



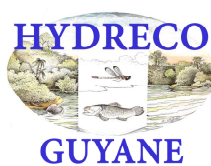
MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE,  
DE L'ÉNERGIE



## Vulnérabilité des milieux aquatiques et de leurs écosystèmes

Étude des zones humides

Octobre 2012



## SOMMAIRE

<b>1.</b>	<b>CONTEXTE GENERAL ET OBJECTIFS DE L'ETUDE</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>CONNAISSANCES ACTUELLES DES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES ZONES HUMIDES</b>	<b>7</b>
<b>2.1.</b>	<b>DEFINITION D'UNE ZONE HUMIDE</b>	<b>7</b>
<b>2.1.</b>	<b>TYPOLOGIE DES ZONES HUMIDES</b>	<b>8</b>
<b>2.2.</b>	<b>LA VULNERABILITE DES ZONES HUMIDES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE</b>	<b>9</b>
2.2.1.	LE CHANGEMENT CLIMATIQUE : QUELS IMPACTS ?	10
2.2.2.	CONSEQUENCES SUR LES COMMUNAUTES ET LES ESPECES INFEODEES AUX ZONES HUMIDES	11
2.2.3.	RÉFÉRENCES	13
<b>3.</b>	<b>METHODOLOGIE</b>	<b>16</b>
<b>3.1.</b>	<b>PRINCIPE GENERAL</b>	<b>16</b>
<b>3.2.</b>	<b>CRITERES DE SELECTION DES ZONES HUMIDES EN FRANCE METROPOLITAINE</b>	<b>16</b>
<b>3.3.</b>	<b>PRESENTATION DES ZONES HUMIDES RETENUES DANS LE CADRE DE CETTE ETUDE</b>	<b>17</b>
<b>3.4.</b>	<b>ELABORATION DE LA TYPOLOGIE DES HABITATS</b>	<b>19</b>
<b>3.5.</b>	<b>EVALUATION DES SERVICES ECOSYSTEMIQUES</b>	<b>19</b>
<b>3.1.</b>	<b>CONSTRUCTION DES INDICES DE SENSIBILITE</b>	<b>22</b>
<b>3.1.</b>	<b>EVALUATION DE L'EXPOSITION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE</b>	<b>23</b>
<b>3.2.</b>	<b>VULNERABILITE DES HABITATS ET DES SERVICES ECOSYSTEMIQUES</b>	<b>24</b>
<b>4.</b>	<b>PRESENTATION DES ZONES HUMIDES</b>	<b>25</b>
<b>4.1.</b>	<b>LES ZONES HUMIDES DES PLAINES INTERIEURES</b>	<b>25</b>
4.1.1.	LA BRENNE	25
4.1.2.	LA DOMBES	28
4.1.3.	LA SOLOGNE	32
<b>4.2.</b>	<b>LES ZONES HUMIDES DES VALLEES ALLUVIALES</b>	<b>36</b>
4.2.1.	LA VALLEE ALLUVIALE DES BARTHES DE L'ADOUR	36
4.2.2.	LA VALLEE ALLUVIALE DU RHIN-RIED-BRUCH	40
4.2.3.	LA VALLEE ALLUVIALE DE LA BASSEE	43
<b>4.3.</b>	<b>LES ZONES HUMIDES DU LITTORAL MEDITERRANEEN</b>	<b>50</b>
4.3.1.	L'ETANG DE MAUGUIO	50
4.3.2.	LA LAGUNE DE THAU	54
4.3.3.	LES ETANGS DE LA NARBONNAISE	58
4.3.4.	L'ETANG DE CANET-SAINT-NAZAIRE	63
4.3.5.	LA GRANDE MAÏRE	66
<b>5.</b>	<b>EVALUATION DES SERVICES ECOSYSTEMIQUES RENDUS PAR QUATRE</b>	

	<b>ZONES HUMIDES</b>	<b>71</b>
<b>5.1.</b>	<b>LA DOMBES</b>	<b>71</b>
<b>5.2.</b>	<b>LA VALLEE ALLUVIALE DE LA BASSEE</b>	<b>87</b>
<b>5.3.</b>	<b>L'ETANG DE MAUGUIO</b>	<b>94</b>
<b>5.4.</b>	<b>LA LAGUNE DE THAU</b>	<b>99</b>
<b>6.</b>	<b>VULNERABILITE DES ZONES HUMIDES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE</b>	<b>106</b>
<b>6.1.</b>	<b>ZONES HUMIDES DES PLAINES INTERIEURES</b>	<b>106</b>
6.1.1.	SENSIBILITE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE	106
6.1.2.	EXPOSITION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE	107
6.1.3.	VULNERABILITE DES ZONES HUMIDES	108
<b>6.2.</b>	<b>ZONES HUMIDES DES VALLES ALLUVIALES</b>	<b>111</b>
6.2.1.	SENSIBILITE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE	112
6.2.2.	EXPOSITION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE	112
6.2.3.	VULNERABILITE DES ZONES HUMIDES	114
<b>6.3.</b>	<b>ZONES HUMIDES DU LITTORAL MEDITERRANEEN</b>	<b>118</b>
6.3.1.	SENSIBILITE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE	118
6.3.2.	EXPOSITION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE	121
6.3.2.1.	<i>Submersion temporaire et permanente</i>	121
6.3.2.2.	<i>Données climatiques et hydrologiques</i>	122
6.3.2.3.	<i>Processus de comblement</i>	124
6.3.3.	VULNERABILITE DES ZONES HUMIDES	125
<b>7.</b>	<b>DISCUSSION GENERALE ET PROPOSITION DE MESURES D'ADAPTATION</b>	<b>130</b>
<b>7.1.</b>	<b>INCERTITUDES LIEES AUX RESULTATS DE CETTE ETUDE</b>	<b>130</b>
<b>7.2.</b>	<b>ANALYSE DE VULNERABILITE</b>	<b>131</b>
7.2.1.	LES ZONES HUMIDES DES PLAINES INTERIEURES	132
7.2.2.	LES ZONES HUMIDES DE VALLEES ALLUVIALES	134
7.2.3.	LES LAGUNES DU LITTORAL MEDITERRANEEN	135
<b>7.3.</b>	<b>PROPOSITION DE MESURES D'ADAPTATION</b>	<b>139</b>
7.3.1.	SYNTHESE	139
7.3.2.	CAS SPECIFIQUE DES ZONES HUMIDES ETUDIEES DANS LE CADRE DU PROJET EXPLORE 2070141	
<b>7.4.</b>	<b>CONCLUSION</b>	<b>143</b>

## 1. **CONTEXTE GÉNÉRAL ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE**

« Les zones humides et leurs services écosystémiques sont extrêmement précieux pour tous les peuples du monde »: c'est une des conclusions majeures du Groupe d'évaluation scientifique et technique (GEST) de Ramsar, émanant de l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire (MEA). En effet, les zones humides représentent non seulement des cœurs de biodiversité mais fournissent également un grand nombre de services écosystémiques à la société en contribuant au maintien et à l'amélioration de la qualité de l'eau, à la régulation des régimes hydrologiques ou encore à la régulation du climat local et global. Ces milieux constituent également un support d'activités touristiques ou récréatives socialement et économiquement importantes.

D'après le rapport du GIEC (2007), les zones humides sont parmi les écosystèmes les plus vulnérables au changement climatique, la dégradation et la perte de ces milieux étant plus rapides que celles de tout autre écosystème. Selon les différents scénarios climatiques, celles-ci pourraient être touchées par les modifications des régimes des précipitations, les sécheresses, les tempêtes et les inondations plus fréquentes ou plus intenses. La fonte des neiges précoces ou encore la diminution des précipitations neigeuses impacteront dans un premier temps les zones humides situées en tête de bassin versant mais également les débits des cours d'eau aval et milieux humides associés. Dans le cas des zones humides côtières, l'augmentation du niveau de la mer et la modification des patrons de précipitations pourraient affecter la salinité, l'apport de sédiments et des matières nutritives, et donc le fonctionnement général de ces milieux. En outre, les déficiences en matière de gestion de l'eau et l'inéquation croissante entre la demande et l'offre en eau exerceront très probablement des pressions de plus en plus fortes sur ces milieux. Ainsi, la mise en place de mesures de gestion adaptées sera primordiale pour la conservation de la biodiversité mais également le maintien des services qui en découlent (écrêtage des crues, approvisionnement en eau, alimentation, etc.).

A l'issue de ce constat, les résolutions VIII.3 puis X.24 établies dans le cadre de la convention de Ramsar, ont appelé « les parties contractantes à gérer rationnellement les zones humides de façon à réduire les multiples pressions auxquelles elles sont soumises et renforcer ainsi leur résilience aux changements climatiques [...] (résolution X.24, art. 28, 2002) ». Elles prient également de « s'assurer que les garanties et mécanismes nécessaires sont en place pour maintenir les caractéristiques écologiques des zones humides, particulièrement en ce qui concerne l'eau disponible pour les écosystèmes de zones humides, face aux changements provoqués par le climat et aux changements annoncés en matière de répartition et de disponibilité de l'eau dus aux effets directs du changement climatique et aux mesures prises par la société pour y remédier (convention X.24, art. 29) ». En parallèle, le plan d'action national en faveur des zones humides (2010)<sup>1</sup> a souligné l'urgence de mettre en place des suivis à long-terme permettant d'évaluer l'évolution des zones humides en réponse au dérèglement climatique. Il prévoit également de préparer un projet de résolution sur les zones humides et le changement climatique pour la prochaine conférence des parties de la convention de Ramsar.

Le projet EXPLORE 2070 s'est inscrit dans cette dynamique afin d'éclairer, à partir de cas d'étude précis, les politiques publiques et gestionnaires en matière d'impact du changement climatique sur les zones humides. Plus précisément, il s'agissait de :

- Évaluer la vulnérabilité de onze zones humides et de leurs services écosystémiques vis-à-vis du changement climatique en France métropolitaine sur la base de données climatiques et hydrologiques produites dans le cadre du projet Explore 2070 (voir liste des zones humides dans la section méthodologique). La démarche développée a consisté à évaluer la sensibilité, l'exposition et la capacité d'adaptation de ces milieux. La caractérisation des conditions stationnelles propres à chacune de ces zones humides (diagnostic, sensibilité) a constitué une

<sup>1</sup> Mise en ligne sur le site du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie.

étape essentielle dans la réalisation de cette étude.

- Proposer des mesures d'adaptation en vue de réduire leur vulnérabilité ;

Le champ d'étude a concerné :

- La France métropolitaine. Cependant, une étude complémentaire a porté sur deux étangs situés sur l'Île de la Réunion (voir rapport disponible sur le site web du projet : <http://explore2070.oieau.fr/explore/index.php>) ;
- La biodiversité aquatique et terrestre abordée principalement à l'échelle de l'habitat ;
- Les impacts directs du changement climatique incluant l'évolution des régimes de précipitation, des ressources en eau (débit et niveau piézométrique des nappes) et l'élévation du niveau de la mer (scénario A1b du GIEC). Les effets directs d'une augmentation de la température de l'air n'ont pas été pris en compte. De même, le manque de données et/ou de connaissances n'a pas permis d'aborder l'impact indirect du changement climatique (effet sur l'introduction d'espèces envahissantes ou encore sur la qualité des eaux). Ces points sont cependant abordés dans la discussion générale.

Les livrables de ce travail sont :

- Une synthèse bibliographique de l'existant concernant l'impact du changement climatique sur les zones humides en France métropolitaine ;
- Un rapport final ;
- Des fiches synthétiques par zone humide résumant les principaux résultats ;
- La mise en ligne des résultats obtenus sur le site du projet Explore 2070.

Ce document a été structuré en trois parties :

- La première partie est une synthèse des connaissances actuelles concernant l'impact du changement climatique sur les zones humides. Elle s'appuie sur la littérature scientifique mais également sur plusieurs rapports publiés récemment dont la synthèse bibliographique réalisée par le GIP ECOFOR<sup>2</sup> en 2011 et le rapport publié en 2007 par l'IRSTEA<sup>3</sup> ;
- La seconde partie est une présentation des différentes zones humides étudiées dans le cadre de ce projet. Suivant la nomenclature de l'Observatoire National des Zones Humides, ces zones humides ont été regroupées selon trois grands types : les zones humides des vallées alluviales, les zones humides des plaines intérieures et celles situées sur le littoral Méditerranéen. Pour chacune de ces zones humides, une caractérisation fine du fonctionnement hydrologique et des habitats naturels a été réalisée sur la base d'éléments structurels (localisation, types de milieux, superficie par habitat, pédologie, présence des masses d'eau, etc.). Les contraintes et enjeux actuels liés à la conservation de ces milieux sont également présentés. Enfin, pour certaines zones humides, les services écosystémiques rendus par ces milieux ont été évalués.
- La troisième partie se base sur les résultats produits par les partenaires du projet (projections climatiques et évolution des ressources en eau à l'horizon 2070) afin d'évaluer la vulnérabilité de ces écosystèmes et, pour certaines zones humides, des services écosystémiques. Des mesures d'adaptation sont également proposées dans le but de réduire les niveaux de vulnérabilité.

Des fiches synthétiques par zone humide sont fournies en annexes et également mises à disposition sur le site internet du projet Explore 2070 à l'adresse suivante :

<http://explore2070.oieau.fr/explore/index.php>

---

<sup>2</sup> Massu N, Landmann G. Coord. 2011. Connaissances des impacts du changement climatique sur la biodiversité en France métropolitaine, synthèse de la bibliographie. Mars 2011. ECOFOR. 180p.

<sup>3</sup> Sauquet E, Ramos MH, Souchon Y. 2007. Quelles incidences des hypothèses de changement climatique à prendre en compte dans la révision du SDAGE du bassin Rhône-Méditerranée ?

Les résultats de cette étude ne doivent en aucun cas être considérés comme des prévisions. Il s'agit de scénarios d'évolution possible des zones humides sous l'effet du changement climatique.

### **Les auteurs**

Florence BAPTIST, BIOTOPE  
Suzanne COTILLON, BIOTOPE  
Jérémy CORNET, BIOTOPE  
Alizée DUBOIS, BIOTOPE  
Gwenaëlle FAHRNER, BIOTOPE  
Olivier PELEGRIN, BIOTOPE  
Thierry DISCA, BIOTOPE  
Claire POINSOT, BIOTOPE  
Sylvain LECKI, BIOTOPE

### **Les membres du groupe de suivi de l'étude**

Xavier DE LACAZE (MEDDE), Vassilis SPYRATOS (MEDDE), Nirmala SEON-MASSIN (ONEMA), Nicolas POULET (ONEMA), Geneviève BARNAUD (MNHN), Jean-marie MOUCHEL (PIREN-Seine), Julie FABRE (Agence de l'eau RMC).

### **Contributeurs (données, bibliographie, expertise) :**

Muséum national d'Histoire Naturelle, ONEMA, Pôle-relais zones humides, Association Barthes nature, DEAL Guyane, CREN Aquitaine, CPIE Seignanx Adour, DREAL Aquitaine, Institution Adour, CG Ain, DDT Ain, DREAL Rhône-Alpes, ISARA, Fédération de pêche de l'Ain, ONCFS, Syndicat de rivière de la Chalaronne, Syndicat de rivière de la Veyle, CREN Centre, CEN Centre Coordinatrice de l'antenne Indre-et-Loire/Loir-et-Cher, CRPF Ile-de-France et Centre, DREAL Centre, MNHN – CBNBP – Région Centre, Syndicat d'entretien du Bassin de Beuvron, Agence de l'eau Rhin-Meuse, Association Rhin vivant, Conservatoires des Sites de l'Alsace, DREAL Alsace, Fédération de pêche du Bas-Rhin, Université de Metz, DREAL Ile de France, Agence de l'eau Seine-Normandie, Laboratoire Montpellierain d'Economie Théorique et Appliquée, Thau Agglo, Syndicat Mixte du Bassin de Thau, Syndicat Mixte du Bassin de l'Or.

## **2. CONNAISSANCES ACTUELLES DES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES ZONES HUMIDES**

### **2.1. DÉFINITION D'UNE ZONE HUMIDE**

La définition des zones humides est variable en fonction des textes considérés (Poinsot, 2002). Les deux définitions, officiellement reconnues en France, comportent des références à la présence d'eau sous des formes variées. La première a été adoptée en 1986, lorsque la France a ratifié la Convention Ramsar (Iran, 1971) :

*"Les zones humides sont des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres". De plus le texte précise que les zones humides "pourront inclure des zones de rives ou de côtes adjacentes à la zone humide et des îles ou étendues d'eau marine d'une profondeur supérieure à six mètres à marée basse, entourées par la zone humide".*

La deuxième définition se trouve dans la loi sur l'eau (J.O. 4/01/92), dont l'objectif est la gestion qualitative et quantitative des ressources en eau. Elle résulte de la consultation d'experts français et du travail d'un juriste, à la demande du ministère de l'Environnement en 1991. L'hydrologie et la présence d'une végétation typique sont les facteurs déterminants :

*"On entend par zone humide les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année".*

Enfin, une définition plus précise a été élaborée en 1991 par des experts français :

*"Les zones humides se caractérisent par la présence, permanente ou temporaire, en surface ou à faible profondeur dans le sol, d'eau disponible douce, saumâtre ou salée. Souvent en position d'interface, de transition, entre milieux terrestres et milieux aquatiques, elles se distinguent par une faible profondeur d'eau, des sols hydromorphes ou non évolués, et/ou une végétation dominante composée de plantes hygrophiles au moins pendant une partie de l'année. Enfin, elles nourrissent et/ou abritent de façon continue ou momentanée des espèces animales inféodées à ces espaces. Les zones humides correspondent au marais, marécages, fondrières, fagnes, pannes, roselières, tourbières, prairies humides, marais agricoles, landes et bois marécageux, forêts alluviales et ripisylves marécageuses, mares y compris les temporaires, étangs, bras morts, grèves à émergence saisonnière, vasières, lagunes, prés salés, marais salicoles, sansouires, rizières, mangroves, etc. Elles se trouvent en lisière de sources, de ruisseaux, de fleuves, de lacs, en bordure de mer, de baies et d'estuaires, dans les deltas, dans les dépressions de vallée ou les zones de suintement à flanc de collines" (Barnaud, 1991).*

Cette description, plus complète, avait le mérite de pallier les carences de la définition de la loi sur l'eau, qui est loin de faire l'unanimité. Les experts sur le terrain se heurtent à des difficultés d'interprétation et notamment du « *habituellement inondés* ». En effet, le texte de la Loi sur l'eau fait abstraction de toute notion de temporalité et de spatialité (Barnaud, 1998). Temporalité, car ces milieux ne sont pas tous humides en permanence et peuvent ne pas être inondés pendant plus d'un an et donc présenter une végétation sans plantes hygrophiles. Spatialité, car, définir ainsi les zones

humides, c'est ne pas tenir compte des interrelations, de la diversité, de la mosaïque de milieux les constituant.

