



HAL
open science

Zones Humides : des écosystèmes riches mais menacés

L. Anras, Laure Carassou, C. Dupuy, S. Ferrari, O. Philippine, F.X. Robin, N. Lhéritier, B. Sautour

► **To cite this version:**

L. Anras, Laure Carassou, C. Dupuy, S. Ferrari, O. Philippine, et al.. Zones Humides : des écosystèmes riches mais menacés. Dupuy, C.; Ferrari, S. Anticiper les changements climatiques en Nouvelle Aquitaine pour agir dans les territoires, Nouvelle Aquitaine, pp.331-361, 2018, Prévoir pour agir n°2, ISBN 978-2-9564516-0-0. hal-02267380

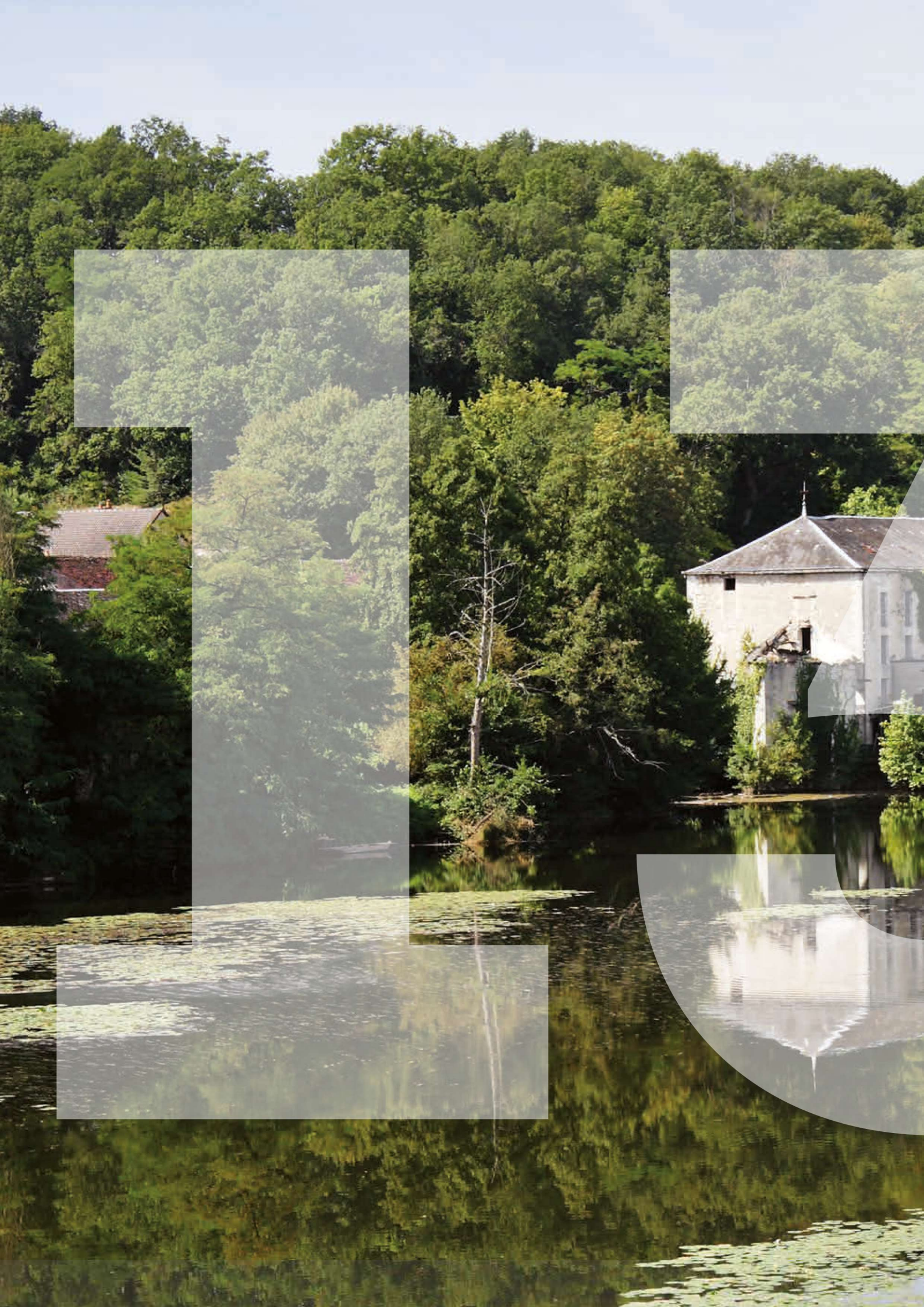
HAL Id: hal-02267380

<https://hal.science/hal-02267380v1>

Submitted on 19 Aug 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.





**Zones humides:
des écosystèmes
riches
mais menacés**

Coordination : Christine Dupuy, Sylvie Ferrari

Contributeurs : Loïc Anras, Laure Carassou, Christine Dupuy, Sylvie Ferrari, Olivier Phillipine, François-Xavier Robin, Nicolas Lhéritier, Benoît Sautour

Les zones humides de la Nouvelle-Aquitaine constituent des écosystèmes très variés du point de vue morphologique et écologique. Cette richesse s'exprime également à travers la fourniture de nombreux services au territoire. Cependant, les dynamiques fonctionnelles des zones humides sont peu à peu menacées par le changement climatique, ce qui implique de reconsidérer à l'avenir leur rôle dans le développement du territoire. À l'aide d'une typologie exprimée en termes d'état et de pressions, les zones humides de Nouvelle-Aquitaine sont analysées pour rendre compte des principaux facteurs susceptibles d'impacter leur profil et leur évolution à long terme au niveau des fonctions et des services associés. Étant donnée la diversité des zones humides présentes dans la région, un exercice de prospective n'a pas pu être mené dans le détail pour tous les types de zones humides. La prospective la plus aboutie, développée ici concerne les marais rétro-littoraux et les lagunes/estuaires, afin de mesurer l'influence des impacts du changement climatique. Finalement, la dynamique de ces écosystèmes est à la fois déterminée par des facteurs naturels (changement dans les communautés planctoniques, submersion marine...) et par des facteurs socio-économiques (rôle des zones humides dans les services écosystémiques, aménagement, gestion intégrée des ressources en eau...). Dans ce contexte, il apparaît essentiel d'approfondir nos connaissances fondamentales, de disposer d'outils/indicateurs pour identifier les transformations des zones humides et de leurs usages, et d'entreprendre l'évaluation de ces socioécosystèmes particuliers à la fois en termes de patrimoine biologique et de services délivrés à la société.

RÉCHAUFFEMENT
température moyenne
DE LA TERRE ET
des eaux superficielles



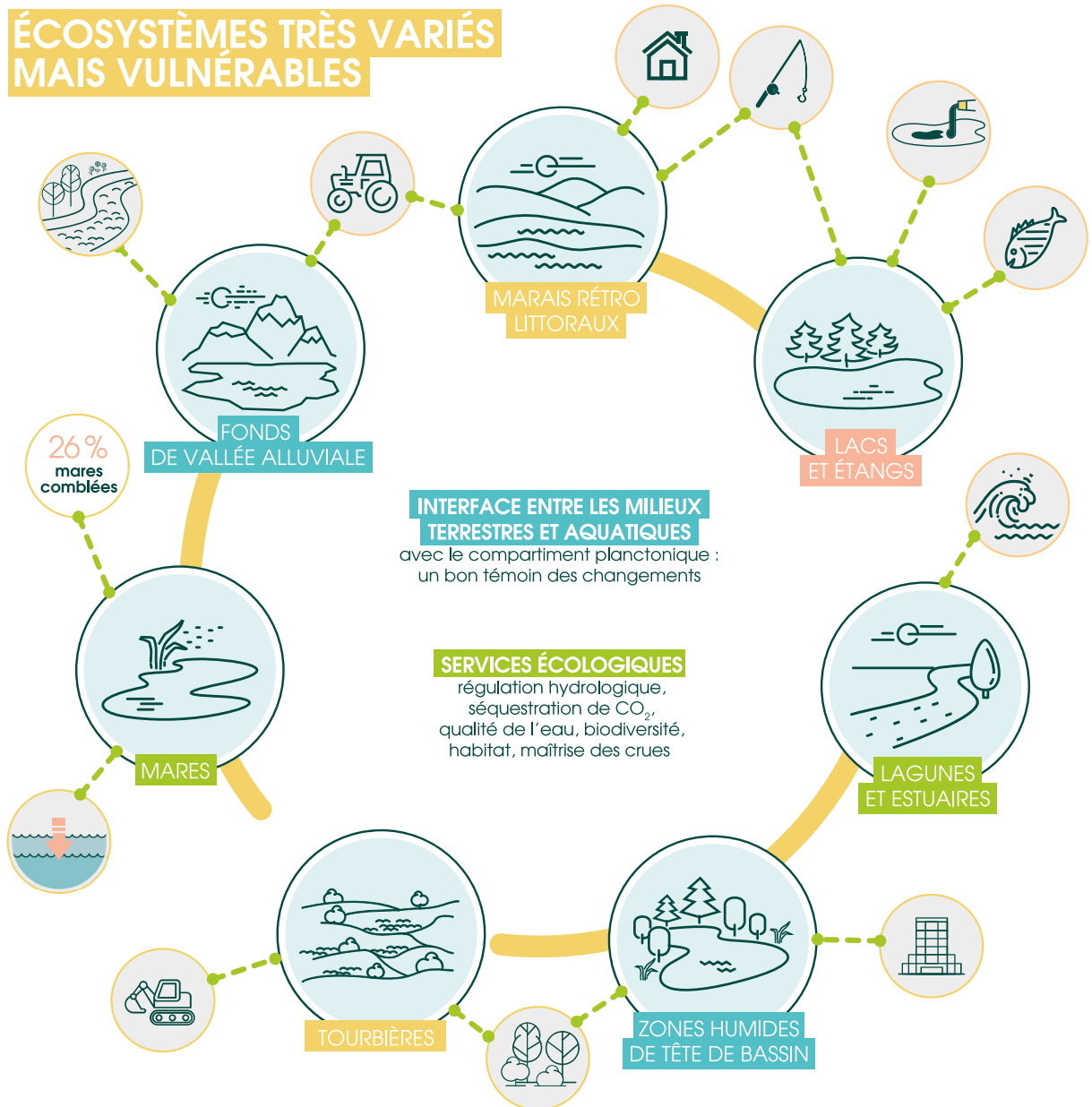
**ÉLEVATION
DU NIVEAU**
de la mer



événements climatiques
MAJEURS
vent, pluie, crues, submersions



ÉCOSYSTÈMES TRÈS VARIÉS MAIS VULNÉRABLES



ACQUÉRIR
DES CONNAISSANCES
descripteurs, indicateurs



ACTIVITÉS
HUMAINES DURABLES
en harmonie avec le territoire



RÉSILIENCE
DES SOCIO-ÉCOSYSTÈMES

DÉFINITION

Les zones humides (Z.H.) sont parmi les écosystèmes les plus productifs au monde, mais aussi les plus menacés [1] [2] [3]. Dès 1971, la Convention de Ramsar a reconnu l'intérêt majeur de ces écosystèmes particuliers qui rendent de nombreux services écologiques (régulation hydrologique, séquestration de CO₂, qualité de l'eau, biodiversité, maîtrise des crues...) et a conduit à l'adoption d'un large consensus sur la nécessité de les protéger.

Il existe de nombreuses définitions des zones humides. La Convention de Ramsar - traité international adopté en 1971 et entré en vigueur en 1975 – a adopté la définition suivante : 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* ». Le Code de l'environnement français propose une définition plus restrictive puisqu'il les limite à 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, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année* ». (Art. L. 211-1).

Les zones humides se situant à l'interface entre les milieux terrestre et aquatique, le facteur eau est déterminant dans leur fonctionnement. La fréquence de submersion des terres et les variations de salinité ou de matières nutritives sont à l'origine des conditions de sols et d'habitats accueillant une végétation et une faune spécifiques. Ces caractéristiques sont donc dépendantes de la localisation des milieux humides au sein du bassin hydrographique et de la climatologie.

Dans la région Nouvelle-Aquitaine, 6 principaux types de zones humides sont présents (regroupement à partir de la typologie des Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux - SDAGE) (**Figure 1**) :

- Marais rétro-littoraux
- Fonds de vallée alluviale
- Lacs et étangs
- Mares
- Lagunes et estuaires
- Zones humides de tête de bassin
- Tourbières

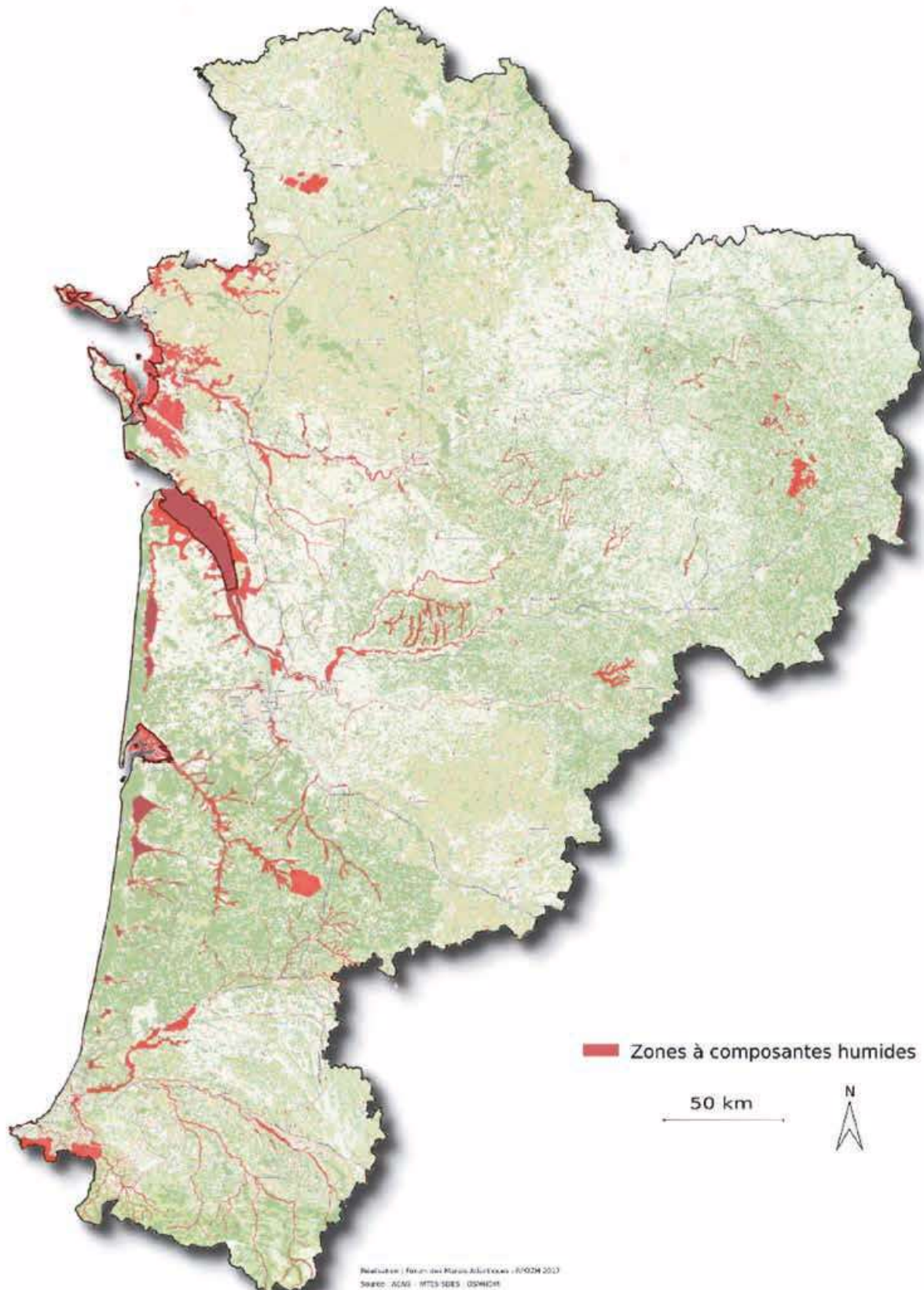


Figure 1 : Cartographie des zones à composantes humides de grandes dimensions en Nouvelle-Aquitaine (ou zones potentiellement humides - dans l'attente des inventaires complets des zones humides effectives).

