de vie de chaque individu mais aussi à celle de l'aménagement de la zone humide, en particulier par ses trajectoires paysagères. En outre, cette relation est spécifique à chaque individu et ne peut être ramenée sans réduction à des stéréotypes socio-culturels. Enfin, chaque zone humide est fréquentée, imaginée par des personnes extrêmement différentes les unes des autres par leurs origines géographiques, culturelles, religieuses mais aussi par leurs territoires de vie (ville, campagne, etc.).

⁵⁴ Monté par B. Sajaloli en 2006, le numéro 54 de la revue Zones Humides Infos édité par la Société nationale de protection de la nature (SNPN), intitulé « sacrées zones humides », rassemble une quinzaine de contributions montrant les liens privilégiés entre lieux d'eau et religions : www.snpn.com/IMG/pdf/ZHI_54.pdf

⁵⁵ Les tombes sont d'ailleurs toujours orientées SE-NW chez les lakoutes.

- Bachelard G., *L'Eau et les rêves, essai sur l'imagination de la matière*, Paris, José Corti, 1942.
- Barnaud G., *Conservation de zones humides : Concepts et méthodes appliqués à leur caractérisation*. Thèse de l'université de Rennes 1 - Laboratoire d'Évolution des Systèmes Naturels et Modifiés, Muséum National d'Histoire Naturelle, 1998.
- Bernard P., *Évaluation des politiques publiques et matière de zones humides*, La Documentation Française, Paris, 392 p., 1994.
- Bata P., Pean A., Guillemet D., Peret J., Soubiran J.-R. (dir), *Aux rives de l'incertain. Histoire et représentation des marais occidentaux du Moyen Âge à nos jours*, Paris, Somogy, 360 p., 2002
- Béthémont J., *L'eau, le paradis, l'enfer*, dans *Actes du Festival International de Géographie, L'eau, source de vie, source de conflits, trait d'union entre les hommes*, http://archives-fig-st-die.cndp.fr/actes/actes_2003/bethemont/tablerondejb.htm, 2003.
- Béthémont J., *L'eau et le sacré*, dans *Actes du Festival International de Géographie, L'eau, source de vie, source de conflits, trait d'union entre les hommes*, http://archives-fig-st-die.cndp.fr/actes/actes_2003/bethemont/cafesacre.htm
- Chadefaud C., *Paysages vécus et paysages construits, deux lectures de l'Égypte antique*, pp. 197-209, dans Sajaloli B. et Grésillon E., *Le sacre de la nature*, Paris, Presses Universitaires Paris Sorbonne, 2016, 360 p.
- Dawkins R., *Le fleuve de la vie, qu'est ce que l'évolution ?* Paris, Hachette, 1997
- Descola Ph., *Par-delà nature et culture*, Paris, Gallimard, coll. Nrf, 623 p, 2005.
- Deshours N., *Impact des représentations religieuses et des sanctuaires sur l'aménagement du milieu dans les cités grecques*, pp. 223-237, dans Sajaloli B. et Grésillon E., *Le sacre de la nature*, Paris, Presses Universitaires Paris Sorbonne, 2016, 360 p.
- Donadieu P., *Paysages de marais*, Paris J.-P. de Monza, 199 p., 1996
- Durand G., *Les structures anthropologiques de l'imaginaire*, Paris, Dunod, 536 p., 1992
- Éliade M., *Aspects du mythe*, Paris, Gallimard, 1963.
- Ferré A., *Géographie littéraire, Edition du Sagittaire*, Paris, 94 p, 1946.
- Fustec E. et Lefeuvre J.-C., *Fonctions et valeurs des zones humides*, Paris, Dunod, 2002.
- Grésillon E., Sajaloli B. (2015) *L'Église verte ? La construction d'une écologie catholique : étapes et tensions*, Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement, 15, 1, <http://vertigo.revues.org/15905>, DOI : 10.4000/vertigo.15905.
- Grésillon E., Sajaloli B. (2016) *Dossier faits religieux et nature*, Géoconfluences, <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/informations-scientifiques/dossiers-thematiques/fait-religieux-et-construction-de-l-espace/nature-et-religion>
- Grésillon E., Sajaloli B., *L'eau et les zones humides ou le jaillissement universel du sacré*, Paris, Pour Mémoires-Comité d'Histoire, Revue des Ministères de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie et du Logement, de l'Égalité des Territoires et de la Ruralité, n° 16, 2017.
- Griaule M., *Dieu d'eau*, Paris, Fayard, 1996
- Gritti J., *L'eau, mythes et symboliques*, Paris, C. I. eau, 2010.
- Guisan I., *Le Gange, fleuve sacré de l'Inde*, MONDO, 154 p.
- Hidiroglou P., *L'eau divine et sa symbolique. Essai d'anthropologie religieuse*, Paris, Albin Michel, 288 p., 1994.
- Hubert J.-R., *Cultes, sanctuaires et paysages dans la région du bas Strymon*, pp. 211-222, dans Sajaloli B. et Grésillon E., *Le sacre de la nature*, Paris, Presses Universitaires Paris Sorbonne, 2016, 360 p.
- Jaskulké, E., *Eau, symbolisme et religion*, dans *Actes du Festival International de Géographie, Géographie et religion*, http://archives-fig-st-die.cndp.fr/actes/actes_2002/jaskulke/article.htm, 2002.
- Le Lay Y.-F., *Elysée Reclus, précurseur d'une géohistoire spirituelle de la nature*, pp. 95-105, dans Sajaloli B. et Grésillon E., *Le sacre de la nature*, Paris, Presses Universitaires Paris Sorbonne, 2016, 360 p.
- Lovecraft H.P., *The Moon Bog (la tourbière hantée)*, 1926
- Maj E., Leberre-Semenov M., *Parler sakha. Langue et culture yakoutes*, Paris, L'Harmattan, 186 p.
- Maris V., *Nature à vendre, les limites des services écosystémiques*, ed. QUAE, coll. Sciences en question, 92 p, 2014.
- Mugler F., *Homère, L'Odyssée*, Paris, La Différence, 1991
- N'Diaye E., *Les eaux du « séjour moisi de l'Hadès frissonnant » d'Homère à Dante : topographie, nature, valeur et fonction*, p. 53-62 dans Sajaloli B. et Servain-Courant S., *Zones humides et littérature*, Actes de la 8^e Journée d'études du Groupe d'Histoire des Zones Humides, Paris, GHZH, 2013.
- Pitte J.-R., *Une géographie sacrée de l'eau*, dans *Actes du Festival International de Géographie, L'eau, source de vie, source de conflits, trait d'union entre les hommes 2002*, http://archives-fig-st-die.cndp.fr/actes/actes_2003/pitte/article.htm, 2003.
- Sajaloli B. (dir.), *Sacrées zones humides*, Zones Humides Infos, n° 54, 2006.
- Sajaloli B., *Zones humides et diffusion du christianisme, le cas du Laonnois (Aisne)?* Zones Humides Infos, n° 54, p. 2-3, 2006.
- Sajaloli B., *Génies de l'eau et protection des zones humides en pays Dogon (Mali)*, Géoconfluences, Ecole Normale Supérieure de Lyon, Dossier Faits religieux et nature, 2016, <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/informations-scientifiques/dossiers-thematiques/fait-religieux-et-construction-de-l-espace/corpus-documentaire/genies-de-leau-et-protection-des-zones-humides-en-pays-dogon-mali>
- Sajaloli B., *Mares au diable et marais ensorcelés*, Zones Humides Infos, n° 54, p 15-16, 2006.
- Sajaloli B., Grésillon E., « *La terre était vague et vide (...), l'esprit de Dieu planait sur les eaux* » (Gn 1, 2). *Eaux chrétiennes et paysages contemporains, du symbole au modèle*, p. 75-86, dans Sajaloli B. et Sartre (de) X. A., Castro M., Dufour S., Oszwald J. (dir), *Political ecology des services écosystémiques*, ed Pieter Lang, Bruxelles, 290 p, 2014.
- Sajaloli B., *L'image des zones humides dans la littérature contemporaine*, Paris, Pour Mémoires-Comité d'Histoire, Revue des Ministères de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie et du Logement, de l'Égalité des Territoires et de la Ruralité, n° 16, 2017.
- Servain-Courant S., *Zones humides et littérature*, Actes de la 8^e Journée d'étude du Groupe d'Histoire des Zones Humides, Paris, GHZH, 2013.
- Sajaloli B. et Grésillon E., *Le sacre de la nature*, Paris, Presses Universitaires Paris Sorbonne, 2017, 360 p.
- Terrasson F., *La peur de la nature*, Paris, le sang de la terre, 192 p, 1988.