## **2.1. TYPOLOGIE DES ZONES HUMIDES**

La Convention de Ramsar sur les zones humides d'importance internationale a réalisé un classement précis, valable à l'échelle mondiale, des différentes catégories de zones humides, y compris celles artificielles. La première version officielle date de 1990, Cette classification a été complétée depuis et comporte 42 types (12 zones humides marines-côtières, 20 intérieures et 10 artificielles). A l'échelle Européenne, deux typologies existent, incluant la nomenclature des habitats naturels de la directive habitats (ann. I) de 1992 et celle d'EUNIS (European Union Nature Information System) qui en découle. A l'échelle nationale, la nomenclature de Corine Land Cover (version 2000) comprend 44 postes ciblés sur l'occupation biophysique du sol, c'est-à-dire sur la nature des objets (forêts, cultures, surfaces en eau, roches affleurantes..), et non sur son utilisation (agriculture, habitat...). Pour les extractions concernant les zones humides, différentes rubriques doivent être sélectionnées tels que « Zones Humides » et « Surfaces en eau », mais aussi dans certains cas « Forêts et milieux semi-naturels », « Territoires agricoles » etc.

D'autres typologies spécifiques aux zones humides ont également été produites. L'Observatoire National des Zones Humides (ONZH) rassemble, par exemple, les zones humides d'importance majeure en quatre grandes catégories, selon un critère biogéographique : les zones humides alluviales, les zones humides intérieures, les zones humides littorales méditerranéennes et les zones humides des façades atlantiques, Manche et Mer du nord. L'objectif premier de ce travail était de mettre en place un dispositif d'évaluation des effets des politiques sectorielles sur des zones humides métropolitaines, en constituant un échantillon représentatif des principaux types reflétant des caractéristiques écologiques et socio-économiques. Les zones humides concernées sont celles ayant un intérêt dans la conservation d'espèces dites "patrimoniales" (correspondant à un certain degré de rareté) ou d'écosystèmes, ou ayant un intérêt dans la gestion de l'eau, par exemple.

Enfin, une typologie nationale à usage des SDAGE (Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux) a été produite en 1995, distinguant dans la mesure du possible des groupes de situations analogues par les enjeux environnementaux, les acteurs et les conflits suscités par leur gestion, par la gravité de leur dégradation et leurs perspectives d'évolution future. Il s'agit d'unités hydrogéomorphologiques et de composantes paysagères perceptibles (Barnaud et Fustec, 2007). Pour les SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux), des correspondances indicatives avec des types d'habitats Corine ont été proposées. Ce travail a abouti à la classification présentée dans le tableau ci-dessous (Tableau 2.1.1).

**Dans le cadre de cette étude, nous nous sommes appuyés sur la nomenclature mise en œuvre par l'ONZH (voir section méthodologique).**

<b>Les 13 grands types de zones humides (la typologie SDAGE / SAGE)</b>	
<b>SDAGE</b>	<b>SAGE</b>
Système typologique applicable aux Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux, version du 20 Février 1996.	Au niveau du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux, il s'agit de correspondances indicatives établies à partir du critère habitats et non d'une typologie intégrant les fonctions écologiques et services rendus par les zones humides.
1 - Grands estuaires 2 - Baies et estuaires moyens plats 3 - Marais et lagunes côtiers	Herbiers, Récifs Vasière Prés salés Arrière dune



<b>Les 13 grands types de zones humides (la typologie SDAGE / SAGE)</b>	
	Lagune
4 - Marais saumâtres aménagés	Marais salant Bassin aquacole
5 - Bordures de cours d'eau 6 - Plaines alluviales 7 - Zones humides de bas-fond en tête de bassin	Ripisylve Forêt alluviale Prairie inondable Roselière, Cariçaie Végétation aquatique Marais d'altitude
8 - Régions d'étangs 9 - Bordures de plans d'eau (lacs, étangs)	Forêt inondable Prairie inondable Roselière, Cariçaie Végétation aquatique
10 - Marais et landes humides de plaine	Lande humide Prairie tourbeuse
11 - Zones humides ponctuelles	Petit lac Mare Tourbière Pré salé continental
12 - Marais aménagés dans un but agricole	Rizière Prairie amendée Peupleraie
13 - Zones humides artificielles	Réservoir, Barrage Carrière en eau Lagunage

**Tableau 2.1.1** Tableau récapitulatif des 13 grands types de zones humides selon la typologie SDAGE.

## **2.2. LA VULNÉRABILITÉ DES ZONES HUMIDES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE**

Comme le souligne les typologies présentées ci-dessus, les écosystèmes aquatiques sont très variés. Les zones humides rencontrées sur le territoire français recouvrent : les zones humides estuariennes, les marais salants, les zones humides des plaines alluviales (anciens bras, bras latéraux, terrain limoneux), les petites zones humides de bas-fonds liées aux ruisseaux et têtes de bassin, les milieux tourbeux, les marais, les marécages (prairies humides insérées dans les réseaux de canaux et fossés), les zones humides boisées, les zones d'étangs et les mangroves sous les tropiques (Barnaud, 1991). Loin d'être figées dans un état donné, les zones humides changent sous l'influence de dynamiques naturelles comme l'érosion (côtière, fluviale, etc.), le comblement progressif et les successions végétales.

Les modes d'alimentation en eau et les relations entre les principaux compartiments hydrologiques diffèrent fortement selon les milieux. Par exemple, la nature du substrat, la vitesse du courant, ou encore les liens avec la nappe alluviale sont des éléments importants à prendre en compte pour décrire le fonctionnement hydrologique des zones humides des vallées alluviales. Concernant les milieux d'eau stagnante (lacs, étangs, mares, milieux tourbeux), la profondeur, le temps de séjour des eaux, la nature du sol sont structurants. Enfin dans le cas des systèmes paraliques, leur évolution dépend de deux processus antagonistes : la remontée du niveau marin et la vitesse de sédimentation dans le milieu. Si la montée du niveau marin est inférieure au taux de sédimentation, la lagune tendra vers un comblement qui la transformera en plaine littorale. A l'inverse, si le milieu est submergé, l'érosion du lido et l'élargissement des graus entraînera l'ouverture des milieux favorisant des espèces strictement marines.

Evaluer l'impact du changement climatique requiert donc une bonne compréhension des

mécanismes impliqués dans le fonctionnement hydrogéomorphologique de ces milieux. En effet, certaines études préliminaires soulignent la plus grande vulnérabilité des zones humides dépendant majoritairement des précipitations dans leur alimentation en eau (Winter, 2000). Les milieux connectés aux nappes phréatiques devraient au contraire être moins exposés. Cependant, ces tendances ne peuvent être généralisées et dépendent très fortement du contexte local. La composante socio-économique joue également un rôle important car certains milieux résultent de l'équilibre entre les conditions hydrogéomorphologiques, écologiques et un mode d'occupation, d'exploitation par les sociétés. Dans ce cas, l'état du milieu et son maintien à un stade donné dépendent d'interventions humaines régulières. Une approche interdisciplinaire doit donc être favorisée.

### **2.2.1. LE CHANGEMENT CLIMATIQUE : QUELS IMPACTS ?**

Les principaux impacts, dits directs, du changement climatique pouvant affecter le fonctionnement des zones humides incluent :

- **Une augmentation de la température de l'air et des eaux :**

D'après le GIEC (2007), l'Europe devrait subir un réchauffement important (scénario A2 : 2.5°C à 5.5°C, B2 : 1 à 4°C). En France, ce réchauffement sera particulièrement marqué en été (juin à août), avec potentiellement une augmentation moyenne des températures de plus de 6°C. L'analyse des séries de données effectuée par Météo France sur la période 1951-2000 met d'ores et déjà en évidence des températures diurnes et des températures de fin de nuit désormais plus élevées, de même qu'une diminution globale du nombre de jours de gel (Dandin, 2007). Les températures de l'eau suivent les mêmes tendances. Une élévation de 1.5°C a été observée sur le Haut-Rhône au niveau du Bugey (1.5°C) entre 1979 et 1999 et au niveau de la Saône en amont de Lyon entre 1987 et 2003 (Mouthon, 2006). En Suisse, la température de l'eau des rivières du plateau Suisse jusqu'aux torrents alimentés par les glaciers a subi une augmentation de 1.2°C entre les périodes 1978-1987 et 1988-2002 (Hari *et al.*, 2006). Au niveau des lacs, étangs, mares, des effets similaires ont été observés. Le lac Léman a par exemple subi une augmentation moyenne annuelle de plus de 1 degré en 40 ans (CIPEL, 2009). Cette augmentation des températures entraînera par ailleurs une élévation importante de l'évapotranspiration affectant directement les niveaux d'eau.

- **Une modification des régimes de précipitation :**

En ce qui concerne les précipitations, l'interprétation des séries de données disponibles sur la seconde moitié du XX<sup>ème</sup> s'avère plus délicate que pour les températures car la variabilité des projections est plus marquée : les tendances dégagées sont donc statistiquement moins significatives. Par ailleurs des incertitudes demeurent dues à la mauvaise paramétrisation de l'eau dans les sols (mauvaise paramétrisation de la capacité au champ de sols entraînant une surestimation de la durée des périodes de sécheresse, Lenderink *et al.*, 2007). Une accentuation des contrastes saisonniers et une plus grande diversité régionale peuvent toutefois être mises en évidence : ainsi, dans le nord du territoire français, les précipitations ont eu tendance à augmenter en hiver et à diminuer en été (Dandin, 2006, 2007). Dans le futur, les précipitations estivales devraient être particulièrement réduites (de 30 à 70% selon les études, dues aux conditions anticycloniques) alors que peu de variations sont attendues au printemps et à l'automne (GIEC, 2007). L'effet combiné de l'augmentation des températures et de la réduction des précipitations tendra par ailleurs à favoriser la survenue de périodes de sécheresse. En conclusion, la plupart des simulations prévoient une augmentation des précipitations en hiver suivies de périodes estivales globalement plus sèches qu'actuellement. Les principales inconnues sont la répartition et l'efficacité des pluies hivernales ainsi que la probabilité de survenue d'événements pluvieux exceptionnels.

- **Des modifications du régime hydrologique (débits moyens et d'étiage) :**

Le changement climatique aura pour conséquence un impact marqué sur les ressources en eau. Les projections basées sur les scénarios (A1, A2) montrent que les débits annuels devraient être fortement réduits en Europe centrale et en région méditerranéenne (entre 0 et 23% d'ici 2020 et entre 6 et 36% d'ici 2070). Dans certaines rivières d'Europe du sud, les débits estivaux pourraient même être réduits à hauteur de 80% (Santos *et al.*, 2002). La saisonnalité des débits sera également plus marquée avec des débits plus élevés pendant la saison de débits de pointe, et plus bas pendant la saison de basses eaux ou les périodes de sécheresse prolongée (Arnell, 2003, 2004). Les régions les plus exposées à un risque de sécheresse accru sont celles situées sur le pourtour méditerranéen, régions qui devraient en outre assister à une plus forte augmentation dans la demande en eau d'irrigation (Döll, 2010; Donevska et Dodeva 2004).

- **Une modification des niveaux piézométriques :**

Une réduction des précipitations et une augmentation de l'évapotranspiration impacteront également les niveaux piézométriques des aquifères libres (à court-terme) et captifs (à plus long-terme). En Italie du sud, un très fort déclin des niveaux piézométrique a d'ores et déjà été observé (rabattement de la nappe compris en 1 et 8 m) et pourrait devenir dramatique dans les décennies à venir (Bates et Sukhija, 2008). En Espagne, dans le sud-ouest de l'Andalousie (zone humide de Doñana), les taux de recharge des différents aquifères devraient être réduits de 14 à 57% selon les projections impliquant une baisse du niveau piézométrique proche de 17 m (Guardiola-Albert et Kaskson, 2011). En France, des études réalisées sur le bassin de la Seine prédisent un rabattement généralement inférieur à 10 m mais pouvant dépasser 20 m selon les zones (Mines Paristech, 2012 – projet Explore 2070).

- **Une élévation du niveau des mers :**

L'évolution actuelle du climat favorisera également l'élévation du niveau marin, impactant les zones humides situées sur le littoral. D'après le GIEC (2007), le rythme de transgression marine devrait être compris entre +18 cm/siècle et + 59 cm/siècle selon les scénarios. En méditerranée, l'évolution au cours du 20ème siècle a été de +2.2mm/an en Camargue et +1.1mm/ an à Marseille. Elle pourrait être deux fois plus importante dans les décennies à venir. Cette remontée du niveau marin entraînera (1) une remontée du biseau salé, menaçant les nappes d'eau douce, (2) l'érosion du littoral, (3) la submersion temporaire lors de tempêtes des zones situées à basse altitude et (4) la submersion permanente des milieux dont l'altitude est inférieure au niveau de transgression marine. Au niveau des lagunes côtières, l'augmentation du niveau de la mer pourrait progressivement accentuer l'érosion des lidos, favoriser la submersion du cordon dunaire lors des tempêtes et élargir les graus aboutissant à l'océanification de ces milieux. Néanmoins, les apports terrigènes et biogènes (sédimentation) pourraient compenser l'élévation du niveau de la mer (dynamique naturelle de comblement des lagunes). L'ampleur des changements attendus résulte donc d'un équilibre fin entre les processus d'érosion-submersion et les processus de comblement.

Le changement climatique aura également des effets indirects et interagira avec les activités humaines. Une augmentation de la pression de construction des barrages dans de nombreuses régions est notamment à attendre ainsi qu'une réduction de la qualité des eaux (augmentation de la température et réduction de l'effet de dilution).

### **2.2.2. CONSÉQUENCES SUR LES COMMUNAUTÉS ET LES ESPÈCES INFÉODÉES AUX ZONES HUMIDES**

Bien que par définition, les zones humides soient caractérisées par des niveaux d'eau fluctuants, il est maintenant admis que des modifications du fonctionnement hydrologique en lien avec le changement climatique pourraient impacter de manière importante la biodiversité et le fonctionnement de ces milieux (MEA, 2005, résolution X.24 de la convention Ramsar).

Une réduction des niveaux d'eau pourrait induire une réduction de la surface totale de la zone humide, l'isolement de ces milieux vis-à-vis de leur ressource en eau ou encore des modifications dans la saisonnalité des cycles de période sèche et humide ou dans le ratio milieux ouverts en pleine eau / milieux fermés. Par ailleurs et bien qu'une augmentation des concentrations en CO<sub>2</sub> puisse favoriser la croissance des végétaux, une augmentation de la température et une réduction des niveaux d'eau pourrait avoir des conséquences néfastes pour les communautés floristiques et par conséquence pour les populations animales.

Néanmoins, la réponse des espèces à l'assèchement est fortement variable de même que les mécanismes de défense (stratégie d'acclimatation ou d'évitement). *Peltandra virginica* et *Justicia americana*, deux espèces inféodées aux milieux humides, semblent par exemple plus vulnérables à ces phénomènes que d'autres telles que *Juncus effusus*, *Saururus cernuus* ou encore *Carex alata* (Touchette *et al.*, 2007). En outre, il semble que les espèces bénéficiant le plus de l'altération du climat soient celles généralement considérées comme invasives. Des études portant sur la région des grands lacs aux Etats-Unis ont par exemple démontré que des variations notables des niveaux d'eau favorisaient l'implantation d'un hybride (croisement de *Typha latifolia*, espèce native et *T. angustifolia*, espèce invasive), de l'espèce *Phragmites australis* et de différentes espèces arborées (*Alnus incana*, *Salix spp.*, *Thuja occidentalis*) (Lishawa *et al.* 2010, Tulbure et Johnston 2010). Ainsi, alors que Keddy and Reznicek (1986) estimait qu'un assèchement partiel de la zone permettrait un accroissement de la biodiversité par régénération de la banque de graines dans les sols, la dynamique observée est toute autre puisque une réduction de la richesse spécifique et une modification profonde du fonctionnement de ces écosystèmes a été observée. Au niveau des milieux tourbeux, les sécheresses répétées favorisent la minéralisation de la matière organique et le relarguage de nutriments permettant à certaines espèces de sphaignes (tels *Sphagnum squarrosum* and *S. timbriatum*) ou de *Carex* (*Carex rostrata*) de se développer au dépend d'espèces plus rares (*Carex diandra*) (Dam et Beltman, 1992) (Dam et Beltman, 1992). Ainsi alors qu'une sécheresse ponctuelle permet d'accroître la biodiversité (Keddy et Reznicek 1986, Mulhouse *et al.*, 2005), un allongement de ce phénomène pourrait favoriser l'implantation de couverts monospécifiques généralement composés d'espèces invasives (Kercher and Zedler 2004).