FONCTIONS ET SERVICES RENDUS PAR LES ZONES HUMIDES

L'importance des zones humides en tant que réserves de services écosystémiques a justifié la mise en œuvre de politiques de conservation et de préservation, politiques qui contribuent à leur meilleure gestion ainsi qu'au maintien et au développement de leur potentiel écologique et économique ([3] [1] ; MEA *Millenium Ecosystem Assessment* [4]). Cela étant, il n'en reste pas moins que la situation des zones humides est souvent précaire et fragile [5]. La vulnérabilité des zones humides est largement dépendante de leur localisation et des services économiques et sociaux qu'elles ont rendus au cours de l'histoire (zones d'expansion de crues, vocation agricole ou viticole, vocation patrimoniale ou paysagère, vocation d'urbanisation) [6]. Cependant, même si les zones humides délivrent de nombreux services, elles ont été souvent victimes d'une mauvaise réputation héritée du passé et finalement d'une méconnaissance de leurs fonctions.

Il est possible à partir de la classification du MEA qui s'inscrit dans une approche fonctionnelle des services écosystémiques (Évaluation des Écosystèmes pour le Millénaire - *Millenium Ecosystems Assessment* [4]), de présenter quatre grandes catégories de services. Cependant, les services de soutien, qualifiés ainsi car ils sont nécessaires à la production de tous les autres services (formation des sols, cycle des nutriments, production primaire...), ne sont pas ici directement pris en compte. L'hypothèse que les perturbations des services de soutien n'impactent pas directement - ou du moins à court terme - les activités humaines est faite.

Conformément à l'approche retenue, les différents services peuvent être reliés plus particulièrement à des fonctions essentielles que les écosystèmes

assurent. En reprenant la classification de De Groot *et al.* [7], on peut considérer quatre fonctions environnementales que sont les fonctions de régulation (par exemple, la fonction hydrologique), d'habitat, de production et d'information. Ces quatre fonctions permettent de rendre compte de « *La capacité des processus et composants naturels à fournir des biens et des services qui répondent directement ou indirectement aux besoins humains* ». La fonction de régulation est liée à la capacité des écosystèmes à réguler les processus écologiques et les systèmes supports de vie (régulation climatique, régulation de l'eau, protection contre l'érosion, épuration des déchets, contrôle biologique...). La fonction habitat se réfère à la conservation de la diversité biologique et génétique (nurserie, refuge). La fonction production concerne la fourniture de ressources naturelles pour les populations (bois, énergie, matériel génétique, matières premières...). Enfin, la fonction information permet d'illustrer la contribution des écosystèmes au développement cognitif de l'homme (expériences culturelles, spirituelles, récréatives...). Pour les zones humides considérées ici, les fonctions de régulation et d'habitat sont privilégiées car elles déterminent trois grands types de services rendus à la société sur le territoire étudié (Tableau 1) :

LES FONCTIONS	LES SERVICES RENDUS
Fonction hydrologique	Services de production
Fonction biogéochimique	Services de régulation
Fonction habitat	Services culturels

Tableau 1 : Les fonctions et les services rendus des zones humides dans la zone considérée.

Ainsi, l'approche en termes de fonctions apparaît essentielle pour comprendre comment les zones humides peuvent s'adapter à des changements qui surviennent au sein des processus et des composants naturels. Elle permet d'appréhender les effets des changements climatiques au niveau des caractéristiques biologiques et physiques ainsi qu'au niveau des relations qui s'établissent entre les différents compartiments (vivant et inanimé).

LES FONCTIONS

LA FONCTION HYDROLOGIQUE

Les zones humides jouent généralement un rôle de régulation du cycle de l'eau. Ainsi, l'eau peut y être stockée puis restituée à d'autres compartiments comme l'atmosphère, le réseau hydrographique de surface et les nappes d'eau souterraine.

À l'échelle d'un bassin versant, les zones humides naturelles se comportent donc comme des « éponges » qui se gorgent d'eau en période d'excédent hydrique et la restituent progressivement aux milieux adjacents en périodes de déficit hydrique. En période de hautes eaux, les pics de débits sont ainsi limités (écrêtement des crues), tandis qu'en période d'étiage, les débits sont soutenus. Pour les eaux souterraines, les zones humides permettent également de limiter les débordements pendant les périodes de hautes eaux, et de recharger les nappes en périodes de basses eaux par infiltration.

Ces fonctions reconnues sont variables selon la position des zones humides le long du réseau hydrographique ou selon la géologie. D'une manière générale, les échanges hydrologiques en tête de bassin sont dominés par les apports des ruissellements de surface et de l'eau infiltrée depuis les versants vers les zones humides et les cours d'eau. Plus à l'aval, comme en zone alluviale, c'est le cours d'eau ou la nappe d'accompagnement qui alimente majoritairement la zone humide, les apports hydrologiques des versants sont minoritaires [8]. Pour les zones humides de tête de bassin versant, le temps nécessaire à la recharge et à la décharge hydrologique (hydropériodes) des zones humides est plus court que pour les grandes zones alluviales, car leur régime hydrologique est dominé par les apports atmosphériques [9]. Cependant des nuances sont à apporter à ces principes théoriques, notamment pour bien comprendre les fonctions hydrologiques des zones humides de têtes de bassin versant. Les particularités hydrologiques de ces zones humides et de leur environnement sont détaillées dans la partie qui leur est dédiée (cf. section suivante).

LA FONCTION BIOGÉOCHIMIQUE

Les zones humides sont aussi des « filtres naturels ». Elles interviennent fortement sur les abattements de flux de matières minérales et organiques dans les bassins versants par le biais de processus complexes

par lesquels des éléments minéraux ou organiques sont stockés ou transformés par la combinaison de l'action des organismes vivants (végétation et micro-organismes). D'après l'étude réalisée sur Rhode River dans le Maryland [10], ce type de milieu peut retenir jusqu'à :

- 86 % de l'azote organique ;
- 84 % du phosphore total ;
- 78 % de l'azote ammoniacal ;
- 64 % du carbone organique ;
- plus de 90 % des matières en suspension transportées par les eaux de ruissellement.

Les zones humides favorisent aussi les phénomènes de piégeage sédimentaire. Ce processus naturel est à l'origine de la fertilisation de ces milieux et permet le piégeage des micropolluants (auquel s'ajoute l'action des végétaux par fixation dans les systèmes foliaires et racinaires). Cette fonction contribue à l'amélioration de la qualité des eaux à l'aval, mais peut aussi perturber la qualité des habitats par leur comblement ou une surconcentration de produits toxiques.

LA FONCTION HABITAT

La grande variabilité des conditions hydrogéologiques et géochimiques offerte par les zones humides permet le développement d'une très forte diversité d'espèces qui y accomplissent la totalité de leur cycle vital ou en dépendent pour leur survie.

Ne couvrant que 6,4 % de la surface des continents, les milieux humides connus et considérés dans ce faible pourcentage hébergent au moins à un moment de leur cycle de vie 12 à 15 % du nombre d'espèces animales de la planète, dont (hors océans), 35 à 40 % des vertébrés, 40 % des poissons, 100 % des amphibiens et 25 % des mollusques. Ainsi, en France, 30 % des espèces végétales remarquables et menacées vivent dans les milieux humides, et environ 50 % des espèces d'oiseaux dépendent de ces zones (www.zones-humides.org). La reconnaissance nationale de la qualité de ces habitats se traduit par leur classement dans différents cadres réglementaires (Réserve naturelle Nationale, Réserve naturelle Régionale, zone de protection spéciale, sites classés...), mais aussi dans une labellisation internationale (classement Ramsar), et dans des dispositifs de gestion concertés (Parc naturel Régional, réseau européen Natura 2000, etc.).

Grâce à l'abondance de l'eau et des matières nutritives, les milieux humides connaissent généralement une production biologique intense (Figure 2). Les marais littoraux figurent parmi les milieux les plus productifs de la planète, en quantité de matière organique produite.

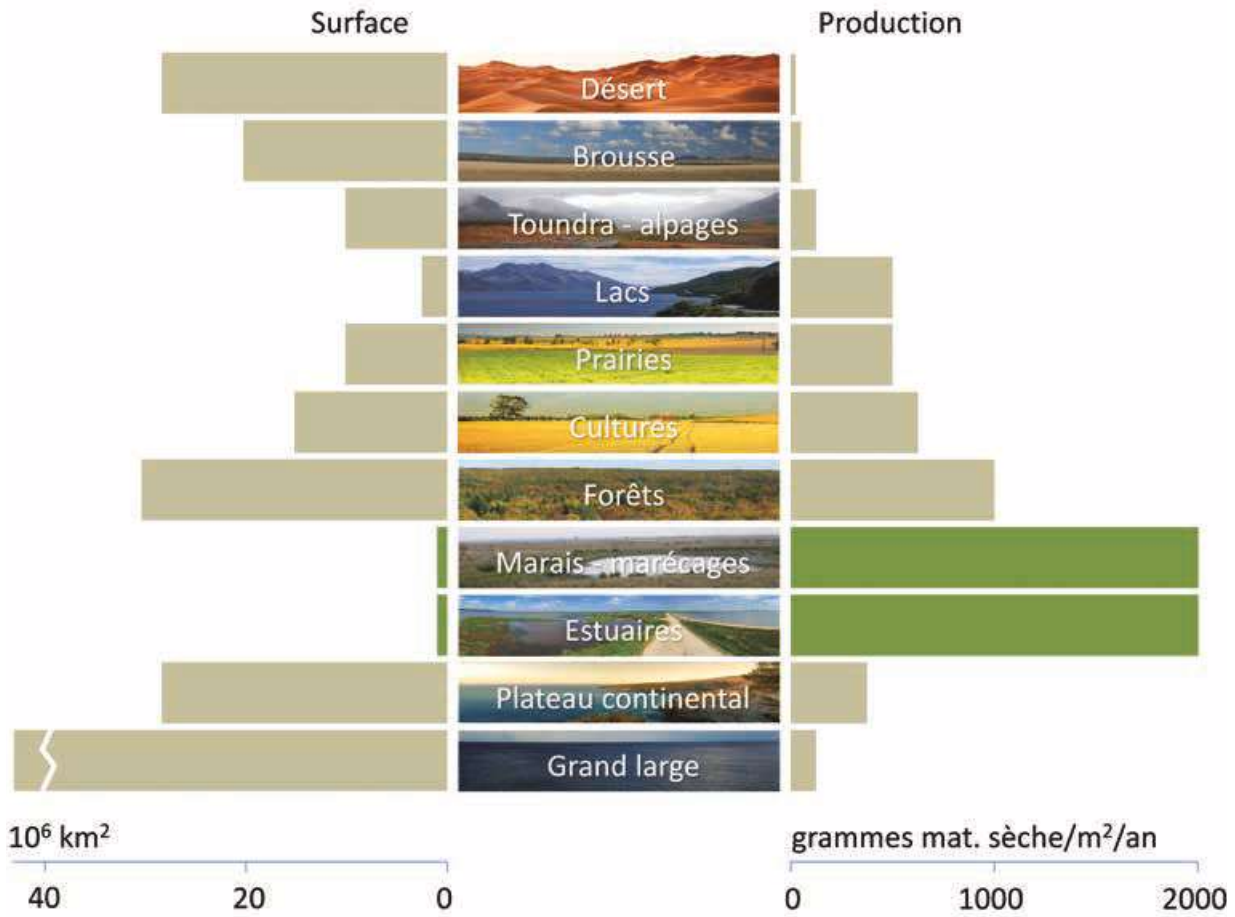


Figure 2 : Surface et production des différents écosystèmes selon (11) et (12).

LES SERVICES RENDUS

En s'appuyant sur la classification du MEA [4], on peut retenir 4 grandes catégories de services [5] [13], dont 3 sont présentées ci-dessous.

LES SERVICES DE PRODUCTION

Les services de production correspondent aux produits obtenus directement de l'écosystème tels que la nourriture, le bois, les énergies, les ressources génétiques, biochimiques, médicinales et ornementales et l'eau douce.

Grâce à leurs fonctions hydrologiques et hydrogéologiques (filtration/piégeage et réalimentation des nappes), les milieux humides participent à l'alimentation en eau pour la consommation humaine et aux besoins liés aux activités agricoles et industrielles.

Par leurs fonctions habitat (grande capacité de production de matières), les zones humides accueillent différentes productions pour

l'alimentation humaine. Il est possible de citer l'élevage, la pisciculture ou la conchyliculture et plus marginalement la fourniture de matières premières pour des activités traditionnelles (chauffage à la tourbe, chaumage, vannerie...). Il est important de rappeler que certaines de ces productions sont importantes dans le maintien de la qualité environnementale de ces milieux (élevage extensif sur prairies humides...) et qu'elles entrent souvent dans une logique de développement local. Dans ces conditions, les zones humides deviennent un facteur de développement rural susceptible de respecter leur fonctionnement.

LES SERVICES DE RÉGULATION

Les services de régulation sont les services obtenus à partir des processus de régulation des écosystèmes tels que le maintien de la qualité de l'air, la régulation climatique, les processus de régulation de l'eau (recharge des aquifères, écrêtage des crues, etc.), la purification de l'eau et le traitement des déchets, le contrôle de l'érosion, la régulation des maladies, les régulations biologiques (maladies des plantes), la pollinisation, la régulation contre les tempêtes.

Grâce à leurs fonctions hydrologiques liées à la régulation des crues, les zones humides jouent un rôle déterminant pour la sécurité des biens et des personnes (écrêtage de crues fluviales ou de nappe, tampon littoral aux intrusions marines).

Par leurs fonctions biogéochimiques, les milieux humides participent à l'épuration des eaux et protègent certaines activités humaines. Ainsi, par exemple, la préservation de 44 hectares de milieux humides en amont de Royan favorise la qualité des eaux de baignade des plages très touristiques de cette région du bord l'Atlantique [14].

LES SERVICES CULTURELS

Ils représentent les bénéfices immatériels dont l'Homme jouit grâce aux écosystèmes *via* la réflexion, la récréation, l'esthétisme ou l'enrichissement culturel. Par exemple, la diversité culturelle, les valeurs religieuses et culturelles, l'intérêt scientifique, la valeur éducative, l'inspiration pour l'art et l'architecture, la beauté des paysages, les relations sociales ou encore l'usage récréatif peuvent être des services culturels.

L'interaction entre l'homme et les zones humides a évolué au cours du temps. Les civilisations romaine et égyptienne se sont développées autour des estuaires, des deltas et des rivières. Ces derniers siècles, les zones humides avaient plus mauvaise réputation et ont subi des destructions massives au xx^e siècle sous la pression de l'urbanisation et de l'agriculture intensive.

Pour les sociétés occidentales contemporaines, les milieux humides redeviennent des lieux de détente, de rencontres et de loisirs et constituent un riche patrimoine paysager.

TYPOLOGIE DES ZONES HUMIDES DE LA RÉGION NOUVELLE-AQUITAINE

MARAIS RÉTRO-LITTORAUX

ÉTAT

Il s'agit de milieux fortement transformés depuis le Moyen Âge (poldérisations, endiguements, créations de canaux et de parcelles) sous l'impulsion des abbayes et monastères, des édits royaux et plans gouvernementaux. Le dernier programme d'État datant des années 1980 visait à l'intensification des productions agricoles (remembrement, remodelage des réseaux hydrographiques de canaux et drainage).

Ils ont conduit en Nouvelle-Aquitaine à l'aménagement des marais estuariens de la Sèvre Niortaise, de Charente, de Gironde, de Garonne et de Dordogne, ainsi que des Barthes de l'Adour. Ce sont entre 20 % et 80 % des surfaces selon les secteurs, plus ou moins propices au niveau de la qualité des sols, qui ont connu cette intensification par endiguement et îlotage hydraulique parcellaire.

La conséquence est une perte de surface proportionnelle présentant une typicité biologique humide. Les pertes s'étendent également aux fonctionnalités et services hydrologiques (tampons hydrologiques et biogéochimiques), climatiques (couvert végétal non permanent : sols nus l'hiver, hétérogène l'été avec des modifications du pouvoir radiatif et évaporatoire), et immatérielles (attrait paysager, notamment).

Les gains se situent au niveau de la production agricole, vouée pour une grande partie à la céréaliculture d'exportation, le maraîchage et la production fourragère intensifiée.

PRESSIONS

L'activité agricole intensive demeure le principal facteur de pression actuel, par sa consommation d'eau, d'espace pour les espèces indigènes, sa production de polluants vers les milieux adjacents (dépassement des capacités tampon des milieux aquatiques récepteurs : surface de lagunage naturels et temps de résidence trop faibles).