Conditions générales d'utilisation

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (3, rue Hautefeuille — 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'oeuvre dans laquelle elles sont incorporées (loi du 1er juillet 1992 — art. L.122-4 et L.122-5 et Code pénal art. 425).

Dépôt légal : mars 2018
ISSN : 2552-2272



L'évaluation française des écosystèmes et des services écosystémiques (EFESE) vise à documenter les principales évolutions récentes et à venir de l'état de l'ensemble des écosystèmes français, les facteurs à l'origine de ces évolutions, et à en traduire les implications en termes de bien être et de soutenabilité.

L'EFESE se décline notamment au travers d'évaluations par grands types d'écosystèmes. Le présent rapport restitue les résultats de l'évaluation consacrée aux milieux humides et aquatiques continentaux.



Définis comme les portions du territoire, naturelles ou artificielles, caractérisées par la présence d'eau, ces écosystèmes présentent une grande diversité biologique. Ils fournissent notamment de l'eau, de la nourriture et un abri à un grand nombre d'espèces telles que les amphibiens et les poissons mais également à de nombreux oiseaux, mammifères et insectes. Les milieux humides et aquatiques continentaux fournissent également des services aux sociétés humaines, que ce soit pour l'alimentation, les possibilités de loisirs et de tourisme ou la maîtrise des crues, etc.



Commissariat général au développement durable

Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable
Sous-direction de l'économie des ressources naturelles et des risques (ERNR)

Tour Séquoia
92055 La Défense cedex
Courriel : ernr.seei.cgdd@developpement-durable.gouv.fr

www.ecologique-solidaire.gouv.fr