Une modification des conditions hydrologiques peut également affecter les populations animales. Sorenson *et al.* (1998) estiment ainsi que les populations d'oiseaux d'eau dans les grandes plaines américaine devraient diminuer de plus de la moitié à l'horizon 2060 du à l'assèchement progressif des zones humides. En effet, ces espèces préfèrent des zones ouvertes en pleine eau. Un accroissement de la surface des milieux fermés pourrait limiter leur présence. Conjointement, la quantité d'habitats dédiés à la ponte ou à l'élevage des jeunes pourrait s'en trouver réduite (Mortsch, 1998). La réduction des niveaux d'eau semble également entraîner une modification du régime alimentaire de certains poissons (Sternberg *et al.*, 2008 ; Mazumder *et al.* 2012). Par exemple, en période de sécheresse, le comportement alimentaire de l'espèce invasive *Cyprinus carpio* se rapprocherait de celui de l'espèce native *Hypseleotris sp* provoquant, en conditions de ressource limitante, l'exclusion compétitive de l'une de ces deux espèces (Mazumder *et al.*, 2012). Des changements importants au sein des lacs alpins ont par ailleurs été observé dus aux modifications de la ressource en eau, de la réduction de l'extension des glaciers et neiges éternelles, et des événements naturels tels que les crues (Nogués-Bravo *et al.*, 2007). La dynamique des communautés planctoniques est notamment avancée de plus d'un mois dans le lac Léman (Anneville *et al.*, 2005). Certains auteurs ont également observé la prolifération d'espèces planctoniques tropicales dans les eaux françaises (Cellamare, 2010), des changements importants dans la structuration des communautés de mollusque du lac d'Annecy (Mouthon et Magny, 2004) ou encore une modification des dates de reproduction de certains poissons comme le gardon. L'augmentation de la température de surface a provoqué la stabilisation de la colonne d'eau au sein du lac Tanganyka tandis que la baisse régionale des vitesses de vent a entraîné une diminution du brassage de l'eau. L'association de ces deux facteurs est à l'origine d'une diminution des remontées d'eau et donc des apports de nutriments en surface provoquant une baisse de 20% de la production primaire et une baisse de 30% de la production de poissons. Cette étude a ainsi montré que les effets régionaux du changement climatique pouvaient être

supérieurs aux effets locaux associés aux activités anthropiques et à la surpêche (O'Reilly *et al.* 2003).

Enfin, le changement climatique en modifiant le fonctionnement de ces systèmes devrait également avoir un impact sur les services qu'ils rendent à la société. Des modifications dans le fonctionnement hydrologique de ces milieux pourraient limiter leur capacité à écrêter les crues ou au contraire à assurer un rôle de soutien en période d'étiage. La réduction de l'humidité des sols pourraient affecter la production agricole ou forestière (populiculture) menaçant les activités économiques locales. Les modifications des niveaux d'eau et des communautés végétales et animales pourraient limiter la pratique d'activités récréatives telles que les sports de nature, les activités de chasse et de pêche.

Cet exercice de synthèse met en relief l'impact potentiel du changement climatique sur les zones humides en fonction de leur fonctionnement hydrologique et des communautés végétales et animales en place. Cependant, peu de travaux en France ont abordé précisément ces questions que ce soit à l'échelle de l'espèce ou des habitats. De fait, les outils de gestion actuelle ne prennent généralement pas en compte les effets du changement climatique<sup>4</sup>.

**Le projet EXPLORE 2070 a pour objectif de mettre en exergue les conséquences probables du changement climatique pour un certain nombre de zones humides situées en France métropolitaine et proposer des mesures d'adaptation permettant de réduire ce niveau de vulnérabilité. La méthodologie mise en œuvre dans cette étude est détaillée dans la section suivante.**

### 2.2.3. RÉFÉRENCES

- Anneville O, Gammeter S, Straile D **2005** Phosphorus decrease and climate variability: mediators of synchrony in phytoplankton changes among European peri-alpine lakes. *Freshwater Biology* **50(10)**:1731-1746.
- Arnell NW **2003** Relative effects of multi-decadal climatic variability and changes in the mean and variability of climate due to global warming: future streamflows in Britain. *Journal of Hydrology* **270**:195-213.
- Arnell NW **2004** Climate change and global water resources: SRES emissions and socio economic scenarios. *Global Environmental Change* **14**:31-52.
- Barnaud G. **1991** Qu'est-ce qu'une zone humide ? Compte-rendu des avis d'experts, Définition scientifique et juridique. *Muséum National d'Histoire Naturelle - Laboratoire d'Evolution des Systèmes Naturels et Modifiés*, 10 p.
- Barnaud G. **1998** Conservation de zones humides : Concepts et méthodes appliqués à leur caractérisation. Thèse de l'université de Rennes 1 - *Laboratoire d'Evolution des Systèmes Naturels et Modifiés, MNHN*, 451 p.
- Barnaud G, Le Bloch F, Lombardi A. **1996** Fiches techniques sur les zones humides. Dossier d'information. Entre terre et eau - Agir pour les zones humides - Plan d'action pour les zones humides. *MNHN, Ministère de l'Environnement, SNPN*.
- Barnaud G, Fustec E. **2007** Conserver les zones humides: pourquoi ? comment ? Quae éditions, coll. Sciences en partage, 296 p.
- Cellamare M, Leitao M, Coste M, Dutartre A, Haury J **2010** Tropical phytoplankton taxa in Aquitaine lake (France). *Hydrobiologia* **639(1)**:129-145.
- van Dam H, Beltman B. **1992** Effects of climatic change on chemistry and vegetation of peatlands, with special reference to interaction with atmospheric deposition. *Wetlands Ecology and Management* **2(1/2)**:63-68.
- Dandin P. **2006** Changement climatique : quel impact sur les sécheresses ? Congrès sur la Gestion et la

---

<sup>4</sup> L'enquête réalisée en 2010 par l'ONZH inclut pour la première fois une question destinée aux gestionnaires concernant l'impact visible du changement climatique.

- protection des ressources en eau, Fédération Nationale des Collectivités Concédantes et Régies, Bordeaux, sept. 2006. 31 p.
- Dandin P **2007** Evolution du climat et sécheresses. Congrès de la FNCCR, Bordeaux, septembre 2006, <http://www.fnccr.asso.fr/documents/DANDIN.pdf>, 2 p.
- Dragoni W, Sukhija BS. **2008** Climate change and groundwater: a short review. *Special Publication - The Geological Society, London*. **288**:1-12.
- Döll P **2002** Impact of climate change and variability on irrigation requirements: a global perspective. *Climatic Change* **54**:269–293.
- Döll P, Zhang J **2010** Impact of climate change on freshwater ecosystems: a global-scale analysis of ecologically relevant river flow alterations. *Hydrology Earth System Sciences Discussion*. **7**:1305-1342.
- Donevska K, Dodeva S **2004** Adaptation measures for water resources management in case of drought periods. Proc. XXII<sup>nd</sup> Conference of the Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management. Brno, 30 August–2 September 2004, CD-edition.
- GIEC **2007** Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des groupes de travail I, II et III au quatrième. Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.
- Guardiola-Albert C, Kackson CR. **2011** Potential impacts of climate change on groundwater supplies to the Doñana wetland, Spain. *Wetlands* **31**:907-920.
- Hari RE, Livingstone DM, Siber R, Burkhardt-Holm, Güttinger H. **2006** Consequences of climatic change for water temperature and brown trout population in Alpine river and streams. *Global Change Biology* **12**(1):10-26.
- Herron N, Davis R, Jones R. **2002** The effects of large-scale afforestation and climate change on water allocation in the Macquarie River catchment, NSW, Australia. *Journal of Environmental Management* **65**: 369–381.
- Keddy PA, Reznicek AA. **1986** Great Lakes vegetation dynamics: the role of fluctuating water levels and buried seeds. *Journal of Great Lakes Research* **12**: 25–360.
- Kercher SM, Zedler JB. **2004** Flood tolerance in wetland angiosperms: a comparison of invasive and noninvasive species. *Aquatic Botany* **80**: 89–102.
- Lenderink G, van Ulden A, van den Hurk B, van Meijgaard E **2007** Summertime inter-annual temperature variability in an ensemble of regional model simulations: analysis of the surface energy budget. *Climatic Change* **81**:S233-S247.
- Lishawa SC, Albert DA, Tuchman NC **2010** Water level decline promotes *Typha × glauca* establishment and vegetation change in great lakes coastal wetlands. *Wetlands* **30**:1085-1096.
- Mazumder D, Johansen M, Saintilan N, Iles J, Kobayashi T, Knowles L, Wen L **2011**. Trophic shifts involving native and exotic fish during hydrologic recession in floodplain wetlands. *Wetlands*. DOI 10.1007/s13157-011-0262-8
- Millennium Ecosystem Assessment **2005** Ecosystems and Human Well-Being: Wetlands and Water Synthesis. World Resources Institute, Washington DC.
- Mortsch LD **1998** Assessing the impact of climate change on the Great Lakes shoreline wetlands. *Climatic Change* **40**:391-416
- Mouthon J, Magny M 2004 Malacological history of lake Annecy (France): a comparison of late Holocene (since 4700 BC) and present mollusk assemblages. *Archiv für Hydrobiologie*. **160**(4):555-573.
- Mouthon J, Daufresne M **2006** Effects of the 2003 heatwave and climatic warming on mollusk communities of the Saône : a large lowland river and of its two main tributaries (France). *Global Change Biology* **12**(3):441-449.
- Mulhouse JM, Burbage LE, Sharitz RR. **2005** Seed bank-vegetation relations in herbaceous Carolina bays: responses to climate variability. *Wetlands* **25**: 738–47.
- Nogués-Bravo D, Araújo M, Martínez-Rica J, Errea M **2007** Exposure of global mountain systems to climate change. *Global Environmental Change* **17**:420-428.

- O'Reilly C, Alin S, Plisnier P, Cohen A, McKee B **2003** Climate change decreases aquatic ecosystem productivity of Lake Tanganyika, Africa. *Nature* **424(6950)**:766–768.
- Poinsot C. **2002** Fonctionnement hydrologique de zones humides du bassin de la Seine : Conception d'une méthode de suivi et d'évaluation de l'impact des politiques publiques. Thèse du Museum National d'Histoire Naturelle. 542 p.
- Santos FD, Forbes K, Moita R **2002** Climate Change in Portugal: Scenarios, Impacts and Adaptation Measures. SIAM Project Report, Gradiva, Lisbon, 456 p.
- Sorenson LG, Goldberg R, Root TL, Anderson MG. **1998** Potential effects of global warming on waterfowl populations breeding in the northern Great Plains. *Climatic change* **40(2)**:343-369.
- Sternberg D, Balcombe S, Marshall J, Lobegeiger J. **2008** Food resource variability in an Australian dryland river: evidence from two generalist native fish species. *Marine and Freshwater Research* **59**: 137–144.
- Touchette BW, Iannacone LR, Turner GE, Frank AR **2007** Drought tolerance versus drought avoidance: comparison of plant-water relations in herbaceous wetland plants subjected to water withdrawal and repletion. *Wetlands* **27(3)**:656-667.
- Tulbure MG, Johnston CA **2010** Environmental conditions promoting non-native *Phragmites australis* expansion in great lakes coastal wetlands. *Wetlands* **30**:577-587.
- Winter TC **2000** The vulnerability of wetlands to climate change: A hydrologic landscape perspective: *Journal of the American Water Resources Association* **36(2)**:305-311.

### 3. MÉTHODOLOGIE

#### 3.1. PRINCIPE GÉNÉRAL

Le principe général de cette étude s'est inspiré d'une méthode développée dans le cadre du projet ATEAM<sup>5</sup> qui consistait à évaluer la vulnérabilité des services écosystémiques vis-à-vis du changement climatique sur la base d'indicateurs de sensibilité, d'exposition et de capacité adaptative. Cette méthode a été adaptée à notre problématique (Fig. 3.1.1). Des indicateurs de sensibilité aux menaces climatiques (assèchement, salinisation des sols due à l'élévation du niveau de la mer, submersion temporaire) ont été construits à direx d'experts à l'échelle de l'habitat naturel humide puis agrégés à l'échelle de la zone humide. La vulnérabilité de la zone humide et des services écosystémiques a par la suite été appréciée en recourant à une analyse multicritère intégrant cet indicateur de sensibilité et les niveaux d'exposition estimés à partir des projections climatiques et hydrologiques produites par les partenaires du projet Explore 2070. La gestion par l'homme de la zone humide (capacité d'adaptation) ainsi que les évolutions probables des pressions anthropiques ont également été prises en compte lors de l'analyse finale.

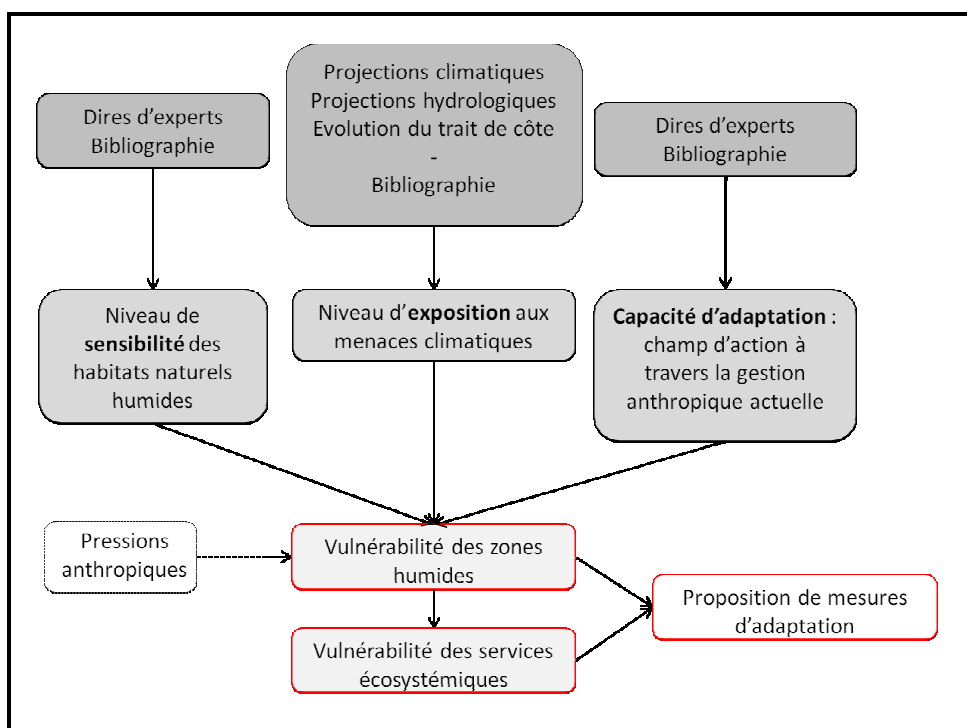


Fig. 3.1.1 Présentation du cadre conceptuel dans lequel s'est inscrite cette étude.

#### 3.2. CRITÈRES DE SÉLECTION DES ZONES HUMIDES EN FRANCE MÉTROPOLITAINE

Pour l'ensemble des zones humides situées en métropole, trois critères de sélection ont été appliqués :

<sup>5</sup> ATEAM : Advanced Terrestrial Ecosystem Analysis and Modelling - [www.pik-potsdam.de/ateam/](http://www.pik-potsdam.de/ateam/)



- ▶ Surface du site représentative sur le territoire métropolitain ;
- ▶ Appartenance au réseau Natura 2000 ;
- ▶ Existence de données concernant l'évolution du climat, du trait de côte et des ressources en eau (souterraine et de surface).

### **3.3. PRÉSENTATION DES ZONES HUMIDES RETENUES DANS LE CADRE DE CETTE ÉTUDE**

Au total, onze zones humides en France métropolitaine ont été retenues. Celles-ci sont présentées dans le Tableau 3.3.1 et sur la Fig. 3.2.1.