La déprise induite par la faible attractivité de l'activité d'élevage (faiblesse des cours et des aides agricoles), induit soit un risque d'abandon soit de reprise ou de reconversion vers des activités semi-intensives (production de fourrages en partie vouée à l'export de biomasse). Si l'abandon soulève des inquiétudes sur le paysage, elles sont encore très discutées quant aux effets sur la richesse et la typicité biologiques (état de transition).

L'eau demeure au cœur des préoccupations des usagers et les périodes d'étiages sévères et prolongées de ces deux dernières décennies constituent un facteur de tension sociale très élevé.

Le second facteur de pression important est relatif au foncier et au développement urbain et d'infrastructures de réseaux (route, chemins de fer, eau, électricité).

Il faut distinguer les agglomérations des villages. Après des décennies de développement du tissu urbain sans restrictions réelles, les premières intègrent désormais dans les SCOT et PLU¹ des dispositions de préservation (hydrologie) et de valorisation patrimoniale (espèces, paysage).

1 • Dispositifs de planification locale en matière d'aménagement du territoire : « Schéma de Cohérence Territoriale », « Plan Local d'Urbanisme ».

Il peut être considéré que la situation est en cours de stabilisation quant à l'emprise des infrastructures urbaines sur les zones humides de ceinture, même si l'on considère qu'il s'agit dans l'ensemble d'espaces culturels.

L'espace rural demeure plus problématique en raison de la disparité des inventaires de zones humides (complétude et précision), devant conduire à des PLU protégeant ces milieux. Si la compétence « GemaPi² » induit une prise en charge obligatoire de la gestion de l'eau, les enjeux locaux doivent souvent encore s'articuler avec plus de pertinence avec ceux de la protection des captages et de la biodiversité, constitutifs du patrimoine local et permettant de réaliser des économies pour l'espace communal.

Le troisième facteur de pression est le tourisme et les loisirs de plein air. Leur essor est corrélatif à l'attrait accru du public pour le littoral (vacances et habitat), accru en cela par un ensoleillement en hausse. Les projections de l'INSEE pour 2030 indiquent +3,5 millions d'habitants sur le littoral centre-ouest atlantique. En misant sur les espaces emblématiques que sont les milieux humides, les programmes de développement de l'offre urbanistique et touristique doivent trouver un juste équilibre fréquentation/ouverture pour ne pas mettre en péril cette ressource.

ZONES HUMIDES DE FONDS DE VALLÉE ALLUVIALE

Les vallées alluviales constituent des grands ensembles paysagers des fleuves régionaux. Le cas des têtes de bassin versant est traité plus loin (Rang 1 et 2 de la classification de Strahler), les secteurs abordés ici concernent les rangs de valeur plus élevée.

Les zones humides sont réparties au sein des vallées alluviales, au sein des espaces inondables. Il convient de rappeler le *distinguo* : une zone inondable peut ou non contenir tout ou partie de zones humides, voire aucune. Ce sont les caractéristiques pédologiques qui permettent essentiellement le *distinguo*, surtout lorsque la végétation a été modifiée par les activités humaines.

ÉTAT

L'inventaire géographique des zones humides qui est en cours est révélateur de leur emprise réelle, territoire par territoire. Des statistiques seront rendues possibles dans la décennie à venir pour sérier les typologies variées que l'on rencontre, et leur état de santé précis. La plupart d'entre elles ont connu une transformation par l'agriculture et l'urbanisme qui tentent de figer le paysage alluvial : endiguement, renforcement des berges, contraintes par le droit au sol et la propriété foncière (protection des biens), et

le devoir de protection des personnes. Alors que les cours d'eau sont naturellement des unités mouvantes dans leur dessin (débit solide de recharge, crues érosives...), les crues sont très mal tolérées par le monde rural et urbain qui « subissent » leurs effets, tandis qu'ils étaient assumés aux siècles précédents (usages agricoles et urbanismes adaptés).

PRESSIONS

Contrarié dans le transfert de matière et d'énergie, les lits mineurs se sont largement incisés depuis plus d'un siècle (surcreusements). Le niveau d'eau s'est abaissé en moyenne dans celui-ci.

L'effet immédiat est un abaissement de la nappe d'accompagnement associée dans le lit majeur, lui-même alimentant les systèmes humides en son sein.

Les systèmes de pompage agricoles dans les eaux de surface ou la nappe d'accompagnement, pour alimenter l'irrigation des coteaux de bordure ont pour effet d'amplifier le phénomène.

Les inventaires géographiques actuels rendent compte d'une large représentation de ces systèmes humides dont il est fort à parier que leurs performances fonctionnelles hydrologiques ont largement décliné depuis le début du xx^e siècle. Les ressources vivantes associées demeurent en grande partie dans un état de santé dégradé. De nombreux programmes de renaturation visent à rétablir ces milieux, appuyés par l'Agence de l'Eau, les Départements, la Région et de fortes mobilisations de collectivités locales et d'associations.

LACS ET ÉTANGS

ÉTAT

Les étangs sont des pièces d'eau en majorité artificielles, de taille généralement supérieure à 5 000 m² (distinct de la mare), mais inférieure aux lacs (Anras L., Forum Des Marais Atlantiques, communication personnelle). Leur typologie est très variée, mais en général ils occupent soit une dépression imperméable et sont équipés d'une retenue (digue, ouvrage), ou se trouvent au fil de l'eau ou en dérivation de cours d'eau, en lit majeur. Ils sont utilisés depuis au moins le Moyen Âge notamment pour la pisciculture et la fourniture d'énergie des moulins. Leur très faible stratification thermique, la sédimentation et l'inertie ainsi obtenue leur confèrent un caractère stagnant. Toutefois leurs modes de gestion (vidange et assec pour pêcher, renouveler l'eau et se débarrasser des sédiments) ou leur dépendance éventuelle à la nappe ne leur permettent pas de maintenir en permanence un régime stagnant (caractéristique des lacs).

2 • Issue de la Loi MAPTAM 2014 (Loi de modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles), instituant la GemaPi (Gestion des Milieux aquatiques et de Protection contre les Inondations) par les collectivités locales.

Leur fréquence varie selon les territoires de Nouvelle-Aquitaine, mais la plus forte densité se trouve dans le Haut Limousin, classé lui-même en tête au niveau national : sur 22 800 plans d'eau, plus de 16 000 sont des étangs.

Les lacs sont des pièces d'eau de taille supérieure aux étangs, caractérisés par les phénomènes de stratification thermique et de sédimentation. Ils sont installés dans des dépressions, alimentés par des cours d'eau et/ou par des nappes libres (lacs médocains et landais) ou les écoulements de surface (lacs de montagne).

Au titre de la définition française des zones humides, les parties immergées inférieures à deux mètres des lacs et des étangs sont considérées comme des zones humides.

La richesse biologique que recèlent ces milieux est importante, et présente une variété liée à leur statut trophique.

PRESSIONS

La pollution de l'eau d'origine anthropique (agriculture, urbanisme) constitue un facteur de pression important sur ces milieux. Corrélativement, le Haut Limousin et les secteurs de moyenne et haute montagne demeurent les secteurs les moins exposés.

La demande sociale est très forte aujourd'hui sur ces milieux, notamment lorsqu'ils sont aisément accessibles, et est essentiellement liée aux activités de loisir (pêche, chasse, agrément). Il se crée encore des dizaines d'étangs chaque année, dans des conditions plus ou moins légales, notamment en fonds de vallons. La demande en eau (impluvium, nappe) demeure donc élevée.

En effet, s'agissant d'espaces d'évaporation intenses, l'évolution des régimes hydriques d'alimentation naturels (à-coups, déphasages, réchauffement moyen) peut produire des effets importants, par une augmentation de la demande de réalimentation.

Si les grands lacs bénéficient de suivis approfondis, une meilleure connaissance des étangs dans leur diversité, notamment pour aboutir à des bilans précipitations/évapotranspiration apporterait de précieux enseignements quant aux prélèvements admissibles sur les masses d'eau attenantes.

MARES

ÉTAT

Les mares regroupent différents types de petites pièces d'eau. Elles sont naturelles ou artificielles et installées au sein de petites dépressions sur sols imperméables, et utilisées au cours des âges pour satisfaire des besoins d'abreuvement, de puisage, d'élevage (anatidés, poissons) et de chasse.

Il en existe aussi issues de trous d'obus ou d'excavations. Leur classement se fait sur la base de leur environnement immédiat : Mares de prairie, de culture, de lande et de brande, de marais, forestière, de lisière, de village, d'ornement. De profondeur inférieure à deux mètres, leur taille est variable et peut atteindre 5 000 m². Elles connaissent un faible renouvellement d'eau dû à leur alimentation par la pluie et parfois la nappe libre locale.

Ces milieux sont étroitement imbriqués et dépendant de ceux qui les entourent. Leur productivité biologique est globalement forte (milieux souvent naturellement eutrophes, plus rarement méso et oligotrophes), tandis que la biodiversité présente une gamme de variation importante selon les types de mares, et en fonction des régimes climatiques interannuels.

Ces mares constituent des foyers de vie pour les espèces de zones humides, et peuvent apporter une contribution importante à la connectivité des trames humides.

L'inventaire de ces mares n'a pas été réalisé dans l'ensemble de la Nouvelle-Aquitaine. Les données d'inventaire existent dans l'ex-Poitou-Charentes [15] (Figure 3). Elles sont estimées à plus de 30 000, sur la base d'un recensement de terrain croisé avec une analyse cartographique. Leur répartition est hétérogène selon les substrats : plus denses sur les domaines cristallins. De même les paysages bocagers vallonnés en recèlent plus (>50/16 km²) que les plaines céréalières où elles ont parfois entièrement disparu.

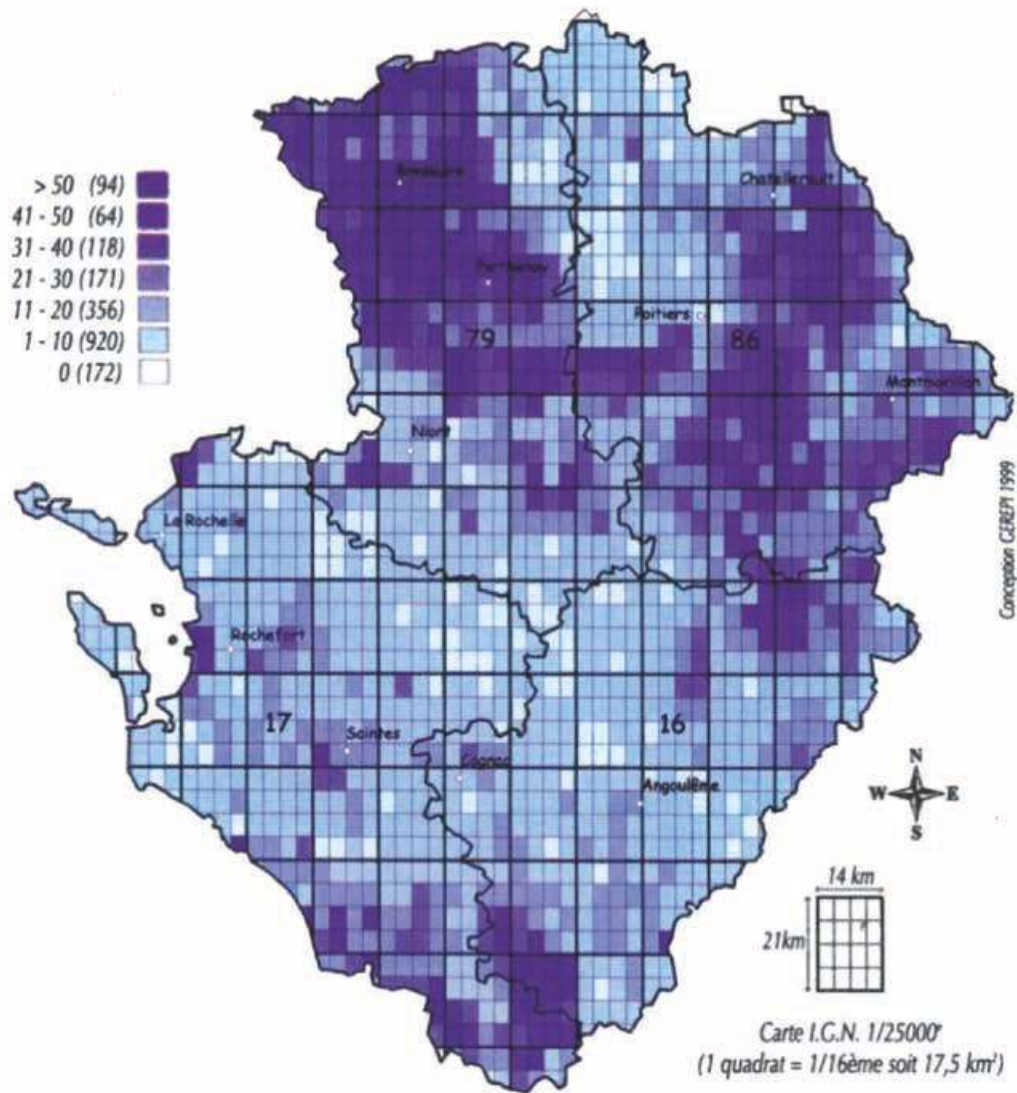


Figure 3. Répartition et densité des mares en Poitou-Charentes, inventaire 1998-2002 (15).

PRESSIONS

Sur cette région, plus de 26 % des mares auraient connu un comblement au cours de ces vingt dernières années [15]. Ce phénomène est dû soit à des remblaiements, ou un atterrissement naturel suite à une perte d'usage et un manque d'entretien.

Très réactives face aux variations météorologiques et climatiques, en raison de leur très faible hauteur d'eau et de leur rapidité de comblement naturel, elles présentent une faible résilience à court terme. Elles sont donc particulièrement exposées, si le bilan précipitations/évapotranspiration leur devient défavorable, bien avant une simple augmentation de température moyenne.

ZONES HUMIDES RIVULAIRES DES LAGUNES ET ESTUAIRES

Compte tenu du nombre important de zones humides des lagunes et estuaires sur le territoire de la Nouvelle-Aquitaine, et de travaux réalisés sur la Gironde, le chapitre va se focaliser plus particulièrement sur les zones humides rivulaires de cet estuaire. Cela étant, les zones humides d'Arcachon et de Marennes, d'importance sociétale, font l'objet d'investigations scientifiques dans un contexte fort de risque de submersion marine et d'érosion (ENCADRÉ Arcachon et Marennes).

ÉTAT

L'estuaire de la Gironde offre un cas d'étude particulièrement intéressant en termes de typologies et de diversité d'états et de dynamiques. Les zones humides des espaces riverains de l'estuaire se caractérisent en effet par une grande diversité de caractéristiques géochimiques, physico-chimiques, géomorphologiques [16] ainsi que d'habitats. Des mattes bordant les digues côtières aux lagunes forestières de l'arrière-pays, ces zones humides ont été largement façonnées par des siècles d'usages sociaux et économiques. Cette diversité typologique, de regards et d'enjeux se manifeste dans les constructions des zonages institutionnels actuels (dans le cadre des Schémas d'Aménagement et de Gestion de l'Eau - SAGE et des Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux - SDAGE), articulant critères naturalistes (botanique, pédologie, hydrologie) et processus de négociation. Par ailleurs, il convient de considérer la fonctionnalité des zones humides en tant que pièges à particules provenant des inondations de l'estuaire de la Gironde. De telles particules peuvent être contaminées par des éléments (exemple : métaux) provenant de différentes sources dans le bassin versant au sens large et plus particulièrement du milieu urbain (industrie, agriculture, activités domestiques). Cependant, selon la remobilisation naturelle, accidentelle ou liée à la gestion de ces écosystèmes (curages, aménagements hydrauliques, constructions...), cette fonctionnalité peut être affectée : les zones humides deviennent alors des sources potentielles d'émission de particules et/ou de contaminants.

Les zones humides rivulaires de l'estuaire de la Gironde, et notamment les vasières intertidales, jouent également un rôle essentiel de nourricerie pour les jeunes stades de vie de nombreuses espèces de poissons de la façade Atlantique française [17] [18] [19]. Les bénéfices potentiels associés à la dépollution de ces écosystèmes afin d'optimiser leurs fonctionnalités - incluant ce potentiel de nourricerie - sont au cœur de nombreuses interrogations en Europe [20] [18]. En Gironde en particulier, les dépollutions accidentelles des marais de Mortagne-sur-Gironde en 1999 et de l'île Nouvelle en 2010 font l'objet de multiples études visant à analyser les effets écologiques et socio-économiques d'une renaturation de ces milieux humides à visée environnementale, protectrice, touristique ou compensatoire [18] [20] [21] [22] [23] [24] [25]. D'autres programmes de recherche visent à la mise en place d'une approche fonctionnelle des zones humides de l'estuaire de la Gironde permettant de caractériser la fourniture de services écosystémiques à la collectivité (cf. page précédente).

Au regard de la complexité liée à l'identification et à l'évolution des usages des zones humides, il est important d'estimer le coût économique des services rendus et de comprendre les modes de gouvernance à l'œuvre. Ces investigations s'appuient sur les perspectives d'évolution de la demande sociétale ainsi que sur la capacité des zones humides à la satisfaire dans un contexte socio-économique et écologique dynamique.

Ainsi, une analyse originale de l'interface fonctionnalités-services des zones humides conduit à identifier leur potentiel de résilience écologique en présence de modifications majeures liées aux changements climatiques dans l'estuaire de la Gironde [26] et plus largement dans l'ancienne région Aquitaine [27].

PRESSIONS

Les zones humides estuariennes sont soumises à de multiples pressions géochimiques, écologiques, socio-économiques. L'estimation de ces pressions permet de produire des indices complexes pour une meilleure connaissance de la fonctionnalité des écosystèmes, fonctionnalités à même de produire différents niveaux de services écosystémiques. La prise en compte des composantes (caractéristiques environnementales et biologiques) et des fonctionnalités (fonctions écologiques) des zones humides permettent ainsi de déterminer un potentiel de résilience aux changements climatiques combinant à la fois des propriétés physiques, écologiques et économiques. Cette orientation conduit à une meilleure compréhension des liens entre les fonctionnalités mises en œuvre par ces écosystèmes et de la détermination de seuils critiques au-delà desquels les services écosystémiques ne sont plus assurés ou en quantité insuffisante [28] [29].

En s'appuyant sur l'étude des propriétés écologiques des zones humides, l'approche fonctionnelle de ces écosystèmes invite à analyser les conditions de leur durabilité dans un contexte de pressions accrues liées aux activités humaines et économiques [26]. En suivant les travaux de Turner *et al.* [30], il est possible d'analyser le fonctionnement des zones humides à partir de trois types d'éléments : les caractéristiques (ensemble de propriétés telles que la taille, les espèces présentes, les propriétés du sol et la végétation), la structure (lien ici avec les communautés de plantes et d'animaux, l'existence de réseaux, etc.) et les processus (référence à la dynamique des transformations impliquant l'énergie et la matière) (Figure 4).

Ce type d'approche fonctionnelle a été abordé à l'échelle de l'estuaire de la Gironde [31], en prenant en compte différentes composantes ou caractéristiques biologiques ou environnementales des systèmes de zones humides étudiées (taille, profondeur et qualité d'eau, salinité, diversité en poisson et macrofaune, couverture végétale). Ces composantes ont permis de définir différentes fonctionnalités écologiques (nourricerie, refuge, régulation des niveaux d'eau, capacité d'épuration), dont le potentiel à produire différents services écosystémiques (production halieutique, provision d'eau) a été estimé.

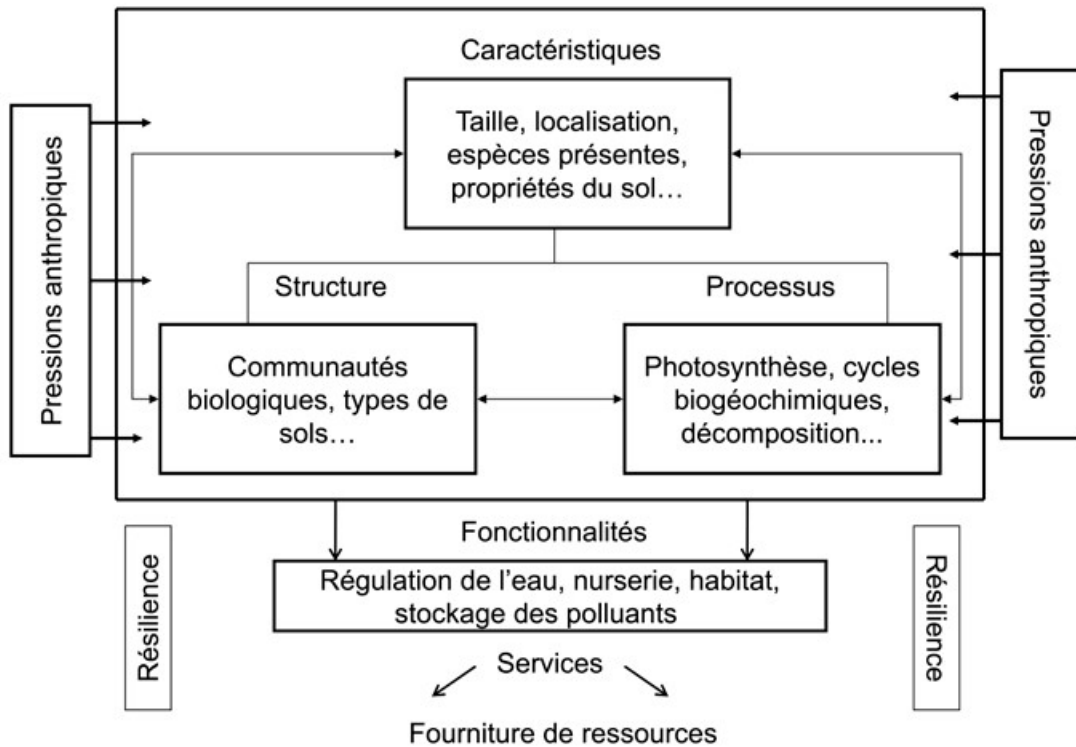


Figure 4 : Approche fonctionnelle d'une zone humide (31).

Plus précisément, les composantes des zones humides sont les variables d'état de l'écosystème. Les fonctionnalités traduisent quant à elles le fait que les fonctions écologiques sont opérationnelles. La fourniture de services dépend ensuite de l'activation des fonctionnalités des zones humides.

Les fonctionnalités à activer pour assurer les services d'approvisionnement en eau et la production de ressources halieutiques font référence à la régulation de l'eau, à la capacité de traitement des pollutions, à la fonction refuge et à la nurserie.

Le potentiel de résilience de la zone humide dépend alors des conditions de criticité qui s'appliquent aux différentes composantes et de sa mesure par le nombre de conditions de criticité qui sont satisfaites pour chaque composante. Selon que l'ensemble ou seulement une partie de l'ensemble des conditions de criticité sont satisfaites, on peut observer des états de fonctionnement différents de la zone humide considérée et un potentiel de résilience spécifique associé.

Dans ce contexte, la durabilité de la zone humide peut être définie en fonction du nombre de services qu'elle peut procurer afin de satisfaire les besoins de la collectivité. Si la puissance publique fixe un nombre de services minimal à respecter, il est possible de déterminer le potentiel de résilience qui satisfait un niveau donné de durabilité (mesuré à travers un niveau de services qui doit être maintenu au-delà d'un seuil de référence).

Mais la durabilité peut être aussi définie par une stratégie de type maximin : il s'agit alors de déterminer le potentiel minimal de résilience qui assurera le nombre maximal de services procurés par la zone humide considérée.

Cette méthodologie a été développée pour des zones humides de l'estuaire de la Gironde. Une première application a été réalisée sur un échantillon de 54 zones humides localisées dans l'estuaire afin d'évaluer leur potentiel de résilience et d'estimer la durabilité de ces écosystèmes. Ces derniers sont composés de rives, de marais salés et de prairies humides (Figure 5).

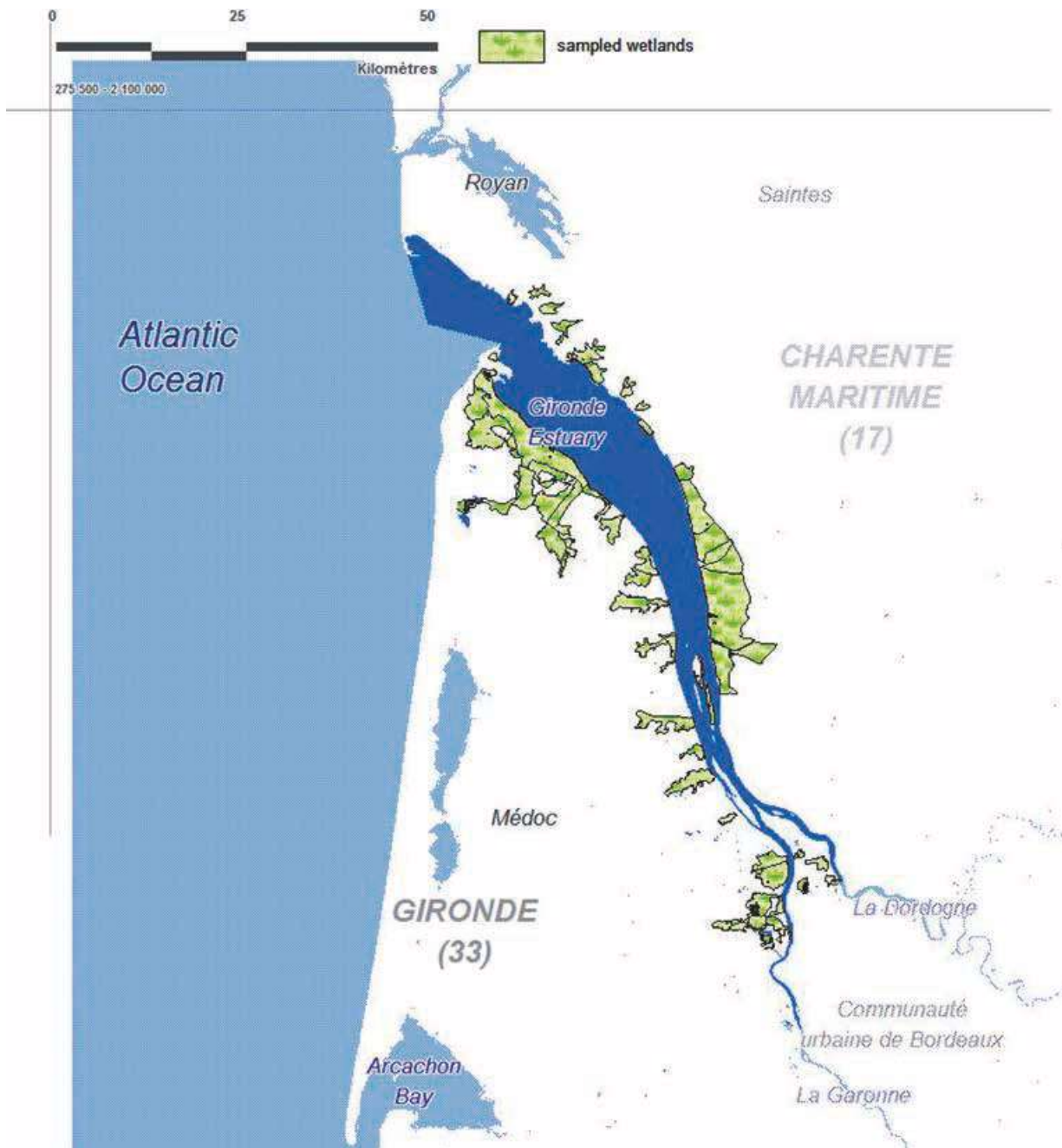


Figure 5: Localisation des zones humides étudiées dans l'estuaire de la Gironde (31).

Les valeurs critiques de toutes les composantes (8 au total) ont été déterminées empiriquement et un lien entre la fourniture de services et les conditions de criticité a été établi : par exemple, le service « ressources halieutiques » repose sur 8 conditions critiques tandis que 4 conditions critiques sont nécessaires pour le service « approvisionnement en eau ». Pour le service d'approvisionnement en eau, 16 zones humides peuvent assurer conjointement les 2 fonctionnalités « régulation hydrique » et « capacité d'épuration ». Pour les ressources halieutiques, 8 zones humides peuvent assurer conjointement les 2 fonctionnalités « nurserie » et « refuge ». Seules 8 zones humides (formations herbacées humides et tige basse) dans l'échantillon permettent d'assurer les deux services à la fois.

ENCADRÉ : IMPORTANCE SOCIÉTALE DES ZONES HUMIDES : LE CAS D'ARCACHON ET DE MARENNES

Le risque de submersion marine est un risque avéré dans le bassin d'Arcachon et de Marennes, risque qui a conduit à s'interroger sur les possibilités de réponse par la dépollérisation [32] [33]. Compte tenu des représentations sociales très diverses, une telle réponse ne peut être générale et dépend avant tout d'un ensemble de conditions économiques (rôle des différentes activités économiques et agricoles développées sur le territoire concerné), géographiques (les impacts d'une submersion naturelle ne sont pas identiques sur tous les territoires) et sociales (les pratiques locales peuvent varier d'un endroit à l'autre, les perceptions et l'acceptabilité sociale également). La gestion du risque littoral sur ce territoire doit alors prendre en compte les conflits d'usage entre la réserve d'eau et les agriculteurs, les réticences sur les stratégies de défense de côte alternatives aux digues et la manière dont les populations interprètent

ce risque. Ainsi, elles peuvent exprimer leur attachement à la présence et à l'entretien de digues par exemple en leur accordant une valeur monétaire, ainsi qu'une disponibilité à payer pour cela. Même si les individus accordent une valeur positive à différentes options de gestion du littoral, il faut faire apparaître un intérêt prioritaire pour la préservation du littoral. Cette perspective repose sur la représentation d'un littoral valorisé à travers les multiples ressources naturelles et les nombreux usages qu'il procure [34].

ZONES HUMIDES DE TÊTE DE BASSIN

Les territoires de tête de bassin occupent 65 à 75 % de la France métropolitaine [35]. En Nouvelle-Aquitaine ils représentent 43 000 km² soit 51 % du territoire régional. Dans ces territoires se trouvent les zones humides des têtes de bassin de la Dordogne, de la Vienne, de l'Adour, de la Garonne, du Lot, de rivières côtières comme la Leyre, de la Charente, mais aussi avec en moindres proportions, du Cher, de la Sèvre Niortaise, du Thouet et de la Sèvre Nantaise et enfin de l'Indre et de l'Allier.

Il est considéré ici une définition fonctionnelle de ces zones humides en prenant en compte les systèmes complets de tête de bassin versant qui intègrent les talwegs d'ordre 2 [36] [37]. Généralement, les zones humides de tête de bassin versant sont soit des zones humides de sources établies dans des colluvions qui se trouvent dans les talwegs d'ordre 0, soit des zones au fonctionnement hydrologique plus complexe car elles se situent dans des talwegs d'ordre 1 et 2, où le fonctionnement hydrologique est transitoire entre des versants colluviaux et des fonds alluviaux [38]. Les bassins versants élémentaires (0, 1 et 2) peuvent se trouver dans tous les territoires de la région Nouvelle-Aquitaine et les limites entre ces bassins versants ont des altitudes et des topographies différentes soumises aux nuances climatiques de la région.

Les zones humides de tête de bassin représentent « un capital hydrologique » pour la région Nouvelle-Aquitaine pour les raisons suivantes : occupation d'une surface considérable (43 000 km²), collecte de la majorité des précipitations en captant et en restituant les pluies orographiques à des instants différents ; garantie pour la fonction hydrologique globale des têtes de bassin sur leur aval [39] [40] ; grands volumes d'eau de transition dans les régions de socles faillées ; rôle hydrologique important de la flore localisée sur ces zones humides [41].

Ainsi, pour garantir un écrêtage des crues et un soutien des étiages de l'aval, la majorité des territoires de tête de bassin doivent avoir un fonctionnement hydrologique acceptable. Or, les fonctionnalités hydrologiques des zones humides de tête de bassin versant ont été et sont impactées par la gestion globale d'un territoire (notamment lorsqu'elles sont utilisées par des activités consommatrices d'espaces).

ÉTAT

À l'échelle de la région, **Figure 6**, les systèmes de têtes de bassin qui englobent les zones humides sont majoritairement dédiés à l'agriculture (les cultures occupent 34 % de ces espaces) et l'élevage (23 % de prairies). Les territoires de tête de bassin de la Nouvelle-Aquitaine sont donc particulièrement agricoles puisqu'en France métropolitaine, ces proportions sont moindres avec 25 % de terres arables et 19 % de prairies. La forêt occupe 29 % des surfaces occupées par les têtes de bassin, ce qui est supérieur à la tendance nationale (22 %) [35]. Les espaces à forte valeur environnementale comme les pelouses « naturelles », ou encore les espaces agropastoraux de montagne n'occupent que peu de surface (7 %) et se retrouvent uniquement dans les territoires les plus élevés.