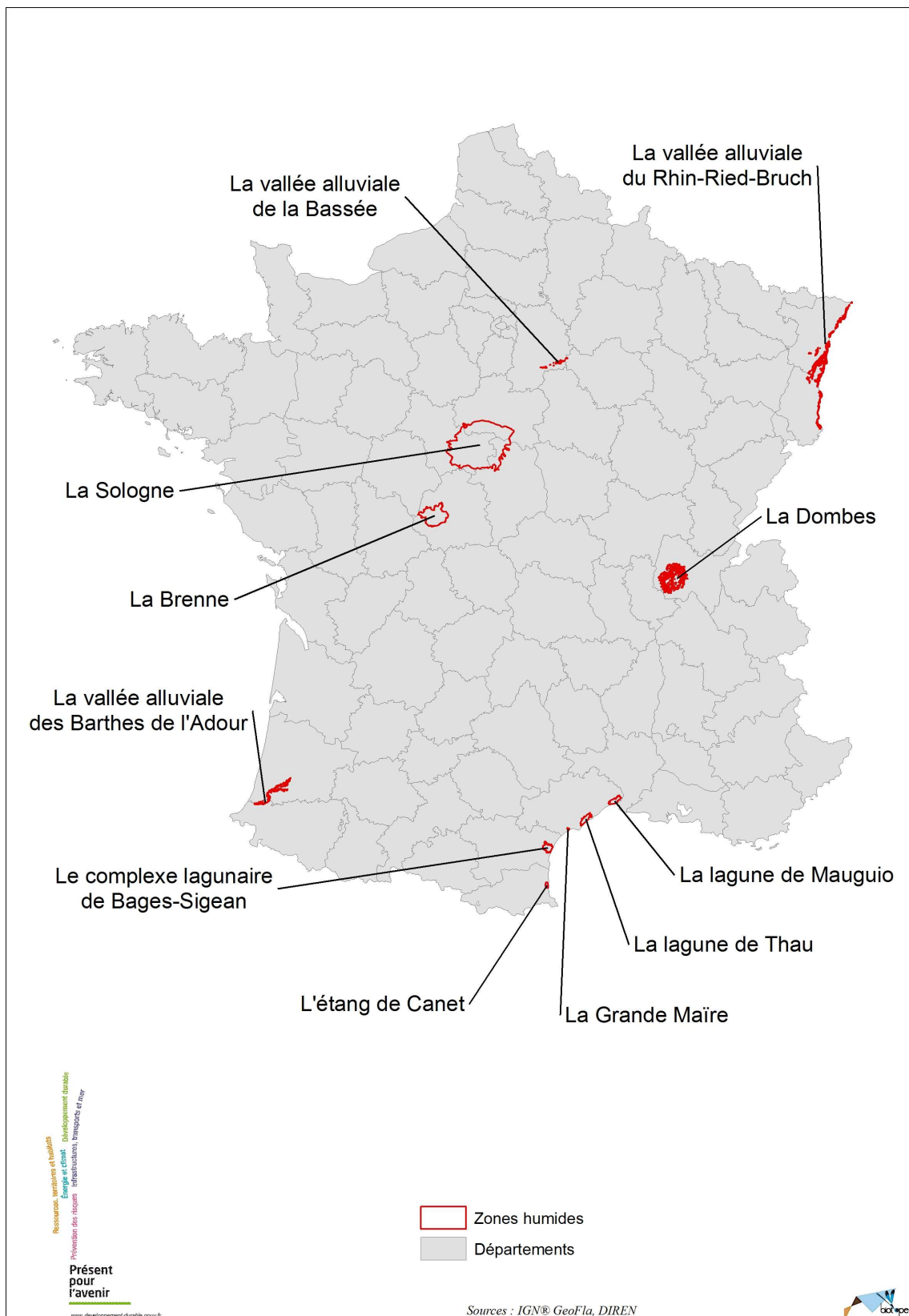
**Tableau 3.3.1** Liste des zones humides étudiées dans le cadre du projet Explore 2070.

N	Nom de la zone humide	Sites NATURA 2000	Code	Région	Typologie
1	La Brenne	La Brenne	FR2400534	Centre	ZH interne
2	La Dombes	La Dombes	FR8201635	Rhône Alpes	ZH interne
3	La Sologne	Nord-ouest Sologne	FR2400556	Centre	ZH interne
		Sologne	FR2402001	Centre	ZH interne
4	Vallée alluviale des Barthes de l'Adour	Barthes de l'Adour	FR7200720	Aquitaine	Vallée alluviale
		L'Adour	FR7200724	Aquitaine	Vallée alluviale
5	La vallée alluviale du Rhin-Ried-Bruch	Secteur alluvial Rhin-Ried-Bruch, Haut Rhin	FR4202000	Alsace	Vallée alluviale
		Secteur alluvial Rhin-Ried-Bruch, Bas Rhin	FR4201797	Alsace	Vallée alluviale
6	La vallée alluviale de la Bassée	Prairies, marais et bois alluviaux de la Bassée	FR1100798	Ile de France	Vallée alluviale
7	Lagune de Mauguio	Etang de Mauguio	FR9101408	Languedoc-Roussillon	Lagune littorale
8	Lagune de Thau	Etang de Thau et lido de Sète à Agde	FR9112018	Languedoc-Roussillon	Lagune littorale
9	Les étangs de Bages-Sigean	Complexe lagunaire de Bages-Sigean	FR9101440	Languedoc-Roussillon	Lagune littorale
10	L'étang de Canet	Complexe lagunaire de Canet	FR9101465	Languedoc-Roussillon	Lagune littorale
11	Etang de la grande Maïre	La grande Maïre	FR9101433	Languedoc-Roussillon	Lagune littorale

Dans le cadre de cette étude, nous avons choisi de les classer selon les trois catégories issues de la classification de l'ONZH :

- ▶ **Les vallées alluviales et leurs annexes** : Elles concernent le Ried-Rhin-Bruch, l'Adour et ses « Barthes », et la vallée alluviale de la Bassée ;
- ▶ **Les zones humides de plaines intérieures** : Elles concernent la Brenne, la Dombes, et la Sologne ;
- ▶ **Les zones humides du littoral atlantique et méditerranéen** : Elles concernent l'étang de Mauguio, la lagune de Thau, le complexe lagunaire de la Narbonnaise, l'étang de Canet et la grande Maïre.

Pour chaque zone humide, une présentation générale a été réalisée incluant des informations sur la situation géographique, la géologie/pédologie de la zone, la climatologie, le fonctionnement hydrologique, les menaces actuelles et une description des habitats naturels humides et espèces végétales structurantes. Ces informations ont servi de base à l'analyse de vulnérabilité. Par souci de lisibilité, l'ensemble des cartes et tableaux récapitulatifs ont été placés en annexe. Enfin des fiches récapitulatives par zone humide ont été produites.



**Fig. 3.3.1** Situation géographique de l'ensemble des zones humides retenues dans le cadre de cette étude.

### **3.4. ELABORATION DE LA TYPOLOGIE DES HABITATS**

La typologie des habitats naturels humides s'est basée sur la nomenclature Natura 2000 établie dans le cadre de l'élaboration des plans de gestion des sites Natura 2000 (DOCUMENT d'Objectif – DOCOB, données fournies par les DREAL ou obtenues sur le site de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel, <http://inpn.mnhn.fr/accueil/index>). Dans la plupart des cas, cette classification a été remaniée dans l'objectif de créer une matrice commune et cohérente à l'ensemble des zones humides étudiées. Par ailleurs, bien que des éléments surfaciques concernant les habitats aménagés ou naturels xériques soient présentés dans ce rapport, seule la vulnérabilité des habitats naturels humides (terrestres et aquatiques) a été évaluée. Cette typologie a été validée par des experts de chaque zone humide.

### **3.5. EVALUATION DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES**

Un des objectifs de ce travail a été d'évaluer, à travers l'étude des habitats naturels humides, la vulnérabilité des services écosystémiques rendus par les différentes zones humides à la société. Ce travail a été réalisé sur un nombre restreint de zones humides :

- ▶ La Dombes ;
- ▶ La vallée alluviale de la Bassée ;
- ▶ L'étang de Mauguio ;
- ▶ La lagune de Thau.

La méthodologie suivie a consisté à lister puis monétariser les différents services rendus par les zones humides en se basant sur une typologie adaptée issue de l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire (Millenium Ecosystem Assessment, 2005), de l'étude publiée par De Groot *et al.* (2007) ainsi que de l'étude réalisée en 2009 pour le ministère de l'écologie (Application du Millenium Ecosystem Assessment à la France, 2009)<sup>6</sup>.

L'ensemble de ces services ont été répartis selon trois catégories<sup>7</sup> :

- ▶ **Les services d'approvisionnement**, désignant la production de biens par les écosystèmes et consommés par l'être humain (la production agricole, la conchyliculture etc ...) ;
- ▶ **Les services de régulation**, c'est-à-dire les processus qui canalisent certains phénomènes naturels et ont un impact positif sur le bien-être humain (par exemple, par la protection contre les crues ou les périodes d'étiage sévères, l'atténuation des pollutions de l'eau et de l'air) ;
- ▶ **Les services socioculturels**, à savoir les bénéfices immatériels que l'être humain tire de la nature en termes de santé, de liberté, d'identité, de connaissance, de plaisir esthétique et de loisirs (pêche de loisir, sports de nature, support de recherche...).

La quantification et la monétarisation de ces services ont été réalisées à partir des données obtenues dans le DOCOB et de toutes autres sources d'informations pertinentes. Elles sont présentées sous la forme d'indicateurs quantitatifs (nombre de salariés, nombre d'associations, fréquentation,

<sup>6</sup> Credoc, Asconit, Pareto, Biotope (2009) Application du MEA à la France.

<sup>7</sup> Les services de support ne sont pas mentionnés ici car ils sont considérés comme étant à l'origine de l'ensemble des services d'approvisionnement, de régulation et à caractère social.

etc.) et/ou monétaires (chiffre d'affaire d'une filière).

Le Tableau 3.5.1 présente l'ensemble des services qui ont été quantifiés et/ou monétarisés pour chacune des zones humides. Il faut cependant noter que certains, comme la pollinisation ou encore le soutien d'étiage, n'ont pu être évalués de manière homogène mais sont cependant présents sur les territoires considérés. Ces services ne seront plus mentionnés dans la suite de ce travail.

	Services d'approvisionnement	Services de régulation	Services socio-culturels
<b>Les zones humides internes</b>			
La Dombes	- Pisciculture d'eau douce - Elevage terrestre - Production agricole - Production de bois	- Autoépuration des eaux - Ecrêtage des crues - Soutien d'étiage - Régulation du climat global	- Chasse de loisir - Pêche de loisir - Sport et loisir de nature - Tourisme rural - Développement des savoirs éducatifs
<b>Les Vallées Alluviales</b>			
La Bassée	- Production agricole - Production de bois	- Autoépuration des eaux - Ecrêtage des crues - Régulation du climat global	- Chasse de loisir - Pêche de loisir - Sport et loisir de nature - Développement des savoirs éducatifs
<b>Les lagunes du littoral Méditerranéen<sup>8</sup></b>			
L'étang de Mauguio	- Elevage terrestre - Production agricole - Pêche professionnelle	- Autoépuration des eaux	- Chasse de loisir - Pêche de loisir - Sport et loisir de nature - Tourisme balnéaire
La lagune de Thau	- Pêche professionnelle - Production agricole (viticulture) - Aquaculture (conchyliculture)	- Autoépuration des eaux	- Chasse de loisir - Pêche de loisir - Sport et loisir de nature - Tourisme balnéaire - Tourisme de plaisance

**Tableau 3.5.1** Liste des services écosystémiques évalués sur les quatre zones humides étudiées.

La monétarisation des services a été réalisée sur la base de différentes méthodes :

- Dans le cas des services d'approvisionnement, la monétarisation a été effectuée sur la base du prix de marché et du volume de production aboutissant à une évaluation du chiffre d'affaire des activités économiques. Notons cependant que cette méthode ne permet pas d'évaluer la valeur ajoutée totale ;
- Dans le cas des services de régulation, l'approche des coûts évités a été appliquée. La valeur a été calculée en estimant quel serait le coût de mise en place de dispositifs produisant les mêmes services que ceux rendus par les milieux naturels. Ainsi, l'idée est ici de considérer que si certains services venaient à disparaître, il serait nécessaire de les remplacer par des substituts. Dans le cas du service de régulation du climat global, la monétarisation a été estimée sur la base du prix de la tonne de carbone et non sur la base des coûts évités ;
- Dans le cas des services socioculturels, la monétarisation s'est basée sur les retombées économiques issues des différentes pratiques telles que la chasse, la pêche, le tourisme, etc. L'angle adopté est donc celui des flux d'activité qui sont générés par les fréquentations

<sup>8</sup> Une étude réalisée en parallèle par Kuhfuss *et al.* (2011) inclut également dans cette liste les services associés à la qualité des eaux, la protection contre l'érosion, l'alimentation en eau, le rôle joué par les lagunes en tant que puits de carbone ou en tant que tampon thermique. Les résultats obtenus sont présentés dans le dernier chapitre de ce rapport.

Kuhfuss L, Sourisseau E, Rey-Valette H. **2011** Evaluation des enjeux et dommages résultants de la submersion marine: le cas des zones humides et des lagunes en Languedoc Roussillon. Projet ANR MISEEVA. Vulnérabilité sociale économique et environnementale de la zone côtière à l'aléa de submersion marine dans le cadre du changement global. 136 p.

(nombre de visites, nombres de chasseurs, etc.) et les dépenses moyennes associées. Néanmoins, le problème récurrent d'accès aux données a rendu ces estimations délicates.

Les tableaux suivants présentent pour chacune des zones humides étudiées les méthodes utilisées pour la quantification et la monétarisation des services écosystémiques.

La Dombes	
Services	Méthodes utilisées
<b>Services d'approvisionnement</b>	
Aquaculture	Résultat net moyen par ha
Elevage terrestre	Valeur marchande (coefficient de marge brute)
Production agricole	Valeur marchande (coefficient de marge brute)
Production de bois	Valeur marchande (cours des bois sur pied)
<b>Services de régulation</b>	
Autoépuration des eaux	Coût évités (coûts d'investissement d'une station d'épuration)
Ecrêtage des crues	NC
Soutien d'étiage	NC
Régulation du climat global	Valeur marchande (Cours du carbone)
<b>Services socioculturels</b>	
Chasse de loisir	Fréquentation et dépense moyenne des chasseurs
Pêche de loisir	Chiffres d'affaires (prix carte × nombre de cartes)
Sports et loisirs de nature	Chiffres d'affaire des structures d'accueil
Tourisme rural	Chiffre d'affaire du parc des oiseaux à Villars les Dombes, Dépenses des touristes lors des séjours weekend + des séjours journaliers
Développement des savoirs éducatifs	NC

**Tableau 3.5.2** Présentation des méthodes utilisées pour la quantification et la monétarisation des services écosystémiques rendus par la zone humide de la Dombes (NC : non évalué).

La vallée alluviale de la Bassée	
Services	Méthodes utilisées
<b>Services d'approvisionnement</b>	
Production agricole	Valeur marchande (Coefficient de marge brute)
Production de bois	Revenus populiculture : coûts d'implantation et d'entretien × ha cultivés
<b>Services de régulation</b>	
Autoépuration des eaux	Coût évités (coûts d'investissement d'une station d'épuration)
Ecrêtage des crues	Coût évités
Régulation du climat global	Valeur marchande (Cours du carbone)
<b>Services socioculturels</b>	
Chasse de loisir	Fréquentation et dépense moyenne des chasseurs
Pêche de loisir	Chiffres d'affaires (prix carte × nombre de cartes)
Sports et loisirs de nature	NC
Développement des savoirs éducatifs	NC

**Tableau 3.5.3** Présentation des méthodes utilisées pour la quantification et la monétarisation des services écosystémiques rendus par la zone humide de la Bassée (NC : non évalué).

L'étang de Mauguio	
Services	Méthodes utilisées
<b>Services d'approvisionnement</b>	

L'étang de Manguio	
Services	Méthodes utilisées
Élevage terrestre	Valeur marchande (coefficient de marge brute)
Production agricole	Valeur marchande (coefficient de marge brute)
Pêche professionnelle	Chiffre d'affaires du secteur
<b>Services de régulation</b>	
Autoépuration des eaux	Coût évités (coûts d'investissement d'une station d'épuration)
<b>Services socioculturels</b>	
Chasse de loisir	Fréquentation et dépense moyenne des chasseurs
Pêche de loisir	Fréquentation et dépense moyenne des pêcheurs
Sports et loisirs de nature	NC
Tourisme balnéaire	Fréquentation et dépense moyenne journalière par touriste

**Tableau 3.5.4** Présentation des méthodes utilisées pour la quantification et la monétarisation des services écosystémiques rendus par l'étang de Manguio (NC : non évalué).

La Lagune de Thau	
Services	Méthodes utilisées
<b>Services d'approvisionnement</b>	
Pêche professionnelle	Chiffre d'affaires du secteur
Production agricole (viticulture)	Valeur marchande (coefficient de marge brute)
Aquaculture (conchyliculture)	Chiffre d'affaires du secteur
<b>Services de régulation</b>	
Autoépuration des eaux	NC
<b>Services socioculturels</b>	
Chasse de loisir	Fréquentation et dépense moyenne des chasseurs
Pêche de loisir	Chiffres d'affaires (prix carte × nombre de cartes)
Sports et loisirs de nature	Chiffres d'affaires des structures d'accueil
Tourisme de plaisance	Fréquentation et dépense moyenne journalière par touristes
Tourisme balnéaire	Fréquentation et dépense moyenne journalière par touristes

**Tableau 3.5.5** Présentation des méthodes utilisées pour la quantification et la monétarisation des services écosystémiques rendus par la lagune de Thau (NC : non évalué).

*Nota* : Dans le cadre de cette étude, seule la valeur d'usage des services rendus a été évaluée. La valeur de non usage n'a pas été estimée. Les données présentées dans ce rapport ne correspondent donc pas à la valeur totale des services rendus.

### **3.1. CONSTRUCTION DES INDICES DE SENSIBILITÉ**

Selon les zones humides, la menace climatique diffère impliquant la construction de différents indices de sensibilité. Notons que toutes les menaces n'ont pu être prises en compte telles que l'augmentation de la température de l'air ou de l'eau (voir Tableau 3.1.1).

Ces indices de sensibilité ont été élaborés à dire d'expert pour chacune des zones humides.