Les zones humides de tête de bassin versant en plaines et pénéplaines sont très largement répandues, et constituent un ensemble disparate d'un point de vue pédologique et paysager. Ce sont aujourd'hui par ordre d'usage des cultures, des prairies, des espaces boisés issus de plantations, ou d'évolution de friches. Leur évolution va vers un recul de leurs fonctions hydrologiques (drainage, artificialisation du réseau hydrographique) et biologiques (perte de typicité, banalisation) en faveur de services de production, et une reprise de ces fonctions dans les secteurs vallonnés en déprise. Leur résilience d'ensemble semble assez bonne, comme en témoignent diverses réalisations de renaturation (sur cours d'eau et annexes humides dans les programmes financés par les Agences de l'Eau Loire-Bretagne et Adour-Garonne). Ces opérations buttent souvent toutefois sur les questions de trame paysagères inadéquates (milieux remembrés du bassin versant) qui limitent l'efficacité de ces actions, et qui renvoient à la responsabilité d'autres politiques sectorielles d'aménagement du territoire (urbanismes, politique agricole).

Concernant les zones humides d'altitudes moyennes et montagnardes des Pyrénées Atlantiques, elles sont globalement composées d'espaces ouverts dans les étages subalpins et alpins dégagés par des siècles d'usages par l'élevage, et suite aux grands déboisements opérés depuis la renaissance pour les constructions navales. Ces espaces sont aujourd'hui bien souvent dédiés à l'élevage.

Les zones humides de tête de bassin de la Montagne limousine se trouvent dans des espaces dédiés à l'élevage et à la sylviculture. Les prairies humides des sols alluviaux anciens sont depuis très longtemps intégrées dans l'agriculture de la moyenne montagne, notamment dans la montagne et les plateaux limousins. L'évolution de cette agriculture a fait également évoluer les prairies humides, notamment du fait du drainage, du tassement des sols et de l'intensification du pâturage. Ceci entraîne une banalisation des prairies humides « acides à molinie » ou dites « atlantiques et sub-atlantiques » vers les pâtures à jonc (*Juncuseffusus*) du fait du potentiel invasif de l'espèce et de ses préférences pour les sols tassés, enrichis et aux variations fréquentes du niveau de nappe.

D'ailleurs, ce phénomène prend suffisamment d'ampleur pour préoccuper les gestionnaires de zones humides et particulièrement les éleveurs de la Montagne limousine et de son piedmont qui utilisent les prairies humides pour le pâturage de leurs troupeaux [42]. Certains de ces espaces connaissent une phase de boisement accéléré liée à la déprise et aux plantations de massifs de résineux depuis plusieurs décennies suite au recul de l'élevage extensif. Les

substrats paratourbeux et tourbeux oligotrophes sont particulièrement sensibles, et leur résilience est faible. La molinie bleu (*MoliniaCaerulea*), herbacée qui se développe sur les tourbières en déprise et surtout sur les tourbières drainées puis délaissées, est également une autochtone envahissante. Elle entraîne l'assèchement de la surface des tourbières en réduisant le couvert des bryophytes et en permettant au ligneux de s'installer.

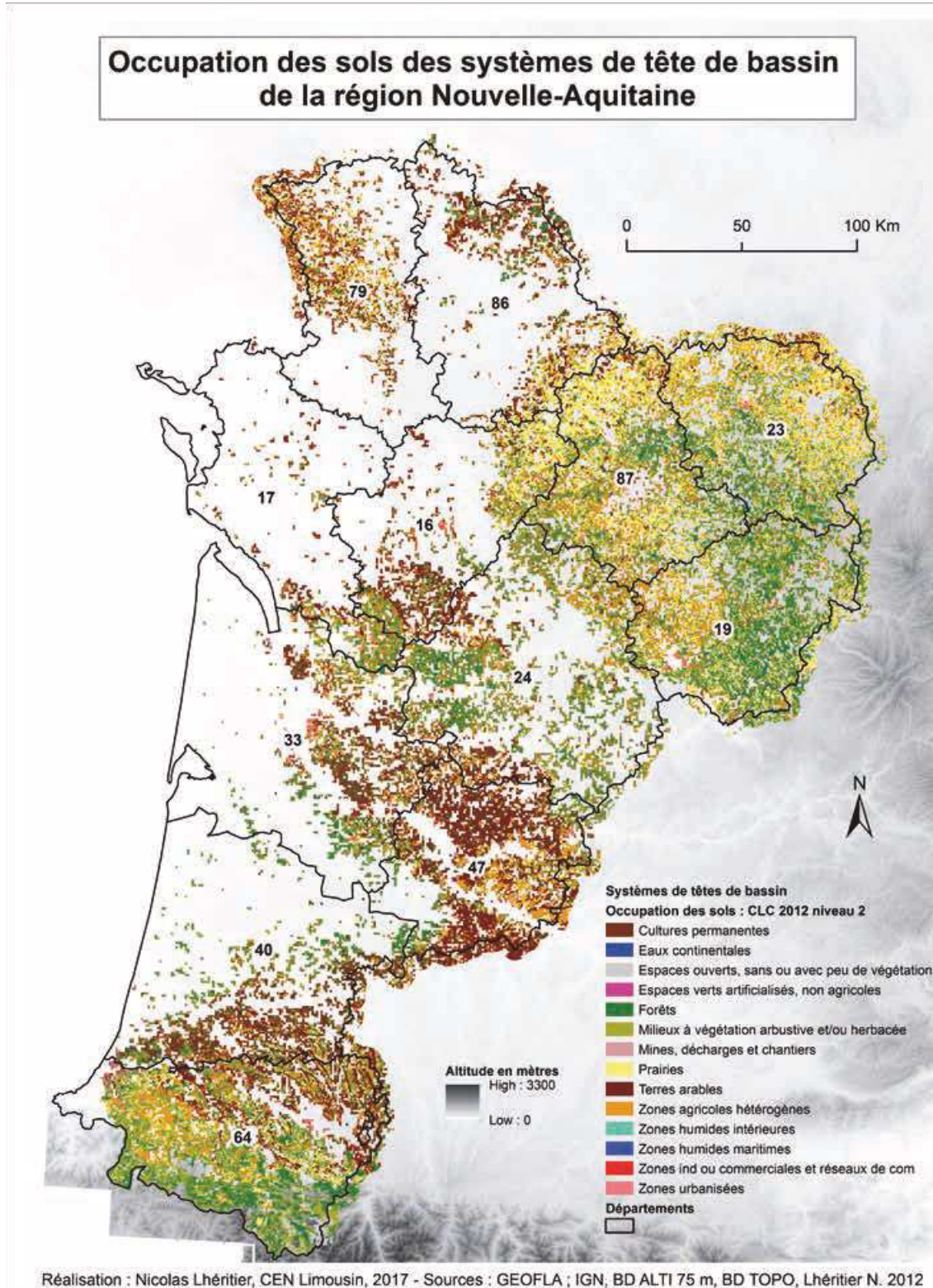


Figure 6: L'occupation des sols des systèmes de tête de bassin de Nouvelle-Aquitaine.

PRESSIONS

L'emprise agricole sur les milieux humides de plaine est flagrante, ils ont connu une utilisation accrue depuis des siècles. Les fonds de vallons humides, non connectés aux ruisseaux, ont connu la même évolution. Les trente glorieuses ont vu cette conquête se confirmer sur tous les secteurs à bonne accessibilité pour les engins agricoles. La pression agricole devrait se maintenir à un niveau élevé, secondée par la pression urbaine rurale dans les grandes couronnes des petites et moyennes agglomérations.

La déprise s'opère depuis trente à cinquante ans sur les secteurs fortement vallonnés qui n'ont pas pu subir les remembrements requis pour l'intensification, où l'enrichissement boisé s'opère rapidement. Ce sont les territoires de la Montagne limousine, de la Charente et Dordogne qui sont les plus emblématiques. La Montagne limousine et son piedmont, régions de tête de bassin, (Figure 7) contiennent des zones humides de tête de bassin soumises à la déprise agricole et ou l'action du CEN (Conservatoire d'espaces naturels) Limousin consiste à maîtriser foncièrement ces zones, à les restaurer et à les rendre réutilisable par l'agriculture selon des modalités conformes à la préservation de milieux ouverts, (Figure 8). Le limousin comporte également des zones humides historiques qui ont été transformées, notamment par l'activité agricole.

Il existe aux échelles locales, des bases de données de référence pour les gestionnaires qui couvrent des territoires plus restreints et qui allient à cette prédétermination topographique une photo-interprétation de la végétation pour aboutir à une typologie selon la végétation. C'est le cas en Limousin sur les territoires d'intervention des Établissements Publics Territoriaux de la Dordogne et de la Vienne (EPIDOR et EPTB Vienne) avec les bases de données des Zones à Dominante Humide (ZDH).

Pour des territoires tels que celui de la Montagne limousine, le CEN Limousin dispose d'une cartographie de terrain (par celle des habitats à l'échelle des périmètres des plans de gestion) des zones humides suffisamment détaillées. Cet échantillonnage permet de calibrer la valeur seuil du TWI au-delà de laquelle la présence de zones humides est des plus probables. C'est pour cela que nous parlerons de Zones Topographiques Favorables à la présence de Zones Humides (ZTF-zh) lorsque nous les utiliserons pour analyser les pressions auxquelles sont soumises les zones humides de tête de bassin, par une comparaison des ZTF-zh avec les ZDH.

La comparaison des deux bases de données ZTH-zh du CEN Limousin et ZDH d'EPIDOR et de l'EPTB Vienne, permet d'identifier les zones topographiques favorables ZTF-zh à l'implantation qui n'en contiennent pas. Cela permet de localiser des secteurs où les zones humides ont disparu du fait de pratiques de drainage notamment.

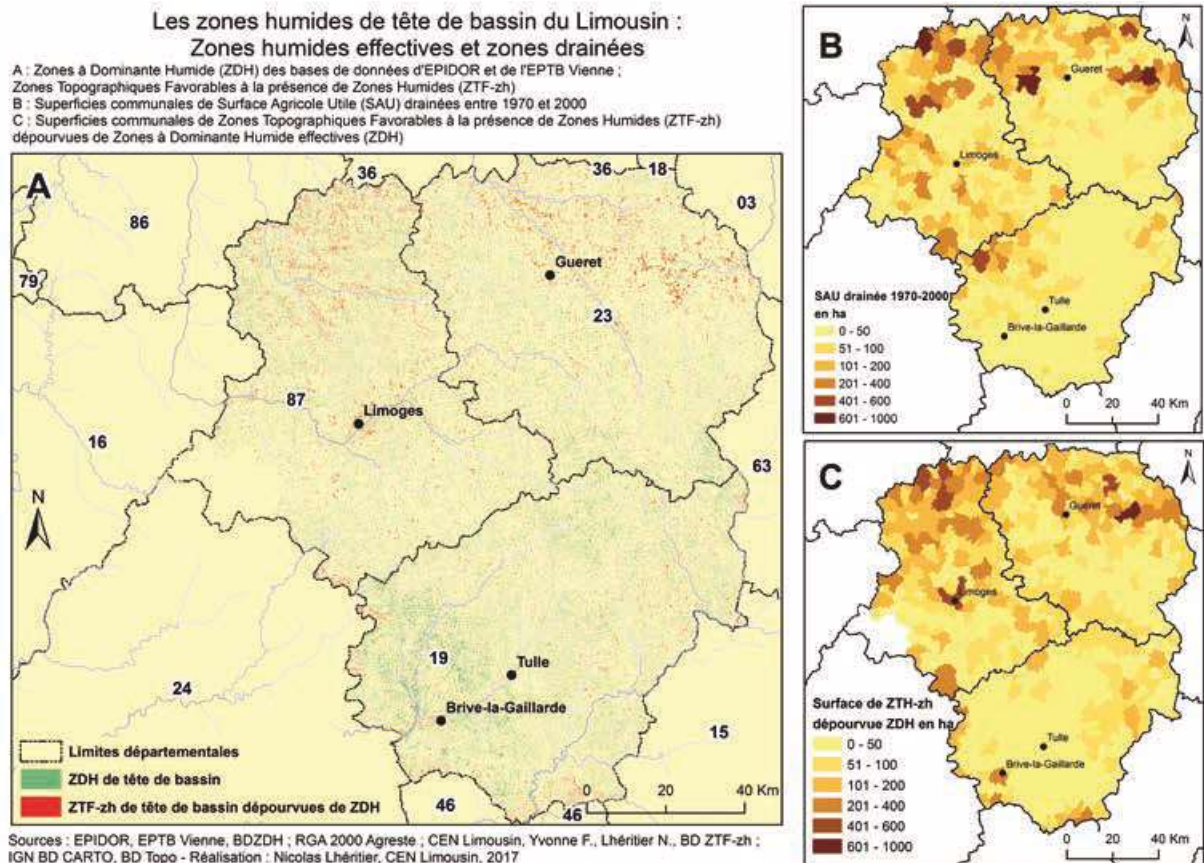


Figure 7 : Zones humides actuelles et zones humides drainées l'exemple du Limousin.

Sur la carte A, les ZTH-zh dépourvues de ZDH apparaissent en rouge, elles sont surtout localisées au nord de la Haute-Vienne et au Nord est de la Creuse. Les surfaces cumulées par commune (carte C) permettent d'avoir un élément de comparaison avec les surfaces de Surface Agricole (SAU) drainées par commune (carte B). Cette dernière carte confirme que beaucoup de zones topographiques favorables à la présence de Z.H. mais en étant pourtant dépourvues se trouvent effectivement dans les communes du nord Haute-Vienne et de Creuse. Ce sont les communes où le drainage agricole a été le plus pratiqué entre les années 1970 et 2000. L'occupation des sols (issues de la BD Corine Land Cover 2012, IFEN) semble corroborer les tendances géographiques qui se dégagent de ces trois cartes. Les ZTF-zh dépourvues de zones humides sont essentiellement agricoles (plus de 60 % des surfaces) dont des prairies (34 % des surfaces) et des cultures (33 %). Les espaces forestiers représentent 28 % des surfaces. Les 6 % restant, sont essentiellement composés par le tissu urbain discontinu.

Afin de mieux comprendre les pressions à l'échelle de la région Nouvelle-Aquitaine, les besoins de connaissances à des fins de protection devraient toucher l'hydrogéologie (nappes libres pour l'essentiel). Les mesures de renaturation ou de préservation butent en grande partie sur les liens zones humides-nappe, qui commencent néanmoins à être mieux connus à l'échelle de site, pour mettre en œuvre et/ou multiplier localement les actions adaptées au maintien des services hydrologiques notamment (recharge de nappe, auto épuration).

Les territoires de moyenne montagne et alpins sont en déprise partielle, avec un accroissement du couvert boisé. Leur évolution semble fortement corrélée à ce facteur, autant qu'au facteur climatique. Concernant ce dernier, les effets sur le paysage et sur les milieux humides, composés pour l'essentiel de micro-espaces en cuvettes ou à flanc de pente, vont concerner la montée des limites boisées vers le haut (rehausse altimétrique des isothermes) et les modifications des peuplements suite aux changements des régimes de précipitations. De forts impacts sont à attendre de ces changements sur l'hydrologie des zones humides, les groupements végétaux et la faune, très sensibles à ces facteurs : la thermophilisation constitue une hypothèse plausible, tandis que des phénomènes plus complexes liés à la précocité des pluies printanières, les moindres froids en fin d'hiver conduiraient à des modifications du fonctionnement hydrologique et des stratégies reproductives (cas de certains amphibiens). Les impacts sur la flore peuvent entraîner des préjudices aux activités économiques et notamment agricoles.

La question du changement climatique en altitude a été abordée dans le chapitre consacré à la montagne de Le Treut [27].

Il semble difficilement envisageable de stabiliser la situation par des seules opérations de restauration localisées et pas encore assez nombreuses (rôle du génie écologique). Il convient alors de bien intégrer les milieux humides de tête de bassin dans la gestion globale des territoires et d'agir également de manière pédagogique et incitative sur la manière dont sont menées les activités qui utilisent ces espaces en sus de les protéger réglementairement. Pour cela, il paraît nécessaire de s'adresser directement aux usagers et gestionnaires de zones humides dans le cadre de programme territorial, via les collectivités locales, les Cellules d'Assistance Technique à la gestion des Zones Humides (CATZH) et les Réseaux de gestionnaires de Zones Humides (RZH). Les mesures de précaution à prendre pour limiter l'impact du réchauffement climatique suite à des décennies de transformation des zones humides de plaines, et des changements hydrologiques probables des têtes de bassin s'appuient sur une combinaison entre la restauration hydrogéologique réfléchie et programmée à l'échelle des territoires de tête de bassin et la ré-information pour une réappropriation de ces milieux par l'agriculture et l'élevage notamment (certains groupes d'éleveurs recherchant des systèmes plus économes et plus autonomes en utilisant la ressource fourragère des milieux semi-naturels dont les zones humides sont déjà engagées dans cette démarche).

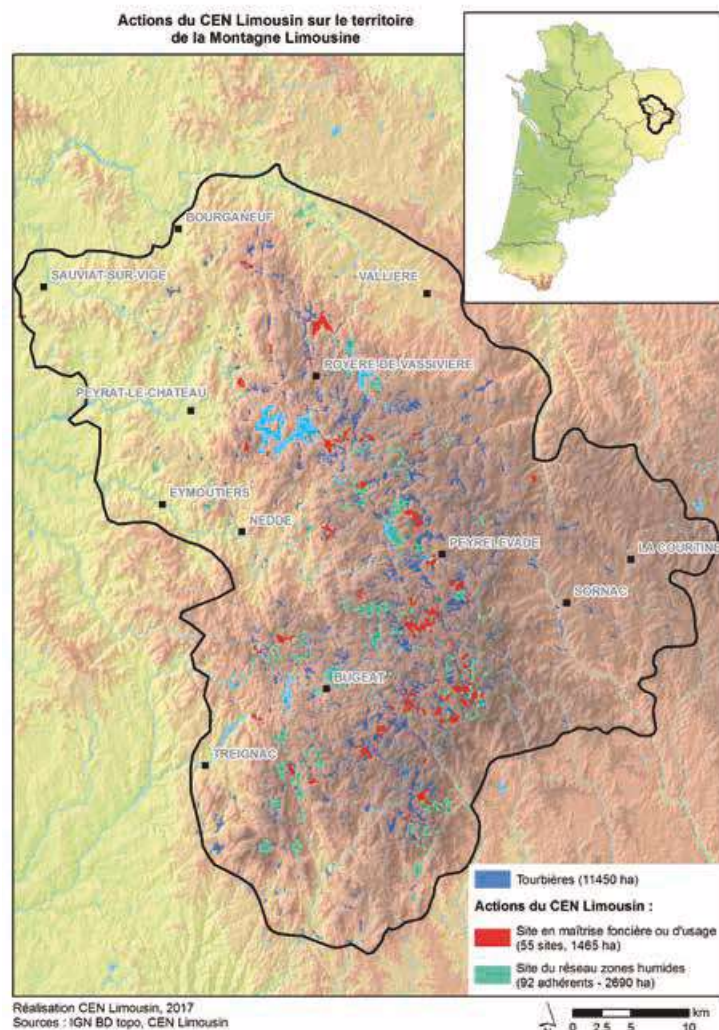


Figure 8: Actions du CEN Limousin sur le territoire de la Montagne limousine.

TOURBIÈRES

ÉTAT

Les tourbières sont caractérisées par des sols issus de l'accumulation de végétaux à dégradation très lente, en raison de la présence permanente d'eau et le manque d'oxygène. Ces milieux très emblématiques des « marécages » inscrits dans l'imaginaire populaire constituent des foyers patrimoniaux en matière de paysage, de biodiversité et d'intérêt fonctionnel.

Les tourbières de Nouvelle-Aquitaine présentent toute la variété des typologies existantes, selon leur mode d'alimentation (nappe et/ou pluie) et leur localisation (massifs montagneux, plaines). Ces typologies basées sur l'origine et le mode d'alimentation hydrique sont bien connues et restituées territoire par territoire dans l'inventaire compilé en 2006 par le pôle relais Tourbières. Les plus fortes densités rencontrées le sont sur les substrats granitiques du Limousin, le massif montagneux des Pyrénées (Figures 7, 9, 10), et le long des cours d'eau de plaine.

Les valeurs associées aux fonctions des tourbières sont très importantes, notamment celles associées à la fonction hydrologique des tourbières de tête de bassin (cf. pages précédentes). L'archéologie et l'ethnologie peuvent se nourrir des vestiges que révèlent ces milieux fréquentés par l'homme depuis des millénaires. Leur capacité d'inscrire l'histoire du climat depuis 10 000 ans à travers les pollens, les graines et les plantes sont des révélateurs importants des tendances qui se dessinent. Leur valeur fonctionnelle est indéniable en matière de stockage de carbone, de stockage d'autoépuration des eaux. Leur intérêt scientifique est du plus haut degré lorsque l'on considère les adaptations inédites réalisées par le vivant pour survivre dans ces rudes conditions : de l'antigel contenu dans le sang des lézards pour résister aux fréquentes gelées des tourbières, aux Droséras devenues carnivores dans ces milieux présentant de faibles disponibilités en nutriments minéraux, en passant par les espèces prostrées pour limiter les pertes d'eau, les espèces y produisent d'intenses efforts d'adaptation. Il en résulte que nombre d'entre elles sont endémiques et rares. Leur contribution à la biodiversité environnante est considérable (5 à 10 %) malgré leur faible proportion dans les espaces naturels (0,1 à 0,5 %).

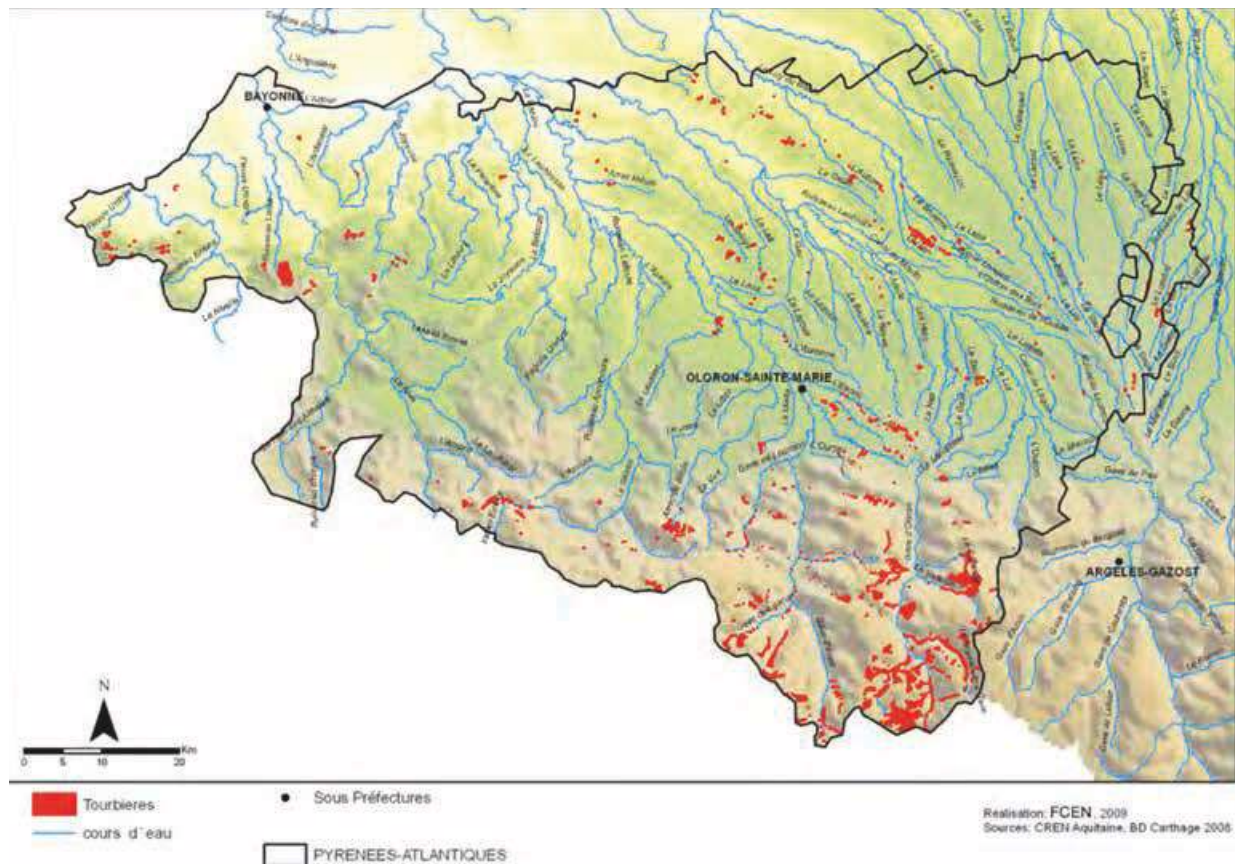


Figure 9 : Tourbières des Pyrénées-Atlantiques (43).

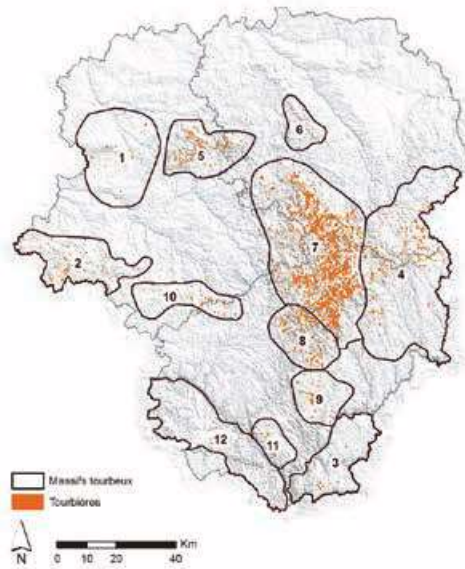


Figure 10 : Les tourbières du Limousin : 1-Monts de Blond et secteurs environnant, 2-Monts de Châlus, 3-Xaintrie, 4-Est de la Montagne limousine, 5-Monts d'Ambazac et de Saint-Goussaud, 6-Monts de Guéret, 7-Plateaux de Millevaches et de Gentioux, 8-Monédières, 9-Plateaux sud-est corréziens, 10-Monts du Limousin, 11-Plateau d'Albussac, 12-Bassin sédimentaire de Brive (44).

PRESSIONS

Les tourbières connaissent des pressions variées selon leur situation et leur mode d'alimentation. Les actions humaines demeurent au cœur de ces problématiques, tant directement (drainage, assèchement, comblement, etc.) (**Tableau 2**), qu'indirectement avec le risque d'assèchement lié à un bilan hydrique déficitaire (lié à des changements climatiques). Le détail par secteur géographique est disponible dans la synthèse précitée.

Sous l'angle purement quantitatif en matière de bilan hydrique, elles sont aujourd'hui particulièrement exposées notamment dans le cas des tourbières uniquement réalimentées par la pluie directe. Mais celles sous dépendance des nappes peuvent également connaître selon les cas une forte exposition à des étiages rallongés. La minéralisation et le tassement qui s'ensuivent demeurent des processus non rétrogrades. Même si des rares cas de reprise turfigène sont parfois décrits avec la reprise d'une réalimentation hydrique, il est globalement admis que les tourbières sont très faiblement résilientes.

TYPE D'ATTEINTE	NOMBRE DE CAS
Défrichage, surpâturage, coupes forestières	9
Incendies	9
Modification hydraulique	9
Piétinement, circulation motorisée	9
Artificialisation, décharges, remblais, routes	6
Création de plans d'eau	6
Drainages	6
Boisements, plantations, enrichement	4
Fertilisation, pesticides, effluents	3
Exploitation ancienne de tourbe	1
Exploitation tourbe actuelle	1

Tableau 2 : Classement des atteintes sur les tourbières inventoriées dans les Pyrénées-Atlantiques (43).

LES ZONES HUMIDES ET LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

Étant donné la diversité des zones humides sur le territoire, un exercice de prospective est conduit seulement sur la partie aquatique des zones humides avec un focus plus précis sur les marais rétro-littoraux, afin de mesurer l'influence des impacts du changement climatique.

INTERACTIONS ENTRE LES ZONES HUMIDES ET LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le réchauffement climatique est à l'origine d'une modification des équilibres pour un certain nombre de facteurs structurants pour le fonctionnement des zones humides. Les principaux facteurs forçants mis en cause sont les suivants :

- Le réchauffement de la température moyenne de la terre et des eaux superficielles. Depuis 1910, la température moyenne de la Terre s'est accrue d'environ 0,6 °C. Le scénario B2 du GIEC qui intègre une prise de conscience mondiale et une réduction significative des gaz à effet de serre prédit malgré tout une augmentation de la température moyenne globale de 2,4 °C et de 3 °C en France. Concernant la température moyenne des eaux superficielles, cette dernière a augmenté de 0,17 °C depuis 1969. C'est en Atlantique Nord qu'elle a été la plus marquée avec +0,4 °C [45].

- L'élévation du niveau de la mer. Entre 1900 et 2000, une élévation moyenne globale de 1,7 mm/an a été relevée. Cependant, actuellement la tendance s'accélère avec une élévation de 31 cm sur un siècle pour les deux dernières décennies. Pour ce même scénario B2 du GIEC, cette augmentation du niveau marin serait comprise entre 0,20 et 0,43 m.
- L'augmentation de la fréquence d'apparition d'événements climatiques exceptionnels (vent, pluie...). Les crues et les submersions marines seront plus fréquentes.
- L'augmentation de la teneur en CO₂ de l'atmosphère, avec gain de production pour les producteurs primaires et acidification des eaux superficielles.



Ces principaux facteurs forçant du climat peuvent avoir une incidence directe sur le fonctionnement des zones humides mais aussi indirecte par l'impact sur les services et les usages. Inversement, les zones humides peuvent jouer un rôle dans la limitation du réchauffement climatique. En effet, les zones humides agissantes comme des puits de carbone, ont un rôle tampon, et pourraient aider à réduire dans une certaine mesure cette tendance. De plus, par leur capacité de régulation hydrologique, les zones humides participent à atténuer l'incidence des événements climatiques aigus qui vont se multiplier. Pour toutes ces raisons, leur dégradation croissante pourrait être très préjudiciable et leur meilleure prise en compte est essentielle dans la définition d'une politique d'action en réponse au changement climatique.

INCIDENCE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA PARTIE AQUATIQUE DES ZONES HUMIDES : UNE ANALYSE PAR LE PRISME DU COMPARTIMENT PLANCTONIQUE SUR LES MARAIS RÉTRO-LITTORAUX

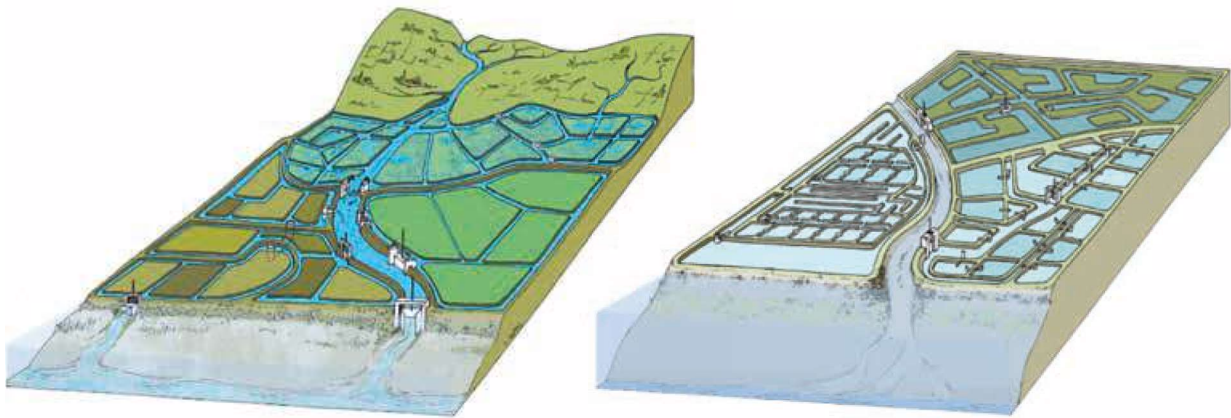
PRÉSENTATION SYNTHÉTIQUE DES MARAIS RÉTRO-LITTORAUX ET ESTUARIENS

Les marais rétro-littoraux se trouvent majoritairement sur le littoral océanique français le long des estuaires français soumis à la marée. Les deux estuaires majeurs sont celui de la Gironde et de la Loire. D'autres

estuaires de dimensions plus modestes aboutissent parfois dans des régions de vastes marais, comme ceux de la Charente et de la Sèvre Niortaise. Ces marais s'inscrivent pour l'essentiel dans la tranche altimétrique comprise entre les plus hautes et les plus basses pleines mers.