Une analyse comparative a par la suite été réalisée afin de vérifier la cohérence des indices produits pour un même habitat présent dans des zones humides distinctes (voir annexe pour la liste des experts). Lorsque les données cartographiques étaient disponibles, un indice de sensibilité agrégé a été produit à l'échelle de la zone humide. Celui-ci était calculé comme suit :

$$S_{\text{agrégé}} = \frac{\sum (S_i * \text{Surface}_i)}{\text{Surface}_{\text{totale}}}$$

S étant la sensibilité, et i les différents habitats naturels humides présents sur l'ensemble de la zone humide.

### **3.1. EVALUATION DE L'EXPOSITION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE**

L'exposition des écosystèmes aux menaces climatiques a été évaluée à partir des données fournies par les experts hydrologues, hydrogéologues et les spécialistes des risques côtiers intervenant dans le projet Explore 2070. Les méthodes d'obtention de ces données ainsi que les niveaux d'incertitude associés sont décrits dans les rapports mis à disposition sur le site du projet (<http://explore2070.oieau.fr/explore/index.php>).

Dans certains cas, l'ensemble des informations nécessaires à l'évaluation du niveau d'exposition n'a pu être obtenu. C'est notamment le cas des Barthes de l'Adour, pour lesquelles seule l'évolution des eaux de surface a été renseignée (aucune information sur les eaux souterraines). L'évaluation de l'exposition a par ailleurs été enrichie par tout autre élément bibliographique disponible sur les zones considérées (taux de sédimentation au sein des lagunes, risques d'érosion-submersion des lidos, etc.).

Dans le tableau ci-dessous sont présentées les projections climatiques et hydrologiques mises à disposition par les partenaires du projet Explore 2070 pour chacune des zones humides étudiées (Tableau 3.1.1).

<b>Zones humides</b>	<b>Typologie zones humides</b>	<b>Menaces climatiques étudiées</b>	<b>Données disponibles</b>
La Brenne	Zone humide interne	Assèchement	Eaux de surface Précipitations, température
La Dombes	Zone humide interne	Assèchement	Eaux de surface Précipitations, température
La Sologne	Zone humide interne	Assèchement	Eaux de surface Précipitations, température
Vallée alluviale des Barthes de l'Adour	Vallée alluviale	Assèchement	Eaux de surface Précipitations, température
Vallée alluviale du Rhin-Ried-Bruch	Vallée alluviale	Assèchement	Eaux souterraines Eaux de surface Précipitations, température
Vallée alluviale de la Bassée	Vallée alluviale	Assèchement	Eaux souterraines Eaux de surface Précipitations, température
Lagunes du Languedoc-Roussillon	Lagunes littorales	Salinisation des sols par remontée du biseau salé Submersion temporaire Submersion permanente	Submersion temporaire ou permanente Précipitations, température, dans certains cas, débits des affluents

**Tableau 3.1.1** Projections climatiques et hydrologiques mises à disposition par les partenaires du projet Explore 2070 pour chacune des zones humides étudiées.

Du fait de la multiplicité des menaces climatiques et de la complexité des questions abordées, un indice d'exposition n'a pu être estimé formellement pour chaque zone humide et pour chaque type de menace. La solution alternative a été de réaliser une analyse multicritère aboutissant à l'estimation d'un niveau d'exposition.

### **3.2. VULNÉRABILITÉ DES HABITATS ET DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES.**

La vulnérabilité de la zone humide et des services écosystémiques associés a par la suite été appréciée en recourant à une analyse multicritère intégrant l'indice de sensibilité et les niveaux d'exposition estimés à partir des projections climatiques et hydrologiques transmises par les partenaires du projet Explore 2070. La gestion par l'homme de la zone humide ainsi que les évolutions probables des pressions anthropiques ont également été prises en compte lors de l'analyse finale (capacité adaptative). Enfin, dans le prolongement de ce travail et sur la base du niveau de vulnérabilité de la zone humide, la vulnérabilité des services écosystémiques a également été évaluée.



## **4. PRÉSENTATION DES ZONES HUMIDES**

### **4.1. LES ZONES HUMIDES DES PLAINES INTERIEURES**

#### **4.1.1. LA BRENNE**

##### *Situation géographique*

---

La Brenne se situe au sud de la Région Centre, dans la partie la plus occidentale du Berry. Selon un inventaire réalisé en 2001, la Brenne ne compte pas moins de 2237 plans d'eau couvrant un espace d'environ 8300 ha. Tout d'abord circonscrite en 1991 lors de son inscription à la liste Ramsar, la Brenne a été classée au quatrième rang des zones humides françaises d'importance internationale. Par ailleurs, elle fait l'objet d'un double zonage, au titre des deux directives qui régissent Natura 2000 : la ZSC « Grande Brenne » et la ZPS « Brenne ». Les périmètres de ces sites sont identiques à plus de 99%. Leur surface est d'environ 58 000 ha situés à 99% dans le département de l'Indre et 1% dans l'Indre-et-Loire (carte 1 en annexe).

##### *Géologie, géomorphologie et pédologie*

---

La Brenne s'apparente à un vaste glaciaire (plateau à faible pente) aux plans faiblement inclinés, globalement orientés vers l'ouest et l'ouest-nord-ouest. Les altitudes oscillent entre 77 m dans le lit de la Claise et 154 m dans la partie méridionale de Neuillay-les-Bois. La moyenne générale étant d'environ 111 m.

Les sols forment une mosaïque à dominante sableuse et reposit, pour la plupart, sur un sous-sol imperméable de sable, de grès ou d'argile situé à faible profondeur (40 à 80 cm).

Deux types de sol se distinguent principalement :

- Les sols oligotrophes et hydromorphes (pseudogleys, planosols) liés à l'imperméabilité du terrain, riches en matière organique et très acides (pH=5);
- Les sols primitifs (lithosols, sols podzolisants) sur les buttes et affleurements de grès.

De manière générale, ces sols sont pauvres sur le plan trophique, mal structurés, à faible capacité de rétention d'eau et à perméabilité quasi nulle. L'hydromorphie qui en découle n'est aucunement liée à la remontée des aquifères et procède plutôt de l'impossibilité des eaux de précipitations à circuler verticalement (en raison de leur blocage lié à la faiblesse des écoulements hypodermiques i.e., de subsurface) et des écoulements souterrains. Les activités anthropiques ont également contribué à accentuer ce phénomène notamment au niveau du fond des étangs.

##### *Climatologie*

---

La Brenne présente un climat tempéré de type océanique avec des nuances continentales à l'est. La répartition des pluies est relativement régulière tout au long de l'année, entre 50 et 65 mm par mois soit environ 800 mm par an, avec toutefois des précipitations marquées en automne et en hiver et beaucoup plus faibles au printemps. Le bilan hydrique théorique met en évidence une période de reconstitution des réserves en eau des sols et le réapprovisionnement des nappes au cours de l'automne et de l'hiver en faveur d'un excédent moyen de l'ordre de 250 mm étalé sur 6 mois. En ce qui concerne la température, la moyenne annuelle avoisine les 11°C avec des hivers assez doux (entre 3 et 5°C en moyenne mensuelle) et ce, malgré une soixantaine de jours de gel par an. Les amplitudes thermiques restent, quant à elles, relativement limitées.

##### *Fonctionnement hydrologique*

---

### Le réseau hydrographique

La Brenne présente un réseau hydrographique assez ramifié en comparaison du reste du département de l'Indre (Fig. 4.1.1). Les eaux de source et de pluies trouvent leurs exutoires principaux à l'ouest suivant l'orientation générale du glacis. Les bassins versants de cours d'eau drainant la Brenne et affluents directs de la Creuse sont au nombre de 5 : les deux principaux sont ceux de la Claise (incluant les Cinq Bondes, la Benaise, l'Yoson, le bassin du Piégu et de Fonteneau) et du Suin auxquels s'ajoutent 3 beaucoup plus petits : les Vigneaux, Fondrouge, et les Fontenettes.

L'arête centrale de boutons forme une ligne de partage des eaux séparant ces deux grands ensembles :

- Au nord, le bassin de la Claise qui draine 80% des terrains de la Brenne et dont l'affluent majeur s'écoule d'est en ouest ;
  
- Au sud, les bassins du Suine et des multiples petites vallées descendant de direction sud-ouest/nord est vers le lit de la Creuse.

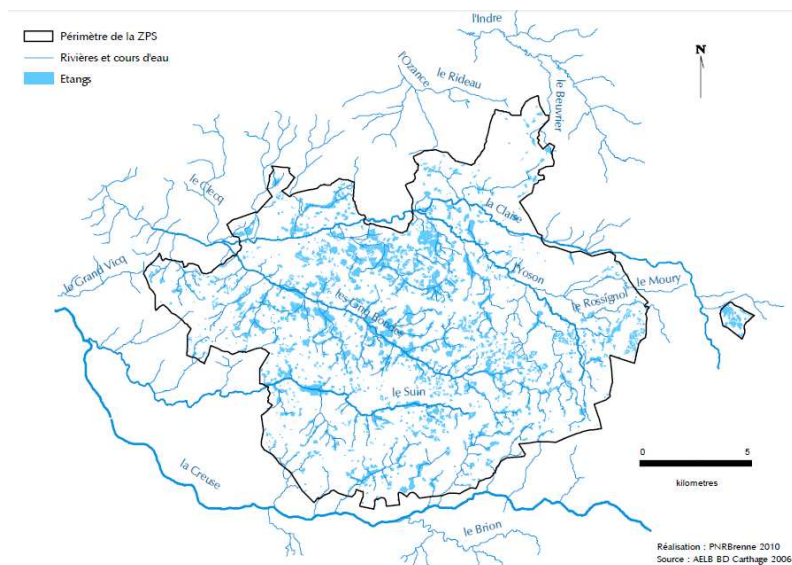
L'alimentation en eau est majoritairement de type pluvial. Néanmoins quelques sources situées à l'est contribuent à alimenter le bassin versant (Neuillay-les-Bois, Vendoeuvres et Méobecq). L'hydrologie est fortement conditionnée par un taux de pluviométrie conséquent plus important que celui des régions naturelles environnantes. Les comportements hydrologiques locaux doivent beaucoup à l'imperméabilité du sous-sol (nature argileuse du sol). Les infiltrations verticales étant négligeables, la quasi-totalité de l'eau s'écoule en surface. Quatre vingt seize pour cent de la surface étudiée seraient ainsi alimentés par le bassin versant, 3 % par les rivières et 1 % par d'autres types d'alimentation (ex : forage).

Le fonctionnement annuel de ce réseau est très irrégulier. Il présente des excédents hydriques en périodes froides (automne, hiver) et un déficit chronique au cours de la saison chaude (assecs fréquents). La distribution des sources est très hétérogène. Celles-ci se concentrent surtout sur l'est et le nord-est de la Brenne à Neuillay-les-Bois, Vendoeuvres et Méobecq.

### Les étangs

L'intégralité des étangs du site est d'origine anthropique. Leur taille et leur forme varie en fonction du terrain mais également de l'époque de création. Les plus récents sont le plus souvent de taille plus réduite et de forme plus géométrique, alors que les plus grands sont généralement plus anciens et majoritairement concentrés au cœur de la Grande Brenne. Les étangs sont généralement peu profonds (environ 1.5 m) et ont été édifiés en mettant à profit la topographie du site. Ils sont organisés en chapelet : ils se vident les uns dans les autres au sein d'un même bassin versant. Comme dans le cas de la Sologne, la Brenne connaît une augmentation du nombre de plans d'eau depuis quelques décennies: ces étangs sont essentiellement destinés à la chasse au gibier d'eau, représentant pour les propriétaires une source de revenu importante.

Les étangs situés sur les collecteurs des principaux bassins versant sont peu nombreux et se répartissent de façon homogène dans les principaux cours d'eau à l'exception de la Claise (absence d'étang) et de l'Yoson (seulement 2 étangs). On en compte par exemple 10 sur le Suin ou encore 9 sur la Benaise. Leur localisation leur confère un fonctionnement relativement différent des autres étangs (renouvellement des eaux relativement rapide, profondeur importante et faible réchauffement des eaux).



**Fig. 4.1.1** Réseau hydrographique de la Brenne et de son bassin versant (DOCOB ZPS FR2410003 « Brenne », 2010).

### *Qualité physico-chimique des eaux*

Très peu d'études ou de suivis sur la qualité de l'eau des étangs ont été réalisés. Une étude réalisée à la bonde de 42 étangs de la Brenne dans les années 2000 souligne une qualité de l'eau globalement mésotrophe. A noter la relative alcalinité des eaux s'opposant au contexte géologique acide de la région. Ceci s'explique en grande partie par la généralisation du chaulage depuis le début du 20<sup>ème</sup> siècle afin d'accroître la production piscicole.

### *Menaces actuelles*

La multiplication des plans d'eau entraîne une complexification du réseau hydrologique et par voie de conséquence :

- Des complications en termes de gestion (coordination des pêches d'étangs, entretien des fossés, ...)
- Une modification de la répartition des masses d'eau qui influe sur le niveau de remplissage des étangs.

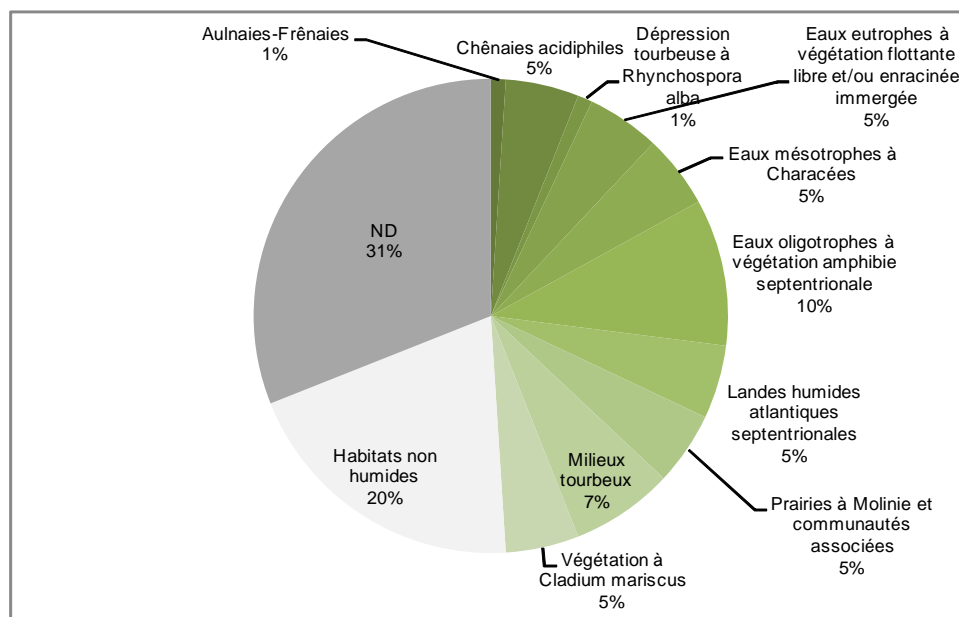
De la même manière, il semblerait que la végétation aquatique ait considérablement régressée en Brenne depuis plusieurs années, sous l'action de l'exploitation des étangs pour la pisciculture et la pratique du faucardage, mais aussi du fait de la prolifération des ragondins et des rats musqués. La jussie, une plante aquatique importée constitue également une menace importante. En effet, en se développant de manière très dense, cette plante étouffe le milieu où elle prospère. Des campagnes d'arrachage sont régulièrement organisées pour réduire son impact. Enfin, l'écrevisse rouge de Louisiane importée en Espagne au début des années 1980, constitue un autre fléau.

### *Description des habitats et des espèces*

Hébergeant 21 habitats d'intérêt communautaire et plus de 70 espèces d'intérêt communautaire (dont plus de 50 espèces d'oiseaux), la Brenne recèle une biodiversité remarquable issue de la juxtaposition de prairies, d'étangs, de landes, de buttes de grès, de bois, de marais... On peut ainsi noter la présence d'habitats d'intérêt communautaires tels que les tourbières boisées, basses alcalines ou dégradées, les eaux oligotrophes avec végétation à *Littorella* ou *Isoetes*, les mares

temporaires ou encore des marais calcaires à Marisque et espèces du *Caricion davallianae* et des chênaies galicio-portugaises à Chêne pédonculé et Chêne tauzin etc.,

Plus de 31% des habitats présents sur le périmètre du site Natura 2000 n'ont pas été inventoriés. Dans les 69% restants, seuls 49% sont considérés comme habitats naturels humides. Les habitats terrestres naturels prédominants sont les chênaies acidiphiles, les milieux tourbeux (incluant les tourbières boisées, les tourbières basses alcalines, les tourbières hautes dégradées), les landes humides Atlantiques septentrionales et la végétation à *Cladium mariscus* (voir tableau 1 en annexe et Fig. 4.1.2). Les eaux sont eutrophes à oligotrophes caractérisées par la présence de végétation amphibie (notamment avec végétation à *Littorella* ou *Isoetes*) .



**Fig. 4.1.2** Occupation du sol au sein de la zone Natura 2000 de la Brenne<sup>9</sup>. La surface des habitats naturels humides inventoriés représente 49 % de la surface totale du site Natura 2000. ND : Non Déterminé.

#### 4.1.2. LA DOMBES

##### *Situation géographique*

La Dombes, située dans la région Rhône-Alpes, dans le sud-ouest du département de l'Ain et au nord-est de Lyon (carte 2 en annexe) est un plateau d'origine glaciaire, légèrement incliné vers le nord, dont l'altitude oscille entre 211 m et 328 m. Elle est cernée sur ses franges occidentales, méridionales et orientales par la rivière d'Ain, le Val de Saône, et le Rhône, alors que la limite nord avec la Bresse reste plus aléatoire.

La Dombes présente des dépressions topographiques naturelles, occupées actuellement par près de 1100 étangs. Cette région se définit à différentes échelles :

- La Dombes géographique, qui occupe environ 130 000 ha ;
- La Dombes des étangs dont la surface approche 100 000 ha ;
- La Dombes centrale, qui connaît la plus forte densité d'étangs, d'oiseaux et de

<sup>9</sup> La typologie des habitats naturels humides s'est basée sur la nomenclature Natura 2000 établie dans le cadre de l'élaboration du plan de gestion du site Natura 2000 (DOCUMENT d'Objectif – DOCOB). Cette classification a été remaniée dans l'objectif de créer une matrice commune et cohérente à l'ensemble des zones humides étudiées.

propriétés. Elle couvre sensiblement la moitié de la Grande Dombes, soit environ 70 000 ha.

Le site Natura 2000 FR 820 1635 « Étangs de la Dombes » s'étend sur le territoire de 64 communes, il comprend pour chaque étang, la surface en eau et une ceinture de 200 m de végétation, soit une superficie totale de 47 656 ha.

### *Géologie, géomorphologie et pédologie*

---

La Dombes se caractérise par la présence de butte morainique et de drumlins (relief d'origine glaciaire se présentant sous la forme d'une crête rectiligne et allongée) créés par les retraits glaciaires datant de 20 000 ans. Le substratum de la Dombes est constitué de moraine (mélange hétérogène d'argiles, sables, graviers, cailloux et galets) sur laquelle se retrouve quasi-uniformément des limons et des loess. Les sols sont, par nature, hydromorphes peu humifères et imperméables. Les eaux de pluies stagnent par manque de processus d'infiltration produisant des dépressions marécageuses.

### *Climatologie*

---

Le climat est soumis à des influences océaniques assez dégradées en raison de l'éloignement de la mer, caractérisé par de fortes précipitations à la fin de l'hiver et au début du printemps et un déficit hydrique durant l'été. La pluviométrie varie de 900 mm à l'ouest des Dombes à 1 300 mm à l'est sur environ 140 jours, dont une moyenne de 10 jours de neige. La température annuelle moyenne est de l'ordre de 10°C.

### *Fonctionnement hydrologique*

---

#### Le réseau hydrographique

Les cours d'eau de la Dombes incluent :

- La Chalaronne et ses affluents ;
- La Veyle et ses affluents ;
- Le Toison et ses affluents ;
- Le Formans et ses affluents ;
- Le Longevent et ses affluents ;
- La Sereine.

Ces cours d'eau, généralement caractérisés par un faible débit, prennent leur source au niveau des étangs et se jettent pour la plupart dans la Saône en suivant l'inclinaison du plateau vers le nord à part la Sereine et le Longevent qui se jette dans le Rhône.

Quatre aquifères principaux sont identifiés:

- Les nappes alluviales des principaux axes d'écoulements contiguës à la nappe d'accompagnement de la Saône. D'une façon générale, elles sont situées à une faible profondeur par rapport au terrain naturel et suivent le tracé de la Chalaronne et de la Saône ;
- Les nappes du Mio-Pliocène, d'extension limitée aux horizons sableux compris dans les marnes bleues en direction de la Bresse ;
- La nappe des cailloutis de la Dombes en contact avec les cours d'eau principaux et ponctuellement avec quelques étangs comme l'étang des Marais ou du grand Saule ;
- Les nappes glaciaires situées dans les moraines, aux extensions très limitées.

Comme précisé ci-dessus, les matériaux morainiques de la Dombes sont recouverts d'un dépôt peu épais de loess qui rend les terres de la région imperméables. De ce fait, les étangs sont généralement considérés sans interaction directe avec les aquifères. Le principal apport d'eau est donc

majoritairement lié au ruissellement et aux précipitations bien que certains bénéficient d'exutoire de la nappe glaciaire.

Un bilan hydrologique annuel a été réalisé par le syndicat mixte des territoires de la Chalaronne en 2006<sup>10</sup>. L'écoulement superficiel expliquerait 24% des pertes en eau, l'évapotranspiration réelle 66% et l'écoulement souterrain (sans résurgence possible) 10%. La présence des étangs induirait une évapotranspiration majorée durant l'été. Cet excédent représenterait, d'après cette même étude, 1% du volume des eaux météoriques tombés sur le bassin versant de la Chalaronne durant une année. En amont du Villar les Dombes, cet excédent atteindrait jusqu'à 3.6% expliquant les étiages si sévères de la Chalaronne durant l'été. Cette observation peut être généralisée à l'ensemble des cours d'eau de Dombes. Ainsi, en ne restituant qu'un débit très faible en période estivale, les plans d'eau altèrent les débits d'étiage des rivières situées en amont des bassins versants.

### Les étangs

Les échanges hydrauliques au sein des étangs sont rythmés par les entrées d'eau (apports d'un affluent, précipitations, ruissellement, déversoir d'un autre étang) et les sorties d'eau (évapotranspiration, fuites, exutoire par la surverse ou le déversoir et vidange). En complément du réseau hydrographique naturel, l'homme a construit un réseau dense de canaux et de rivières de ceinture. Les canaux ordinaires permettent de relier entre eux les étangs alors que les rivières de ceintures permettent à l'eau de contourner un étang inférieur pour se jeter dans un étang ou dans un canal ordinaire plus en aval. Ainsi, un fonctionnement en cascade (ou « chaîne d'étangs ») permet à l'étang en amont d'alimenter celui en aval et enfin l'eau se déverse dans les cours d'eau. L'originalité de cette région vient de l'alternance entre l'évolage et l'assec correspondant respectivement à la mise en eau et la mise en culture. Traditionnellement, on comptait deux ans d'évolage pour un an d'assec. La périodicité des vidanges est donc précisément définie. Cependant, on observe aujourd'hui une tendance à l'allongement de l'évolage (jusqu'à 4 ans) afin de favoriser la chasse sur les étangs.

### Qualité physico-chimique des eaux

La qualité physico-chimique des cours d'eau est globalement moyenne à mauvaise. Cependant, elle diffère fortement selon la proportion d'étangs en assec ou en évolage. Les vidanges des plans d'eau contribuent également à altérer la qualité des cours d'eau et des étangs situés en aval (diminution du taux d'oxygène, pics des matières en suspension, etc.) selon les caractéristiques de la gestion piscicole (alimentation, densité), du déroulement de la vidange (durée, période, fréquence) ou du milieu environnant de l'étang.

### Menaces actuelles

La production piscicole est une activité très ancienne à l'origine de la création de la majorité des étangs dombistes. Elle est l'activité majeure au sein des étangs de la Dombes, ce qui en fait aujourd'hui le principal centre de production de poissons d'eau douce français (avec une importante part vers l'export). Toutefois, la baisse de la production liée à des problématiques de prédation (cormoran) incite les pisciculteurs à assécher les étangs pour la mise en culture de maïs dont le cours de vente est beaucoup plus intéressant.

Le maintien en bon état de conservation écologique des étangs est également tributaire du mode d'occupation de leur bassin versant : la régression continue des surfaces en herbe (notamment en périphérie des étangs), l'effacement progressif du maillage de haies et de boqueteaux, l'étalement urbain, la multiplication des infrastructures ou les pollutions diffuses font désormais courir le risque d'une banalisation rapide de cette région.

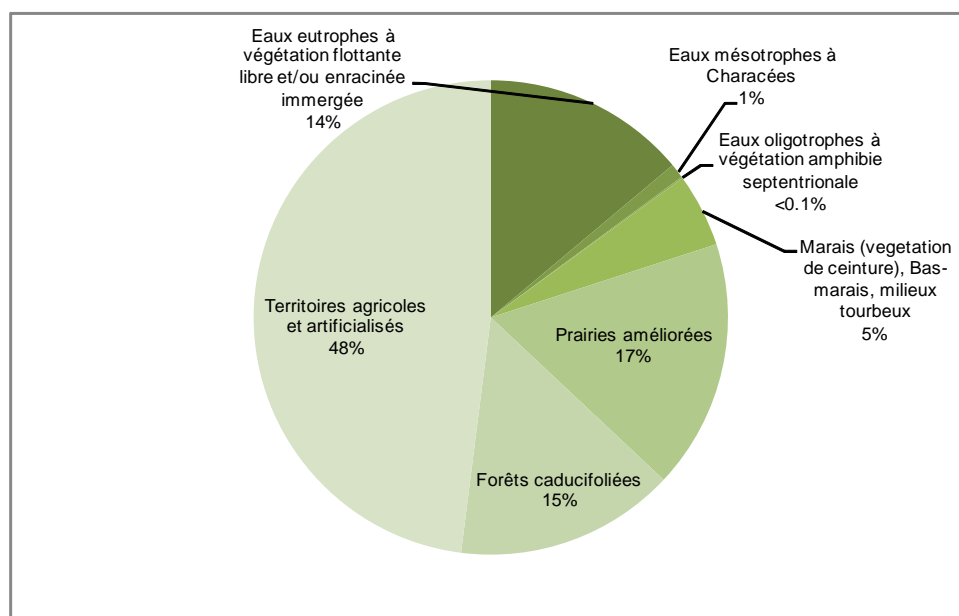
---

<sup>10</sup> Syndicat mixte des territoires de la Chalaronne (2006) Etude du fonctionnement hydrologique et hydraulique de la Chalaronne et de ses principaux affluents. Rapport de phase 1.

## Description des habitats et des espèces

Seuls les habitats naturels en eau ont été recensés en Dombes. Ils correspondent à trois catégories principales<sup>11</sup> : les eaux stagnantes, oligotrophes à mésotrophes avec végétation des *Littorelletea uniflorae* et/ou des *Isoeto-nanojuncetea*, les communautés à characées des eaux oligo-mésotrophes faiblement acides à faiblement alcalines et les lacs eutrophes naturels avec végétation de type *Magnopotamion* et de l'*Hydrocharition*. Les deux premiers habitats ne couvrent qu'une très faible surface de ce très vaste site (respectivement 1% et 0.1 %). Les eaux eutrophes à végétation flottante libre et/ou enracinée immergée représentent l'habitat aquatique majoritaire (98.9 %) (Voir tableau 2 en annexe). Bordant ces habitats aquatiques, les habitats terrestres sont également nombreux. Ils incluent les aulnaies-frênaies, les chênaies acidiphiles, les formations riveraines de saules, les prairies humides, les roselières, les lisières humides à grandes herbes ainsi que les dépôts d'alluvions fluviales limoneuses.

Aucune donnée cartographique n'étant disponible sur la Dombes, nous nous sommes basés sur les chiffres fournis par l'Inventaire National du Patrimoine Naturel pour estimer la répartition surfacique des habitats naturels humides sur le site. Ces données surfaciques n'étant pas suffisamment précises, seule une estimation approximative a pu être réalisée (Fig. 4.1.3). D'après ces données, plus de 48% de la superficie du site est artificialisée ou à vocation agricole. Les milieux aquatiques occupent une surface importante du site et notamment les eaux eutrophes à végétation flottante et/ou enracinée immergée (14%). Les habitats terrestres majoritaires concernent en premier lieu les forêts caducifoliées (aulnaies-frênaies, saulaies, chênaies, 15%) et les prairies humides améliorées (17%).



**Fig. 4.1.3** Occupation du sol au sein de la zone Natura 2000 de la Dombes<sup>12</sup>. Les habitats naturels sont détaillés sur la base des données de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel. La surface des habitats naturels humides représente 52 % de la surface totale du site Natura 2000.

<sup>11</sup> Dans le cadre de cette étude, et par souci d'homogénéité, ces habitats ont été recensés respectivement sous les intitulés « eaux oligotrophes à végétation amphibie septentrionale », « eaux mésotrophes à Characées » et « eaux eutrophes à végétation flottante libre et/ou enracinée immergée ».

<sup>12</sup> La typologie des habitats naturels humides s'est basée sur la nomenclature Natura 2000 établie dans le cadre de l'élaboration du plan de gestion du site Natura 2000 (DOCUMENT d'Objectif – DOCOB). Cette classification a été remaniée dans l'objectif de créer une matrice commune et cohérente à l'ensemble des zones humides étudiées.

### 4.1.3. LA SOLOGNE

#### *Situation géographique*

---

La Sologne est délimitée par la courbe définie par la vallée de la Loire entre Gien et Blois (au nord), la vallée du Cher (au sud), le Pays-Fort (à l'est) et le plateau de Pontlevoy (à l'ouest) (carte 3 en annexe).

Le site Natura 2000 SIC FR 1402001 « Sologne » occupe 346 184 ha en région Centre et s'étend sur trois départements : le Cher (16%), le Loir-et-Cher (61%) et le Loiret (23%). On distingue quatre ensembles naturels :

- La Sologne du nord (moins humide et aux sols moins dégradés, les labours et les prairies y sont plus fréquents) ;
- La Sologne berrichonne (des sols acides, souvent sableux et perméables, chargés de nombreux cailloutis de silex, des fonds de vallées souvent tourbeux, des landes à bruyère nombreuses et étendues) ;
- La partie centrale désignée comme grande Sologne (qui représente la région des Milles étangs)
- La Sologne Maraîchère (larges plaines affectées aux cultures maraîchères ou les boisements sont importants et les étangs moins nombreux).

La topographie est relativement plane, faiblement inclinée d'est en ouest avec une altitude qui varie de 230 m vers Aubigny-sur-Nère à 80 m environ à l'ouest.

#### *Géologie, géomorphologie et pédologie*

---

La Sologne fait partie du domaine sédimentaire du bassin Parisien. Elle est constituée de sables d'origine granitique, mêlés d'argiles en proportion très variable : la Sologne des étangs entre la Sauldre et le Beuvron est caractérisée par la présence d'une couche argileuse imperméable. A l'inverse, la Sologne sableuse, entre le Cosson et le Beuvron présente des sols sableux acides plus ou moins podzolisés.

#### *Climatologie*

---

La Sologne est soumise à la fois à des influences océaniques et continentales, de part les vallées qui l'encadrent au nord (la Loire) et au sud (le Cher). La température moyenne annuelle s'établit à environ 10°C. Les précipitations annuelles montrent un gradient d'ouest en est, avec une moyenne annuelle comprise entre 650 et un peu plus de 700 mm environ. Les vents dominants soufflent de l'ouest et du sud-ouest, les vents secondaires viennent du nord-est.

#### *Fonctionnement hydrologique*

---

##### Réseau hydrographique

La Sologne est drainée majoritairement par la Grande et la Petite Sauldre au sud, le Beuvron au centre et le Cosson au nord. Le Beuvron et le Cosson forment donc maintenant un même bassin versant ce qui fait du Beuvron le principal émissaire hydrographique de la Sologne. La Sauldre, affluent du Cher, constitue le deuxième principal bassin versant de la Sologne. L'ensemble de ce réseau prend source majoritairement dans les collines calcaires du Sancerrois et s'oriente de l'est vers l'ouest. En période hivernale, les débits moyens annuels sont relativement faibles. En été, l'écoulement des cours d'eau est très peu soutenu. Des assècs sur certains petits cours d'eau sont régulièrement observés.

Les principales nappes souterraines de Sologne incluent la nappe des calcaires de Beauce, la nappe de la craie et la nappe libre des sables et argiles de Sologne. Cette dernière couvre une vaste



étendue entre la Loire et le Cher et peut atteindre à certains endroits 75m d'épaisseur. Bien que sa perméabilité soit faible, elle contribue naturellement à l'alimentation des cours d'eau de Sologne par ruissellement (Sauldre, Beuvron, Cosson).

### Les étangs

Le long de ces affluents viennent se déverser les eaux issues des étangs. La plupart des étangs de Sologne ont été « construits » afin de maîtriser les marécages apparus à l'issue des grands défrichements entrepris sous l'impulsion des moines. Ils étaient alors réalisés, soit en barrant des vallées par l'édification d'une digue (la chaussée) faite de pieux, de cailloux et d'argile, soit en aménageant des dépressions de terrain (les noues). Chacun d'eux est traditionnellement pourvu d'une bonde qui permet de stopper le flux ou de le vidanger. Organisés au gré des courbes de niveau, les étangs d'un même val communiquent entre eux par l'intermédiaire de fossés. Leur profondeur varie entre 0.50 m et 1.20 m, à l'exception du bief (canal médian où se concentrent les eaux au moment de l'assec) et de la bonde (jusqu'à 2, voire 3 m). Ils sont essentiellement alimentés par les eaux de pluie que collectent leurs bassins versants car la majorité des étangs sont sur un sol argileux à très faible perméabilité (absence de source, de résurgence de nappe). Le complexe des étangs de Sologne est donc basé sur l'autonomie et la relation que les milieux stagnants et humides entretiennent avec le régime hydrique. La conservation ou la modification de ces habitats dépend donc fortement des apports par ruissellement (sources et pluie) mais également des pertes par les exutoires et l'évaporation.