C'est donc l'action de l'homme qui, par la construction de digue, a permis d'isoler ce territoire de l'influence de la marée et dans certains cas des fleuves. Même endiguées, ces zones de marais restent cependant sous la contrainte de la mer en rythmant les cadences de l'écoulement des eaux dans le réseau par l'ouverture des portes à la mer. L'anthropisation de ces zones humides a débuté au XI^e siècle, et s'intensifie très fortement au cours du temps en fonction des usages développés sur les marais.

La **Figure 11** synthétise les principaux types de marais présents à ce jour sur la façade atlantique ainsi que leur fonctionnement hydraulique.



Marais doux (prairiaux ou cultivés).

Marais salés (salicoles, conchylicoles, piscicoles).

Figure 11 : Principaux types de marais présents à ce jour sur la façade atlantique (source : Forum des Marais Atlantiques).

Du début du XI^e siècle à nos jours, les marais estuariens ont vu leur statut et leurs usages évoluer très significativement. L'examen de l'histoire de la conquête des marais, de leurs aménagements et des usages associés témoigne d'une évolution originale des relations écologiques et économiques entre les marais et le sociosystème qui lui est associé (rôle ici des activités humaines en interaction avec les fonctionnalités et services assurés par les marais). Cette évolution s'est traduite par une influence réciproque des deux systèmes dans le temps [26]. Ainsi, on peut noter l'existence de rétroactions positives liées par exemple à l'amélioration sanitaire du fait du drainage qui rétablit la démographie et permet de mettre en culture ces mêmes marais, mais également des rétroactions négatives lorsque les guerres et l'insécurité ruinent les acteurs et conduisent à une régression forte des infrastructures associées.

Les zones humides de l'estuaire de la Gironde sont délimitées au sein du SAGE « Estuaire de la Gironde et Milieux Associés » par le Plan d'aménagement et

de gestion durable de la ressource en eau adopté par la Commission Locale de l'Eau (17 juin 2013). Elles représentent environ 10 % de la superficie totale et ces zones constituent un ensemble d'écosystèmes d'intérêt fonctionnel et patrimonial majeur au niveau de la région. Aux côtés de cette délimitation fonctionnelle, une délimitation administrative existe et repose principalement sur les communes, les syndicats intercommunaux hydrauliques ou de bassin versant (SIBV), des acteurs publics (conservatoire du littoral, conseil général), et les associations de propriétaires (ASP).

La nécessité de développer des politiques coordonnées à une échelle spatiale plus large s'est progressivement imposée à partir des années 1960 avec la création de dispositifs institutionnels particuliers (ASP et SIBV) encouragée par les communes. Le caractère de bien commun qui caractérise les marais étant mis en avant, une gestion commune territoriale s'est imposée. La gouvernance des zones humides dans l'estuaire de la Gironde se caractérise donc par

une diversité d'acteurs sur le territoire et une pluralité de niveaux d'intervention qui reflètent des compétences partagées entre les propriétaires et leur ASP d'appartenance, et les SIBV. C'est une gouvernance multiniveaux qui repose sur deux types de modèles, à savoir la fusion et l'union. Dans le cadre de l'union il y a mutualisation des moyens techniques mais les ASP continuent à assurer la gestion quotidienne de leur périmètre d'intervention. La fusion, quant à elle, favorise un modèle de gestion centralisé à l'échelle du SIVB. Cette dernière modalité est préférée par les collectivités publiques [46].

Cependant, la priorité en matière d'intérêt public pour les zones humides a aujourd'hui changé. En effet, ce n'est plus l'assainissement et l'éradication des maladies palustres mais la conservation des fonctions assurées par ces écosystèmes qui devient un enjeu majeur pour la collectivité. Sur ce point, on peut noter qu'il persiste des activités économiques au sein de ces zones humides qui entretiennent des relations qui ne sont pas toujours complémentaires avec l'intérêt public, comme c'est le cas avec la poursuite de l'urbanisation ou encore de l'agriculture intensive. Plus récemment, des évolutions législatives ont renforcé la protection des zones humides avec notamment la loi du 23 février 2005 relative au développement des territoires ruraux, la loi d'orientation agricole du 5 janvier 2006 et la loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006. On peut également citer les dispositifs adoptés dans le cadre du Grenelle 1 et 2 afin de restaurer la qualité des eaux et de préserver la biodiversité (exemple de la trame bleue pour la préservation des continuités écologiques des milieux nécessaires au bon état des eaux – DCE).

Par ailleurs, la Loi sur le Développement des Territoires Ruraux (2005) accorde une mission majeure aux ASP dans la gestion des dispositifs hydrauliques favorables aux zones humides. Cette perspective est en adéquation avec une logique préventive et de restauration de ces écosystèmes, riches en biodiversité. Considérant l'importance des zones humides estuariennes, les contours d'une gestion durable de ces écosystèmes, gestion multiniveaux et impliquant de nombreux acteurs du territoire, s'inscrivent dans un contexte réglementaire et institutionnel changeant où les ASP jouent un rôle incontournable dans le déploiement de l'action collective [47].

Comme pour toute zone humide, le compartiment aquatique est déterminant pour les fonctions écosystémiques offertes par ces territoires. Toutefois, le caractère particulièrement anthropique des marais littoraux confère aux choix de gestion hydraulique un rôle prépondérant au cœur de ces équilibres. Ils constituent le facteur forçant essentiel de ces milieux.

Si la gestion quantitative est au cœur du statut « humide », l'appréciation de la résilience de ces milieux ne peut se passer de la connaissance des caractéristiques qualitatives de celles-ci. Les deux sont étroitement imbriquées dans une relation jouant sur les taux de renouvellement et le confinement de ces marais.

Essayer de prédire l'incidence du changement climatique sur les marais rétro littoraux passe donc notamment par une évaluation de la réaction du compartiment aquatique. Or, le fonctionnement des masses d'eaux des marais reste assez mal connu, mais se traduit de manière récurrente par des phénomènes de dystrophie plus ou moins marqués. Aussi, un programme entre l'UNIMA (Union des Marais de la Charente-Maritime), Forum des Marais Atlantiques (FMA) et l'Université de La Rochelle a débuté dans les années 2008 afin de mieux comprendre les facteurs influençant l'apparition des phénomènes de dystrophie et de développer des indicateurs de fonctionnement trophique pouvant traduire un bon fonctionnement des marais (bon état écologique, bonne qualité du milieu). L'étude du compartiment planctonique est apparue pertinente, du fait d'un compartiment biologique très réactif à des changements rapides dans l'hydrosystème [48].

Les communautés planctoniques se succèdent au cours des saisons. Les conditions hydrologiques (teneurs en nutriments) et climatiques vont influencer directement l'apparition des successions planctoniques, dans l'ordre, hiver biologique puis réseau herbivore, réseau multivore faible, équilibré et fort [49]. Des blooms phytoplanctoniques (microalgues) apparaissent dès le début du printemps. Dans un milieu très courant, la rencontre entre les microalgues et les nutriments n'est pas optimale. De plus, la production est directement expulsée vers l'aval du système. Par conséquent, ces efflorescences algales sont favorisées lorsque le milieu présente un écoulement laminaire ou en conditions stagnantes (par exemple au moment de la fermeture des portes à la mer). De manière générale, les nitrates surtout montrent une forte saisonnalité avec des valeurs maximales en hiver résultant du drainage des sols par les précipitations et des valeurs en dessous de la limite de détection pendant la période productive planctonique. Cette consommation de nitrates est fortement liée au développement du phytoplancton qui les assimile. Cependant, elle pourrait aussi bien être associée à des processus d'assimilation par les bactéries ou les macrophytes. Cette forte consommation de nitrates peut incarner la capacité épuratoire du marais (fonction biogéochimique), fonction primordiale des zones humides. Cependant, pour que l'épuration soit réelle, l'azote assimilé par le phytoplancton ou les macrophytes doit être exporté en dehors du système (ou séquestré dans le sédiment), soit physiquement en étant transporté à l'aval du système, soit par voie trophique *via* la prédation. Pour ce dernier mécanisme, le phytoplancton est directement source de nourriture pour des consommateurs primaires, le métazooplancton, à leur tour consommé par des juvéniles de poissons. La fonction habitat-nourricerie est optimale dans ces conditions. Au fur et à mesure de la saison, la maturation du réseau trophique planctonique s'opère, de l'hiver biologique vers un réseau multivore fort [49]. Cette fonction habitat peut être remise en cause lors de phénomènes de dystrophie où la biomasse planctonique est largement dominée par le compartiment bactérien, traduisant des phénomènes d'hypoxie marquée et parfois des développements de blooms de cyanobactéries dont certaines sont toxiques et constituent des impasses trophiques.

En fonction des espèces supérieures (poissons) et de leur tolérance à ces phénomènes, une remise en cause de leur condition d'accueil est possible. De plus, si des macrophytes (notamment la jussie, *Ludwigiasp.*) se développent en grande quantité en plein été, le développement phytoplanctonique est très fortement altéré. En cascade, les compartiments zooplanctoniques sont affectés. Le milieu assure la fonction biogéochimique mais en aucun cas la fonction habitat-nourricerie.

Ainsi, il est essentiel de comprendre le fonctionnement trophique des communautés planctoniques et les altérations possibles (bactéries, jussie, cyanobactéries, rajeunissement du système par apport de nutriments) afin d'en dégager les propriétés du système. L'ambition est de développer des indicateurs de fonctionnement trophique sur l'ensemble des marais rétro littoraux de la région Nouvelle-Aquitaine et de mettre à disposition des gestionnaires de zones humides un outil de diagnostic « indicateur de fonctionnement trophique » pour 1 l'aide à la gestion locale et 2 l'évaluation de l'état de santé des milieux aquatiques en marais ; cet indicateur vient en complément des boîtes à outils multithématiques développées par ailleurs par d'autres groupes experts (ex. boîte à outils « Rhomeo », indicateur du Museum National d'Histoire Naturelle (MNHN), indicateurs Medwet, etc.).

SCÉNARII D'ÉVOLUTION ET INCIDENCE SUR LES FONCTIONS ET LES SERVICES DES ZONES HUMIDES : LE CAS DES MARAIS RÉTRO-LITTORAUX, GÉNÉRALISABLE SUR LA PARTIE AQUATIQUE DES ZONES HUMIDES

Scénarii sur le compartiment planctonique et son fonctionnement trophique

De façon fondamentale, les changements du climat vont agir sur le fonctionnement des communautés planctoniques des marais rétro-littoraux et leurs fonctions/services associés. Ces modifications seront modulées par les choix de gestion qui seront pris en réponse à ce phénomène de changement.

L'augmentation de la température moyenne de la terre et des eaux superficielles vont modifier la biodiversité, les dynamiques et le fonctionnement des réseaux trophiques planctoniques.

Les espèces de phytoplancton (producteurs primaires) seraient potentiellement différentes : les cyanobactéries et les chlorophycées proliféreraient plutôt que les diatomées [50]. La question sur l'altération de la fonction épuratoire se pose. Le zooplancton (consommateurs primaires) serait aussi potentiellement modifié : Garzke *et al.* [51] et Rasconi *et al.* [50] mentionnent que les communautés zooplanctoniques seraient de plus petites tailles (cladocères, copépodes). Les changements de biodiversité impliqueraient de potentiels changements de proies pour les consommateurs secondaires (comme des poissons). La fonction habitat serait alors altérée.

Les dynamiques et le fonctionnement des réseaux trophiques planctoniques pourraient être modifiés à cause de l'élévation de la température. Le passage d'un hiver biologique vers un réseau équilibré et fort serait modifié, et pourrait impacter le recyclage de la matière (boucle microbienne) qui pourrait se faire de façon beaucoup plus précoce et rapide dans la saison. Très tôt dans la saison, les producteurs primaires seraient contrôlés par les consommateurs primaires et secondaires [52].

Une autre piste est que l'augmentation de la teneur en CO₂ pourrait permettre l'augmentation de la production du phytoplancton [50]. La fonction épuratoire (et la pompe à carbone) des eaux du marais serait ainsi largement favorisée jusqu'à la limite de la disponibilité des ressources en nutriments (azote et surtout phosphore en marais). Des modifications de la composition élémentaire du phytoplancton pourraient s'opérer et ainsi jouer sur l'intensité des processus de recyclage et le potentiel de la pompe à carbone. Cependant, le système basculerait très rapidement, par manque de nutriments, sur un système de recyclage de la matière (boucle microbienne très active) et diminuant significativement le piégeage du carbone dans le système (pompe à carbone).

Les périodes d'étiage vont s'accroître et la réalimentation naturelle ou artificielle des marais sera en baisse. Les niveaux d'eaux dans les marais seront en baisse malgré un besoin toujours présent de la ressource en eau pour les usages. Actuellement, dans les marais où les niveaux d'eau sont bas en fin d'été, sont remarqués des phénomènes de dystrophie avec une dominance du compartiment bactérien, traduisant des phénomènes d'hypoxie marquée et parfois des développements de blooms de cyanobactéries dont certaines sont toxiques (UNIMA, FMA, Université de La Rochelle, communication personnelle). Ces phénomènes de dystrophie ne feront qu'augmenter avec le changement climatique. La seule alternative, pour le moment pour éviter les phénomènes de dystrophie, serait d'être capable de renouveler la masse d'eau et/ou d'entretenir correctement les marais en conservant une lame d'eau suffisante servant de volume tampon (entretien régulier et raisonné des marais).



La submersion marine et la fréquence des événements climatiques extrêmes (tempêtes) auront tendance à augmenter. Les marais rétro-littoraux « récupèrent » assez vite en termes de fonctionnement trophique des communautés planctoniques (retour à un réseau trophique multivore équilibré au printemps) après une forte submersion marine (Xynthia en 2010). Ainsi le temps de résilience est de 3 à 4 semaines avec l'aide de l'homme, par remplacement de l'eau de mer par de l'eau douce dans les zones inondées. Mais si la fréquence de ces événements augmente, la question du temps de résilience de ces milieux reste à ce jour une question sans réponse par manque de connaissances fondamentales sur le sujet. Dans tous les cas, les communautés planctoniques auront une grande réactivité face aux changements climatiques.

En cas de maturation précoce du réseau planctonique, la fonction épuratoire des eaux du marais ne serait probablement pas altérée en début de saison, le carbone serait ainsi capté dans le système. Toutefois, les processus de recyclage de la matière s'installeraient ensuite rapidement (activation de la boucle microbienne), avec un fort taux de croissance bactérienne [51] baissant ainsi les besoins en apport de carbone extérieur (diminution de l'activité de la pompe à carbone).



L'impact sur la biodiversité, le développement d'organismes à taux de croissance rapide, la modification de l'efficacité écotrophique du système, nuisant gravement aux peuplements (invertébrés, batraciens, poissons), diminuerait la fonction habitat, entraînant une diminution des services rendus. Les dynamiques des communautés planctoniques pourraient aussi ne

plus correspondre avec les cycles de vie des poissons ou autres organismes.

Même si la résilience apparente des milieux aquatiques peut sembler élevée face à des stress limités dans l'espace (ex. curage d'un marais) ou dans le temps (submersion marine temporaire), elle peut être mise à mal par réduction des renouvellements d'eau et l'intensification de pratiques stressantes pour le milieu (pressions agricoles et urbanisme). Il est donc nécessaire d'acquérir de la connaissance sur la résilience des marais et d'acquérir des indicateurs de bon état des milieux afin de mettre en évidence les altérations de ce « bon état », et à terme établir le lien avec les causes (nature et intensité des pressions sur les milieux). En tenant compte des limites importantes liées au niveau de connaissances actuel sur le fonctionnement et la résilience de ces milieux, la Figure 12 présente différentes réponses envisageables du compartiment planctonique pour chaque scénario d'Adapt'Eau.