Les étangs de par leur fonctionnement ont un impact sur le réseau hydrographique. Cet impact est en premier lieu d'ordre quantitatif puisque l'importante surface des plans d'eau engendre une perte par évaporation pouvant atteindre 27 à 55% du volume écoulé à l'étiage (données obtenues en 2005, calculé sur 7 mois de mai à novembre<sup>13</sup>). Des conséquences qualitatives lors des opérations de vidange ainsi que morphologiques dans le cas de plans d'eau connectés au réseau hydrographique doivent également être mentionnées (rupture de la continuité écologique, uniformisation des habitats naturels, réchauffement des eaux). Ainsi, et bien qu'une étude plus approfondie soit nécessaire pour confirmer ces éléments, il semblerait que les étangs jouent donc un rôle non négligeable lors des ruptures d'écoulement observées durant l'été. Un déséquilibre entre les prélèvements et la ressource étant la seconde raison invoquée. Ainsi, la déconnection des étangs du réseau hydrographique semble être un élément important permettant de maintenir les écoulements d'étiage<sup>14</sup>.

### Qualité physico-chimique des eaux

---

L'examen de la qualité des eaux révèle une altération de la qualité des eaux en Sologne viticole mais également dans le cas des cours d'eau amont du bassin de la Sauldre traversant les secteurs agricoles du Cher. Les eaux des étangs sont globalement de mauvaise qualité du fait de l'accumulation des nutriments, des matières organiques et des matières en suspension. Lors des vidanges, ils contribuent à aggraver la qualité des cours d'eau du réseau hydrographique

### Menaces actuelles

---

La Sologne est parcourue par de nombreux cours d'eau dont les vallées ont longtemps contribué à sa richesse biologique. Les fonds de vallées qui s'accompagnaient de prairies humides sont, avec la déprise agricole, en forte régression. La modification du régime hydrique par le drainage, le boisement naturel par abandon d'entretien, le creusement d'étangs, la mise en culture (amendements calcaires, fertilisation et assec prolongé) et la fauche ou broyage répété(e) sont autant de facteurs de menaces pour la conservation de ces habitats.

Les milieux aquatiques oligotrophes à mésotrophes et les milieux pionniers de berges sont

---

<sup>13</sup> Schéma d'aménagement et de gestion des eaux du bassin de la Sauldre (2009).

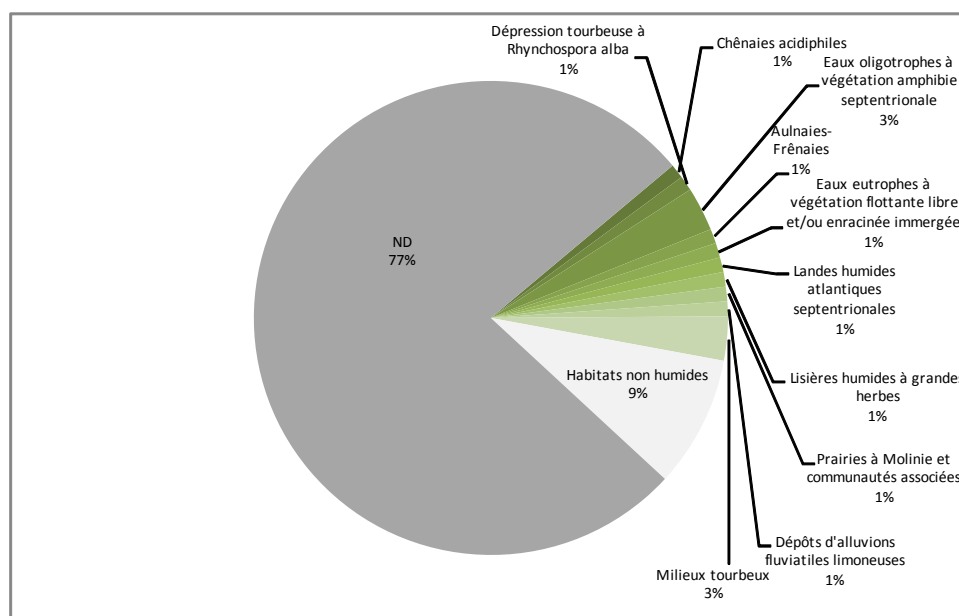
<sup>14</sup> Schéma d'aménagement et de gestion des eaux du bassin de la Sauldre (2009).

menacés par l'amendement et la fertilisation, le piétinement important, le tassement du sol des berges, et la concurrence forte avec la Jussie. L'eutrophisation conduit à l'apparition de formations nitrophiles plus hautes et surtout plus denses. Les milieux aquatiques eutrophes sont sensibles à l'envahissement naturel par les hélophytes et au comblement, à la présence de traitement par herbicide, à la présence du Ragondin et du Rat musqué et à l'envahissement par les macrophytes proliférants.

### Description des habitats et des espèces

Avec 12 000 ha en eau et plus de 3 000 étangs, la Sologne concentre 10% des eaux continentales françaises localisées principalement sur l'ensemble de la "Sologne des étangs". Ces habitats correspondants aux étangs, mares et certains fossés eutrophes à mésotrophes fortement colonisés par des macrophytes enracinés ou flottants (voir tableau 3 en annexe).

Les habitats recensés comme prioritaires dans le cadre de la directive habitat sont les pelouses calcaires à sable xérique (non présenté ici car non humide), les formations herbues à *Nardus* (non présenté ici car non humide), les milieux tourbeux et enfin les forêts alluviales à aulne et frêne (répertoriées dans le cadre de cette étude sous l'intitulé « Aulnaies-Frénaies »).



**Fig. 4.1.4** Occupation du sol au sein de la zone Natura 2000 de la Sologne<sup>15</sup>. Plus de 77% de la surface du site n'a pas été inventoriée. La surface des habitats naturels humides représente 61% de la surface totale inventoriée.

D'après les chiffres disponibles sur le site de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel, les habitats terrestres naturels prédominants sont les milieux tourbeux et les eaux oligotrophes à végétation amphibie septentrionale (*Littorelletalia uniflorae*) (Fig. 4.1.4). Néanmoins, il semblerait

<sup>15</sup> La typologie des habitats naturels humides s'est basée sur la nomenclature Natura 2000 établie dans le cadre de l'élaboration du plan de gestion du site Natura 2000 (Document d'Objectif – DOCOB). Cette classification a été remaniée dans l'objectif de créer une matrice commune et cohérente à l'ensemble des zones humides étudiées.

que les données surfaciques soient largement surestimées notamment dans le cas des milieux tourbeux et des dépressions tourbeuses à *Rhynchospora alba*<sup>16</sup>.

---

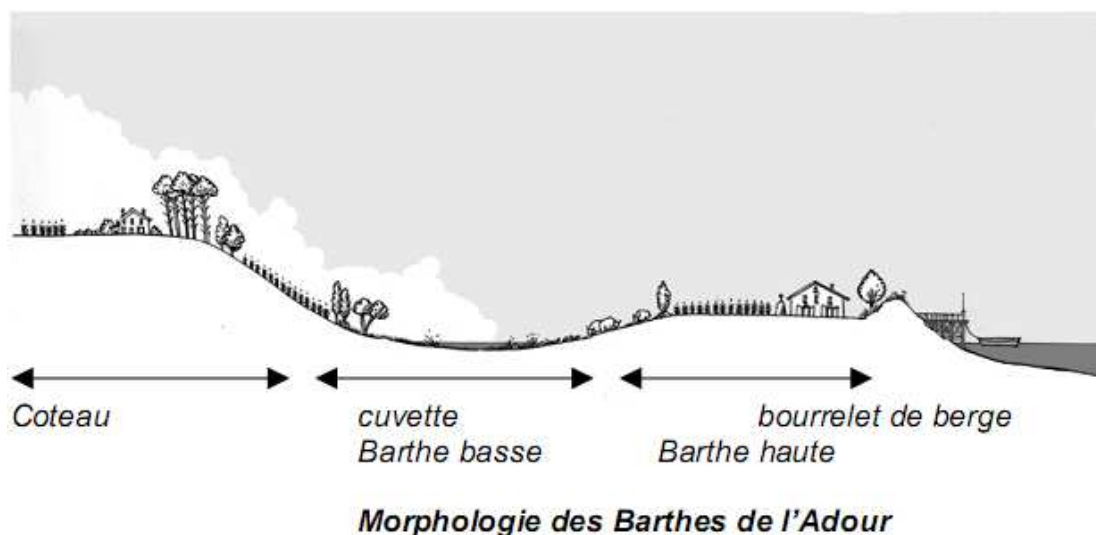
<sup>16</sup> D'après Francis OLIVEREAU, DREAL Centre.

## **4.2. LES ZONES HUMIDES DES VALLÉES ALLUVIALES**

### **4.2.1. LA VALLÉE ALLUVIALE DES BARTHES DE L'ADOUR**

#### *Situation géographique*

Le site NATURA 2000, FR 7200720 « Barthes de l'Adour » est situé en Aquitaine dans le département des Landes (voir carte 4 en annexe). Il inclut les plaines alluviales situées de part et d'autre de l'Adour et de son affluent, le Luy. Sa délimitation correspond au territoire couvert par la crue centenaire de 1952, soit 12 810 ha. Les Barthes de l'Adour sont de vastes plaines alluviales, larges de 1 à 3 km, situées au sud du massif aquitain. Elles sont issues de la formation de ce massif et du contexte hydrographique du sud-ouest de l'Aquitaine. Au pied du coteau, se trouve une dépression latérale (cuvette ou gouttière), appelée « Barthe basse », elle-même séparée du lit mineur par des terres exhausées (bourrelet de berge ou bourrelet alluvial), appelé « Barthe haute » (Fig. 4.2.1).



**Fig. 4.2.1** Coupe transversale moyenne du lit majeur de l'Adour.

L'ensemble du Bas-Adour (qui correspond au site Natura 2000) se divise en trois secteurs présentant d'importantes différences en termes d'usages et de gestion. En amont de Dax (nord-est du site), il s'agit d'une zone plutôt forestière où des parcelles de peupleraie ont vu le jour et où le pâturage est traditionnellement libre. La filière de la populiculture s'est développée dans les années 90 pour pallier au manque d'activités rémunératrices dans les Barthes. Une des conséquences est la fermeture des milieux. Cette fermeture est accentuée par l'abandon des terres les moins fertiles au pied des coteaux où les canaux ne sont plus entretenus et où les parcelles agricoles se boisent d'aulnes, saules et frênes. En aval de cette zone, on trouve une zone intermédiaire de prairies où la pâture est moins libre (interdite pendant la production et la récolte du foin). Enfin, en aval (Bas-Adour inférieur) on trouve des terres presque exclusivement habitées et où il n'y a plus de gestion collective des terres.

#### *Géologie, géomorphologie et pédologie*

Dans le secteur étudié, la vallée de l'Adour, encombrée d'alluvions récentes déposées lors des crues, constitue une limite géologique et géomorphologique entre le plateau landais sableux (sable des Landes) et les collines chalossaises constituées de sables fauves parfois surmontés de cailloutis glaciaires. Entre ces collines s'étalent des nappes alluviales d'âges variés (argiles et galets) et des molasses éocènes (marnes sableuses à grumeaux calcaires). L'abondance des sables dans les terrains bordant la vallée explique la texture très grossière des dépôts sur les marges du lit majeur (apports des

petits ruisseaux affluents de l'Adour ou colluvionnements au pied du talus).

La différenciation des terrains correspond aux systèmes d'alluvionnement :

- Sur alluvions récentes de fonds de vallées :
  - o Sols argilo-sablo-limoneux (plus de 25 % d'argile) : de Dax au Bec des Gaves ;
  - o Sols de limons fins argileux (20 à 40 % d'argiles, 50 à 70 % de limons) à éléments fins, presque dépourvus de sable, très fertiles si assainis : de Saint Marie de Gosse à Bayonne ;
- Sur alluvions anciennes des terrasses :
  - o sols sablo-argileux (10 à 25 % de limons) acides, lessivés ;
  - o sols limono-argileux (9 à 25 % d'argiles, 25 à 50 % de limons) de texture très fine, riches en sables fins, et donc battants.

Les sols de la vallée de l'Adour, reposant sur un matériau alluvial, appartiennent aux « sols bruns lessivés » à tendance « marmorisée ».

### *Climatologie*

---

Adossé aux Pyrénées, largement ouvert aux influences atlantiques, ce bassin peut être qualifié d'océanique. Le territoire bénéficie d'un climat tempéré influencé par deux facteurs :

- ▶ La proximité de l'océan Atlantique qui apporte de la douceur et de l'humidité mais qui induit également une forte variabilité du temps ;
- ▶ L'effet orographique des Pyrénées qui accentue les précipitations et abaisse les températures.

A l'échelle du bassin, l'apport en eau peut être considéré comme conséquent (moyenne annuelle de 970 mm de pluies). La situation géographique du bassin crée cependant un gradient pluviométrique, peu marqué en été, mais qui est nettement plus fort en hiver où le phénomène orographique influe sur les dépressions océaniques.

### *Fonctionnement hydrologique*

---

Le fonctionnement hydrologique de l'Adour est complexe, gouverné par des processus naturels et une gestion anthropique forte qui a commencé dès le 17<sup>ème</sup> siècle.

#### Eaux de surface

L'Adour est un fleuve long de 335 km qui se jette dans l'Atlantique (au niveau des villes de Tarnos et Anglet) et prend sa source dans le massif pyrénéen du pic de Midi de Bigorre, au col du Tourmalet (2215 m). Ce fleuve est par ailleurs soumis à l'action des marées, son embouchure étant située à 7 km en aval de Bayonne. L'Adour, avec un débit moyen de 360 m<sup>3</sup>/sec, draine un bassin versant de 17 000 km<sup>2</sup>. Ce dernier est l'un des plus arrosés de France en raison de son ouverture sur le golfe de Gascogne à l'ouest, et de l'écran Pyrénéen au sud. La plupart des affluents de l'Adour (Louts, Luy, les Gaves réunis,...) descendent des Pyrénées ou des coteaux du Béarn. Seule la Midouze, affluent le plus important draine une partie des Landes et des coteaux de Gascogne. Torrent à régime nivo-pluvial en amont, l'Adour passe à un régime pluvio-nival, voire quasiment pluvial dans le Bas-Adour (secteur des Barthes de l'Adour).

#### Eaux souterraines

Le fonctionnement des Barthes est principalement lié aux eaux de surface (eaux météoriques, eaux de ruissellement), mais également aux eaux souterraines. La masse d'eau principale est la nappe alluviale « Alluvions de l'Adour et de l'Echez, l'Arros, la Bidouze et la Nive » d'une surface de 998 km<sup>2</sup> qui suit l'Adour depuis l'amont jusqu'à l'aval. C'est une nappe alluviale majoritairement libre, captive uniquement à l'aval (sous les argiles). La nappe reçoit de l'eau en période de hautes eaux et alimente le cours d'eau et soutient son débit en période d'étiage. La relation fonctionnelle est certaine entre l'Adour et la nappe alluviale mais les aspects quantitatifs de cette interaction sont mal connus.

Les nappes libres sont plus sensibles aux variations climatiques que les nappes captives (temps de réaction pouvant s'étaler sur plusieurs années), et dépendent également du type d'aquifère (plus ou moins poreux, fissurés). Dans le cas des nappes alluviales, une recharge hivernale plus importante peut en partie limiter les étiages liés à l'évapotranspiration et à la réduction des précipitations. Dans le cas de l'Adour il a été mis en évidence le rôle de réservoir potentiel très important que représente la nappe d'accompagnement de l'Adour, mais la quantification précise de ces échanges n'est pas estimée avec précision.

Le paysage, la structure des Barthes de l'Adour, et par conséquent son fonctionnement hydrologique, ont largement été modifiés par l'Homme. En effet, au cours du 17<sup>ème</sup> siècle, des travaux d'assainissement ont été menés sur cette zone humide. Celle-ci n'était alors qu'une vaste zone de marais et de marécages quotidiennement inondés par les marées qui remontaient l'Adour sur 40km. Une digue a été construite par la suite (18<sup>ème</sup> siècle) afin de limiter les divagations du fleuve, des canaux de traverses<sup>17</sup> et d'esteys<sup>18</sup> ont été créés afin d'évacuer les eaux de ruissellement, les eaux de la nappe alluviale. Enfin, des ouvrages hydrauliques à l'intersection des esteys et de l'Adour ont été mis en place afin de protéger les terres contre la remontée des eaux du fleuve lors des marées (création). Les ouvrages hydrauliques présents sur le site des Barthes de l'Adour sont ainsi très nombreux et diversifiés.

### *Qualité physico-chimique des eaux*

---

Les canaux des Barthes n'ont pas fait l'objet d'investigations approfondies de la qualité de l'eau. Cependant, lors des investigations concernant la problématique sur la circulation des espèces, des mesures de concentration et saturation en oxygène ont été effectuées au niveau de 62 ouvrages répartis sur l'ensemble du territoire des Barthes. Ces données indiquent une qualité de l'eau passable en moyenne s'expliquant dans certains cas par la présence de rejets domestiques à Rivière, et des rejets des établissements thermaux à Préchaq les Bains. Cependant, dans la majorité des cas, ces résultats résultent du faible niveau des eaux et donc de la présence d'eaux croupissantes et dépourvues de végétation aquatique.

### *Menaces actuelles*

---

Les prairies inondables des Barthes constituent un milieu fragile dont la dégradation est notable. La superficie des prairies a fortement diminué au cours des trente dernières années, au profit de la maïsiculture. Dans certains secteurs, l'abandon des prairies fauchées ou pâturées a également favorisé le boisement spontané ou artificiel (plantation de peuplier et de chênes) après drainage des parcelles, amenant à une fermeture des milieux. Enfin, le non-entretien du réseau de fossés et canaux compromet le fonctionnement hydraulique du site et la mise en pratique des règlements d'eau.