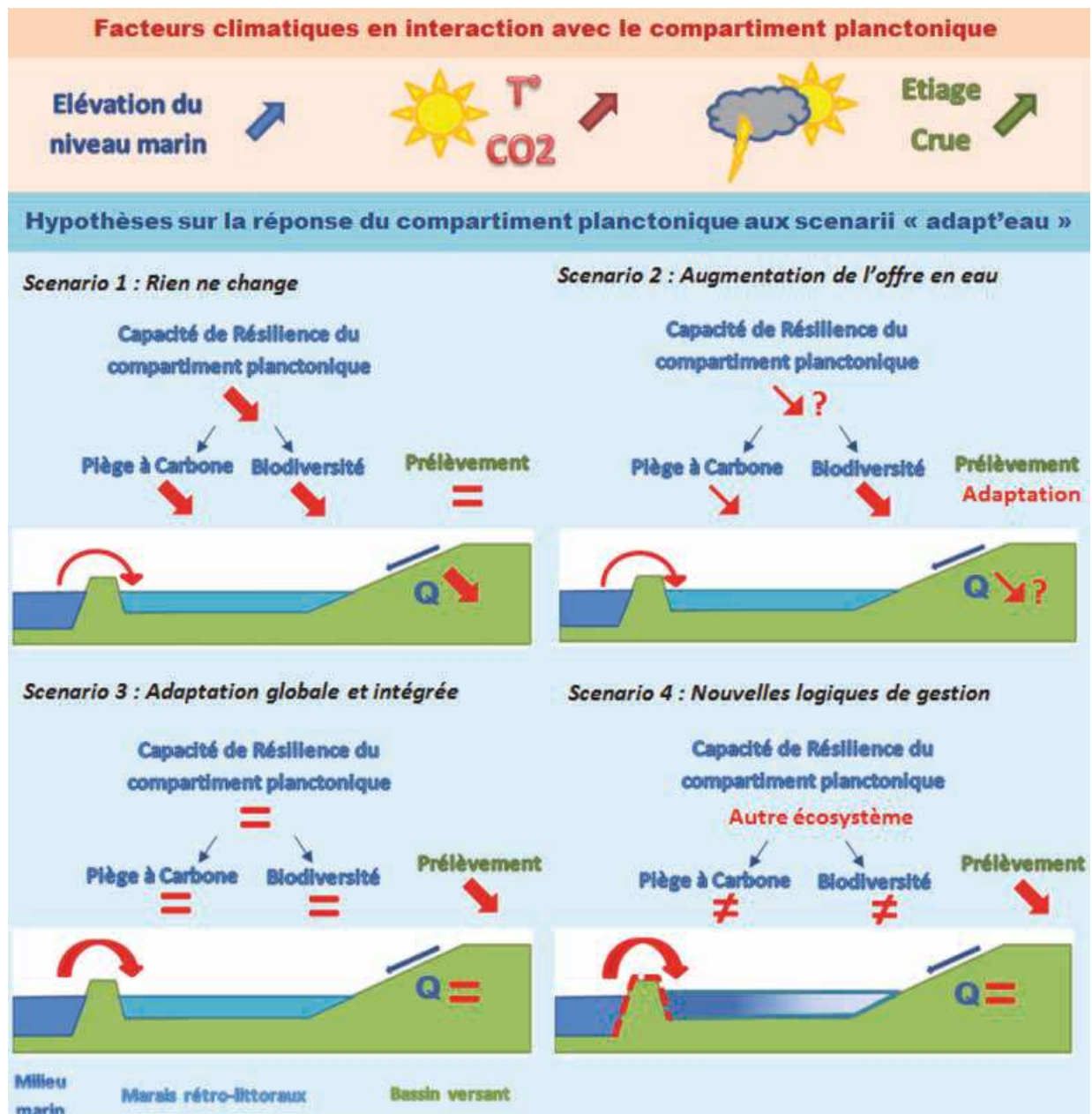


Figure 12: Réponses envisageables du compartiment planctonique aux scénarii d'adaptation au changement climatique.

En conclusion de cette partie, parmi les différentes possibilités ci-dessus, il apparaît que seul le facteur hydraulique représente un levier d'action réaliste pour construire une stratégie visant, pour le compartiment planctonique, à limiter l'incidence du réchauffement climatique voire à agir sur ce dernier.

Ce levier pourrait se décliner en deux axes de gestion comme :

- une augmentation du renouvellement de la masse d'eau par un travail global sur la ressource en eau
- un maintien du volume tampon offert par la hauteur de la lame d'eau par un entretien régulier et raisonné du réseau de canaux des marais (avec toutefois un risque de l'effet d'un curage de marais sur le compartiment planctonique encore en cours d'étude à ce jour et donc inconnu).

Scénarii généraux pour les marais littoraux

Il est proposé d'aborder de manière synthétique les cas de figures que nous voyons se dégager au vu des connaissances expertes actuelles. Trois facteurs forçant principaux seront retenus pour dessiner les cas suivants :

1. l'occupation agricole des sols, sous influence de la PAC (Politique agricole Commune européenne) et des politiques agricoles nationales ;
 2. les déficits hydriques à l'étiage nécessitant des ré-alimentations à partir des cours d'eau ;
 3. l'occurrence des expositions au risque de submersions (marines seule – et éventuellement fluviale conjointe). De manière synthétique les tendances sur ces trois facteurs forçant sont les suivantes :
- Une tendance forte d'allongement de la période d'étiage et de déficit hydrique. Les besoins en réalimentation s'accroissent dans la durée, et doivent faire l'objet de négociations tendues pour ménager les débits réservés pour les cours d'eau. Ce partage contribue à l'appauvrissement des débits d'alimentation estuariens connexes, amplifiant les problèmes de bouchon vaseux et de remontée du front de salé en amont.
 - La politique agricole commune favorisant le subventionnement des cultures céréalières intensives, au détriment de l'élevage (extensif ou non), la demande en eau pour les zones de marais dédiées à cet usage demeure importante au printemps et l'été (et bas l'hiver). En l'absence d'entretien des réseaux hydrauliques tertiaires (tours de parcelles), qui se généralise dû aux manques de moyens des privés, et au recul de l'élevage qui occupe les espaces prairiaux, l'envasement de 60 à 80 % des réseaux se poursuit. Pour maintenir le rôle de clôture des fossés, la demande est orientée vers le maintien d'un niveau d'eau élevé l'été (au-dessus des vases qui s'accumulent). Au niveau du régime hydrolo-

gique, il faut noter que les niveaux d'eau induits sont inverses au régime naturel (haut l'hiver, s'amenuisant l'été). Les pratiques actuelles sont d'évacuer les excédents hivernaux à la mer (pour éviter l'engorgement des semis) et d'alimenter les marais en eau de rivière pour conserver un niveau élevé de la nappe phréatique associée (pour éviter l'irrigation, et maintenir le rôle de clôture des fossés de bordure). En dépit de conflits d'usage, ces pratiques sont dans l'ensemble durablement installées dans les marais de culture et d'élevage, dont les usages imposent des niveaux hauts l'été et en début d'automne (pêche, chasse, loisir vert, certaines pratiques conservatoires).

- Les aléas de submersions marines sont demeurés faibles jusque dans les années 1980 même si celles-ci se sont produites à plusieurs reprises lors du siècle précédent. Toutefois, les météorologues s'entendent pour dire que l'exposition à cet aléa va croissant. Il s'est produit 2 submersions (1999, 2010) qui ont induit des temps de séjour de quelques jours à plusieurs semaines. Les stratégies de protection réalisées dans l'urgence pour y remédier ont consisté pour l'essentiel à restaurer ou renforcer les systèmes d'endiguement, et/ou améliorer les dispositifs hydrauliques de ressuiement (pour l'évacuation des trop-pleins). De rares cas de système intégrés (endiguements submersibles compartimentés à remplissage progressif) et/ou de dépollérisation ont été entrepris, très peu de relocalisations d'activités ou d'usages ont été réalisés. Sur ce troisième facteur les occurrences statistiques de submersion sur les secteurs encore exposés à court et moyen terme demeurent incertaines, mais il est probable que leur impact sur les usages du sol sera contrasté en fonction de leur fréquence d'exposition.



À partir de ces tendances, et selon les combinaisons de ces facteurs, deux cas d'évolution tendancielle sont envisageables :

Cas 1 : Statu quo sur l'usage de l'eau et aléa de submersion peu fréquent

Les périodes d'étiage demeurent rallongées et la profession agricole obtient un partage de l'eau satisfaisant au maintien de l'activité céréalière et à l'élevage, dans le cadre d'une gouvernance qui maintient le statu quo des équilibres actuels (maintien de la PAC). La déprise de l'élevage se poursuit en raison de la chute des cours et l'indigence des aides publiques. Les zones prairiales s'enfrichent sans reprise par les grandes cultures (interdictions légales), le réseau hydraulique s'envase, hormis sur les grands axes et en zones de grandes cultures, par abandon du curage du réseau prairial. L'exposition à l'atterrissement de ces zones s'intensifie, mais demeure réversible à 50 ans. L'aléa de submersion demeure à une occurrence à 1 pour 20 ans.

Au vu de la résilience des systèmes cultureux et prairiaux à la suite de Martin et Xynthia, la tenue des systèmes de culture et des prairies sont possibles (lessivage du sel en un à deux hivers).

La richesse écologique des milieux est suspendue à la gestion hydraulique de ces milieux semi-naturels. Les territoires en culture organisés en îlots concentrés conservent une faible typicité et richesse biologique, et les zones prairiales qui offraient anciennement un fort potentiel de biodiversité connaissant une déprise progressive, s'exposent à une fermeture lente du paysage et un glissement de typicité vers des milieux humides semi-arborés pour, à terme (100 à 150 ans), s'atterrir et s'arborer (en dehors des zones soumises à l'aléa de submersion prolongée).

Lien avec scénarii 1 et 2 du chapitre « Disponibilité de l'eau et changement climatique ».

Cas 2 : *Statu quo* sur l'usage de l'eau et aléa de submersion fréquent

À situation agricole et gouvernance équivalentes, l'aléa de submersion est de 1 à 2 par décennie. Un effort des renforcements et rehaussement des digues par les pouvoirs publics est réalisé surtout dans les zones urbanisées. Au vu de la résilience des systèmes cultureux et prairiaux à la suite de Martin et Xynthia (lessivage du sel en un à deux hivers), la tenue des systèmes de culture atteint un seuil de non-rentabilité économique. En effet pour les exploitants ne disposant pas des ressources (trésorerie pour gypser les sols) et/ou des infrastructures (réseau drainant de ressuyage rapide) pour favoriser un lessivage dans la saison suivante, l'équilibre économique peut être mis en péril au bout de quelques submersions. Un pourcentage d'exploitations les plus fragiles, dans l'élevage et les grandes cultures, opère un retrait stratégique partiel de parcelles exploitées dès la seconde submersion. Les autres pratiquent ce retrait à partir des 4^e et 5^e (10 à 20 ans), plus par lassitude que par manque de moyens.

À terme l'emprise de ces usages se réduit, les milieux humides prennent une connotation mixte, avec des gradients salés, les endiguements des zones abandonnées hors zone urbaine se fragilisent. Des dispositifs de réduction des risques d'ilotage par submersion par contournement s'imposent sur les zones urbaines.



La biodiversité bénéficie progressivement du retrait des activités intensives, tout en connaissant des phases de transitions mosaïquées dans le temps et l'espace. La typicité purement « eau douce » recule en faveur d'espaces à salures intermédiaires, tandis que la biodiversité marine prend place temporairement sur une partie de l'espace.

Lien avec scénarii 2 et 3 du Disponibilité de l'eau et changement climatique. Les cas de figure des scénarii 3 et 4 du chapitre précité sont difficilement imaginables sans référentiels fonctionnels plus complets au niveau des hydrosystèmes de marais littoraux. Les systèmes artificialisés ne pouvant pas se référer à des états naturels pour prévoir des trajectoires écologiques, il demeure capital de développer ces connaissances (recherche-action, ingénierie) pour envisager des gains et les pertes fonctionnelles et de biodiversité. À cet effet, le développement d'indicateurs et leur déploiement sont des éléments clefs de cette connaissance. L'indicateur d'évaluation de la qualité trophique des milieux aquatiques peut avantageusement y contribuer. Il peut y jouer un rôle dans l'acquisition des connaissances fonctionnelles (écologie aquatique) et de révélateur du monde qui change (pression climatique, et liens milieux/usage).

Il est à noter que l'évolution des marais littoraux est également imaginée par différents groupes d'intérêt dont les visions et les modes d'actions sont partagés par une fraction croissante de la population. Ces groupes (associations : APN, pêche, chasse... ; structures parapubliques et publiques : conservatoires, État, collectivités territoriales, communes...) œuvrent avec énergie dans différents domaines : il s'agit de réduire l'emprise de l'agriculture intensive, redonner une place accrue à la gestion pastorale, glisser vers des régimes hydrologiques plus conformes au modèle naturel, modérer la consommation d'eau fluviale, réduire la pression urbaine, modérer et adapter le tourisme, augmenter la gestion conservatoire ; et commencer à réfléchir au retrait stratégique dans les zones humides exposées au risque de submersion.

Ces acteurs agissent dans un sens qui concorderait avec la proposition des scénarii 3 et 4 du chapitre « Disponibilité de l'eau et changement climatique ».

4 PERSPECTIVES

Dans un contexte de changement climatique, la préservation des zones humides constitue un enjeu de taille pour les territoires de Nouvelle-Aquitaine. Cette perspective peut être envisagée comme une coévolution des systèmes humains avec les systèmes naturels afin de rendre compte des processus de changements qui interviennent au sein des éléments des systèmes mais aussi entre les deux systèmes [53].

Pour y parvenir, il devient urgent de définir la gestion durable des zones humides à partir d'une grille conceptuelle et opérationnelle à l'échelle globale. Dans cette perspective, une approche en termes de limites écologiques appliquées aux zones humides pourrait indiquer les seuils à l'intérieur desquels il serait possible de développer des activités humaines et économiques sans porter préjudice au fonctionnement des zones humides considérées. Ce faisant, elle permettrait d'appréhender la résilience des socioécosystèmes en se focalisant sur l'interface fonctionnalités-services.

Le développement de travaux interdisciplinaires complémentaires constitue ainsi une piste à poursuivre à la fois pour une meilleure compréhension des processus naturels à l'œuvre et en interaction avec les activités humaines qui s'organisent sur le territoire soumis aux changements climatiques.

BESOIN DE DESCRIPTEURS

Les zones humides ont longtemps été étudiées pour la biodiversité qu'elles abritent. La caractérisation des fonctions écosystémiques que ces territoires offrent est plus récente et tout particulièrement pour ce qui concerne le compartiment hydrique.

Ainsi, elles n'en demeurent pas moins un élément clé de l'atteinte du Bon État prescrit par la DCE. Elles sont de plus en plus prises en compte dans l'application française de la DCE via les programmes territoriaux et outils des agences de l'eau, où la notion de masses d'eaux est prépondérante. Cependant, il est primordial qu'elles y occupent à l'avenir une place plus importante encore, à la mesure des enjeux hydro-écologiques et sociétaux qu'elles représentent.

En vue de définir une politique d'action en réponse au réchauffement climatique, le développement d'un panel d'outils permettant de cartographier tous les types de zones humides, de décrire et d'évaluer les fonctions de ces milieux est essentiel. En effet, une meilleure description des fonctions écosystémiques permet en premier lieu d'identifier les leviers d'action sur lesquels seront bâties les différentes stratégies d'intervention, mais aussi d'anticiper l'incidence globale de ces politiques.

Pour reprendre l'exemple du compartiment planctonique, le développement de descripteurs fonctionnels permettrait de préciser la capacité de résilience de la masse d'eau selon les différents scénarii de gestion de l'eau et ainsi évaluer leur incidence sur les fonctions biogéochimiques (épuration) et habitat (biodiversité) du compartiment aquatique. Ceci permettrait de plus de disposer d'outils spécifiques à ces milieux pour suivre et évaluer les politiques d'action retenues, ce qui même dans le cadre strict de la DCE pose question en vue de la définition du Bon État.

Dans ce contexte, il est également primordial d'apprécier l'évolution des zones humides à partir d'un exercice de prospective territoriale, et cela dans un contexte marqué par de nombreuses incertitudes quant aux effets des changements climatiques. Un tel exercice peut compléter celui réalisé par le Conservatoire du Littoral sur l'évolution des territoires littoraux à l'horizon 2030 à la fois sur le plan socio-économique (urbanisation) et sur le plan des impacts climatiques [54]. La construction de scénarios à partir d'hypothèses relatives au risque de submersion marine ou à l'érosion pourrait rendre compte de nouveaux enjeux en matière de gestion intégrée du littoral. En ouvrant le champ des possibles, il serait possible d'identifier les transformations des zones humides et de leurs usages et d'entreprendre l'évaluation de ces socioécosystèmes particuliers à la fois en termes de patrimoine biologique et de services délivrés à la société. De tels enjeux sociétaux ne peuvent demeurer absents du domaine de l'action publique et invitent à reconsidérer la place des interdépendances entre les populations et ces écosystèmes dans l'élaboration des politiques publiques. Cette perspective conduit alors à s'interroger sur la manière de définir et mesurer la résilience des zones humides en privilégiant une approche de nature systémique susceptible de rendre compte de la dynamique complexe de ces socioécosystèmes.