### *Description des habitats et des espèces*

---

La présence d'eau confère au biotope des Barthes de l'Adour des caractéristiques remarquables. La mosaïque des milieux ouverts et boisés est à l'origine d'une grande diversité d'espèces végétales et animales rares, menacées et protégées incluant un cortège d'espèces floristiques d'intérêt communautaires telles que la Fougère d'eau à quatre feuilles, le Flûteau nageant, l'Angélique à fruits variées, mais également des espèces faunistiques reconnues d'intérêt européens comme le Lucane cerf-volant, la Cistude d'Europe, le Vison d'Europe et la Loutre d'Europe.

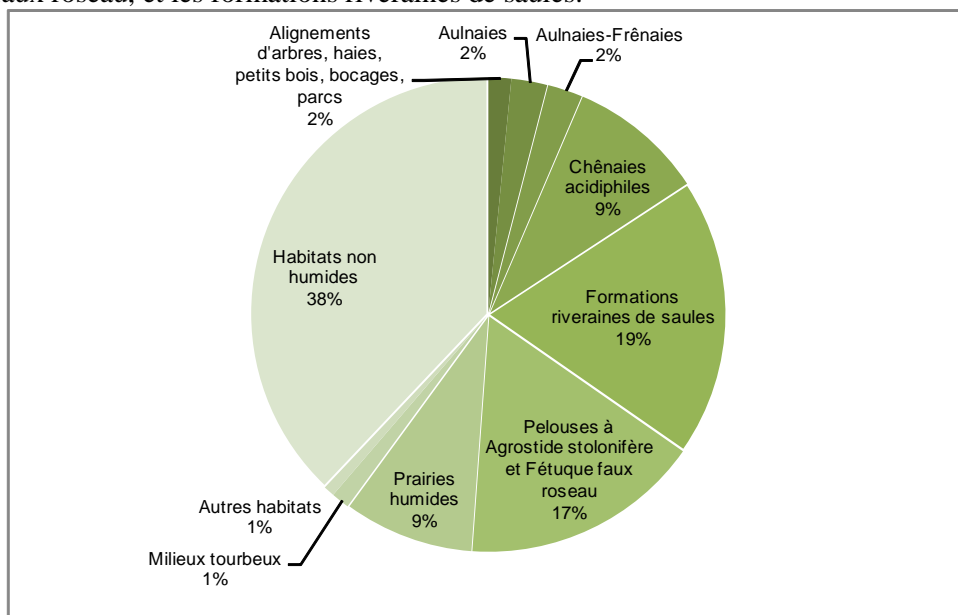
Parmi l'ensemble des habitats naturels recensés, seuls quatre sont d'intérêt communautaire prioritaire : les milieux tourbeux, les landes humides atlantiques tempérées, les forêts galerie de saules blancs et les forêts alluviales résiduelles aulnaie-frênaie. Dans le cadre de cette étude, les tourbières et les landes humides ont été regroupés, sous l'intitulé « Tourbières », les forêts galeries de saule sous l'intitulé « Formation riveraine de saule » et les forêts alluviales sous l'intitulé « Aulnaies-

---

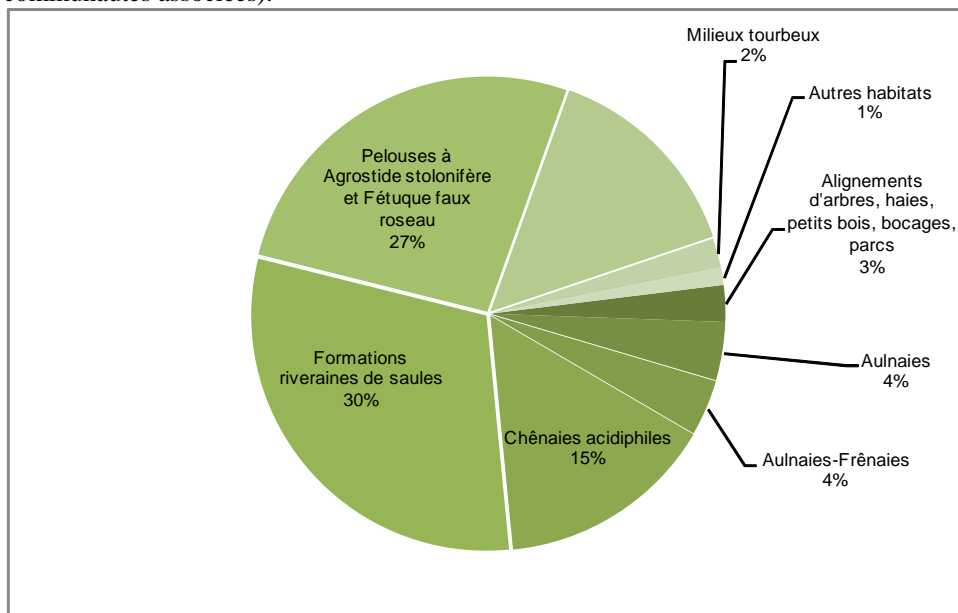
<sup>17</sup> Collecte des eaux pluviales.

<sup>18</sup> Collecte des eaux des canaux de traverses pour les amener jusqu'à l'Adour.

Frênaies » (voir tableau 4 et carte 12 en annexe). Environ 38% de la surface totale du site Natura 2000 est artificialisée (surface agricole, friche industrielle, plantations de peupliers ou de conifères ; Fig. 4.2.2, Fig. 4.2.3). Les habitats naturels prédominants sont les pelouses à *Agrostide stolonifère* et *Fétuque faux roseau*, et les formations riveraines de saules.



**Fig. 4.2.2** Occupation du sol au sein de la zone Natura 2000 des Barthes de l'Adour<sup>19</sup>. La surface totale de ces habitats naturels représente 62 % du site Natura 2000. ND : Non Déterminé. Par souci de lisibilité, les habitats dont la surface représentative est inférieure à 1% sont regroupés sous l'intitulé « autres habitats » (Roselières, Gazons des bordures d'étangs acides en eaux peu profondes, Eaux eutrophes à végétation flottante libre et/ou enracinée immergée, Communautés à grandes laïches, Communautés à Reine des prés et communautés associées).



**Fig. 4.2.3** Surface représentative des habitats naturels humides présents sur le site Natura 2000 des Barthes de l'Adour (Hors habitats non humides).

<sup>19</sup> La typologie des habitats naturels humides s'est basée sur la nomenclature Natura 2000 établie dans le cadre de l'élaboration du plan de gestion du site Natura 2000 (Document d'Objectif – DOCOB). Cette classification a été remaniée dans l'objectif de créer une matrice commune et cohérente à l'ensemble des zones humides étudiées.

Les formations riveraines de saules sont des forêts alluviales à bois tendre occupant la partie inondable du lit majeur des cours d'eau, sur alluvions récentes, et sont soumises à des crues régulières. On y trouve des espèces pionnières de saules (*Salix spp.*) avec des caractéristiques typiques, à savoir héliophiles, frugales, à croissance rapide, peu longévives et à fort pouvoir de dissémination. Ces espèces sont adaptées à la colonisation d'espaces ouverts, perturbés, sur des matériaux alluviaux récents. Au niveau de la strate herbacée, on observe la présence d'espèces de mégaphorbiaies et de roselières telles que la Reine des prés (*Filipendula ulmaria*), la Lysimaque commune (*Lysimachia vulgaris*) et la Baldingère faux-roseau (*Phalaris arundinacea*), vestiges des groupements colonisés par le saule. Ces forêts se situent sur la bordure immédiate de l'Adour, au niveau le plus bas par rapport à celui de l'eau. Sur certaines zones, elles sont réduites à une seule rangée d'arbres. L'intérêt de les conserver réside dans le fait que ce sont des formations résiduelles, ayant fortement régressé. Cette formation a également un grand rôle d'épurateur. En outre, ces forêts alluviales abritent une faune et une flore très abondantes et diversifiées, et leur impact paysager est incontestable.

Les Pelouses à Agrostide stolonifère et Fétuque faux roseau sont des prairies humides eutrophes, souvent inondées, pâturées, généralement assez riches, dominées par des espèces stolonifères, adaptées au piétinement et aux submersions temporaires, telles que l'Agrostide stolonifère, la Fétuque faux-roseau et la Laîche hérissée. Elles ne présentent pas d'intérêt patrimonial particulier, mais en contrepartie elles possèdent un potentiel fourrager intéressant.

Les groupements prairiaux des Barthes, les prairies humides, constituent des écosystèmes originaux d'une grande richesse biologique dont l'origine est essentiellement anthropique (hydraulique, agriculture, chasse, ...). Les gradients topographiques étant très faibles, de nombreuses formes intermédiaires existent entre les communautés très hygrophiles (en Barthe basse, plus facilement et plus longtemps inondables) et les communautés mésophiles (de la Barthe haute). La forme la plus abondante est la prairie méso-hygrophile à mésophile de la Barthe haute qui se développe dans les secteurs de topographie élevée (quelques décimètres de surélévation par rapport au niveau moyen de la Barthe haute) permettant une période d'inondation plus courte et diminuant l'hydromorphie du sol.

#### **4.2.2. LA VALLÉE ALLUVIALE DU RHIN-RIED-BRUCH**

##### *Situation géographique*

Cinq sites Natura 2000 situés dans la région Alsace couvrent pour partie les zones de la bande rhénane, le Ried Centre Alsace et le Bruch de l'Andlau. Ils comprennent pour chaque département alsacien (Bas-Rhin et Haut-Rhin) une Zone Spéciale de Conservation (ZSC) au titre de la Directive Habitats.

Dans le cadre de cette étude, deux sites seront considérés :

- Secteur alluvial « Rhin Ried Bruch de l'Andlau, Bas-Rhin » ZSC FR4201816 (ou SIC FR4202000) ;
- Secteur alluvial « Rhin Ried Bruch de l'Andlau, Haut-Rhin » ZSC FR4201817 (ou SIC - FR4201797).

Au sein de ce secteur alluvial « Rhin Ried Bruch de l'Andlau » (Bas-Rhin et Haut-Rhin), on peut distinguer plusieurs entités décrites dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 4.2.1** Surfaces des sites Natura 2000 Rhin Ried Bruch de l'Andlau (DOCOB FR 4202000/ FR4201797)

	Bas Rhin	Haut Rhin
<b>2 ZSC secteur alluvial « Rhin Ried Bruch de l'Andlau » composées de trois entités géomorphologiques</b>	<b>20 085 ha</b>	<b>4 259 ha</b>
<b>Bande Rhénane</b>	12 761 ha	3 431 ha
<b>Ried Centre Alsace</b>	6 485 ha	828 ha
<b>Bruch de l'Andlau</b>	572 ha	



Au total, le site Natura 2000 « Rhin-Ried-Bruch de l'Andlau » couvre un territoire de 24 345 ha du nord au sud de l'Alsace (voir carte 5 en annexe). L'altitude s'échelonne de 110 m à 245 m, du sud au nord sur la bande rhénane et entre 152 m et 181 m dans le Ried.

Les ZSC secteur alluvial « Rhin Ried Bruch de l'Andlau » concernent 37 communes depuis Colmar jusqu'à Erstein. Elles recouvrent le champ d'inondation de l'Ill (Ried gris) et les Ried noir de la Blind, de la Zembs ainsi que le Bruch de l'Andlau (cuvette alluviale de l'Ehn et de l'Andlau) et le site du Lottel (à Geispolsheim). Sur le Haut-Rhin, le site est composé principalement de forêts publiques (Forêts communales de Colmar-Niederwald, d'Elsenheim, Forêt Domaniale de l'Orch). Dans le Bas-Rhin, il s'agit de forêts alluviales à l'est de la RN 83 comprenant les massifs forestiers de Sélestat-Illwald, Ebersmunster, Kogenheim, Huttenheim, Benfeld et Matzenheim-Osthouse-Erstein et de l'ensemble des prairies de la zone inondable de l'Ill. Concernant le Bruch de l'Andlau, il s'agit de la zone protégée par un Arrêté de Protection de Biotope (APB). Enfin, le site du Lottel correspond à une zone humide gérée par le Conservatoire des Sites Alsaciens sur la commune de Geispolsheim.

### *Géologie, géomorphologie et pédologie*

---

La zone humide sur le Bruch de l'Andlau se situe au centre d'une vaste dépression d'environ 5000 ha, résultant d'un affaissement d'une partie du fossé rhénan à la fin de l'époque des glaciations du Würm (- 70 à - 20 000 ans av. J.-C.). Suite à cet affaissement, le Bruch est devenu un véritable «piège» à sédiments déposés par les rivières vosgiennes le traversant (Andlau, Scheer, Ehn, Dachsbach, ...), ou issus du colluvionnement des terrasses bordant la dépression. Ainsi, le nord du Bruch, présente un faciès limoneux plutôt calcaire dû à la prépondérance du colluvionnement, alors qu'au sud, l'influence de rivières vosgiennes crée une partie plutôt sableuse acide. L'ensemble est recouvert de loess.

Le Bruch est caractérisé par des sols hydromorphes, influencés notamment par la présence de la nappe phréatique. Dans les dépressions, la nappe remonte dans le sol par capillarité et influence sa composition par les battements qu'elle effectue (Ried noir). Sur les levées, les inondations sont rares voire inexistantes (Ried brun).

### *Climatologie*

---

Le climat est continental avec des influences océaniques. La température moyenne annuelle est d'environ 10°C. Les hivers sont longs, froids et peu ensoleillés et des été très chauds. Dans la bande rhénane, les précipitations sont généralement comprises entre 600 mm et 800 mm par an, et sont légèrement plus élevées dans le secteur des sites Natura 2000 considérés (moyenne : 1020 mm par an) : le centre et le sud de la plaine d'Alsace sont un peu plus secs que le nord en raison de l'effet de fœhn créé par les Vosges. Le Ried peut être encore plus sec avec des précipitations inférieures à 600 mm. Les précipitations sont maximales au début et à la fin de l'été.

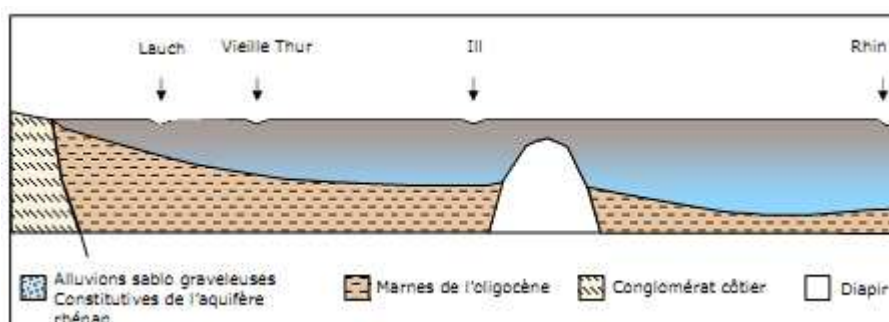
### *Fonctionnement hydrologique*

---

Le fleuve Rhin possède dans sa partie supérieure un régime de type nival avec des tendances pluviales glaciaires issues des conditions climatiques du haut bassin situé dans les Alpes suisses. Hors Rhin, le réseau hydrographique est constitué de l'Ill et de ses diffluences, ainsi que par le réseau des rivières phréatiques, alimentés par la nappe sous-jacente. L'Ill prend sa source au sud d'Altkirch, dans le Sundgau à 527 m d'altitude. Elle longe le Rhin sur un parcours de 217 km jusqu'à sa confluence avec le fleuve et draine un bassin versant de 4 760 km<sup>2</sup>. Elle recueille les eaux de tous les cours d'eau vosgiens s'écoulant au sud de Strasbourg. La nappe phréatique rhénane est la plus importante d'Europe occidentale. Elle circule à l'intérieur de la couche alluvionnaire de cailloutis rhénans et représente un volume approximatif de 50 milliard de m<sup>3</sup>. Son régime hydrologique suit celui du Rhin du moins dans la frange rhénane. Le niveau de la nappe varie en fonction des précipitations et de la dynamique du réseau hydrographique. Elle présente notamment : (i) une période de basses eaux entre janvier et avril, (ii) une période des hautes eaux entre mai et septembre. Par ailleurs, la canalisation du Rhin a énormément réduit l'influence du fleuve sur le niveau de la nappe.

Le Ried Centre Alsace pour sa partie « ellane », est totalement inclus dans le bassin versant de l'III. Il est également influencé par la nappe phréatique, présente en sous-sol sur toute la surface du site et parfois même affleurante. L'III a subi de nombreux aménagements conduisant à la réduction de sa zone inondable naturelle. Seule la partie comprise entre Colmar et Erstein a conservé la fonctionnalité de sa zone inondable. Celle-ci, d'une surface de 12 000 ha, peut stocker jusqu'à 35 millions de m<sup>3</sup> en période de crue. Le régime de l'III est océanique, à la différence du Rhin : les crues surviennent en hiver et au printemps, lors des fortes pluies. Par endroits, ces eaux peuvent subsister jusqu'à plusieurs semaines sous la forme de vastes plans d'eau d'allure lacustre.

Enfin, la ZSC sur le Bruch de l'Andlau est traversée par l'Andlau et son affluent le Dachsbach qui proviennent du massif des Vosges. Dans la partie nord, elle est longée par l'Erguelsenbach, cours d'eau phréatique qui prend naissance au cœur du Bruch (Meistratzheim).



**Fig. 4.2.4** Coupe transversale de la nappe ello-rhénane (SCOT Rhin Vignoble Grand Ballon, 2010).

### *Qualité physico-chimique des eaux*

En règle générale sur le bassin Rhin Meuse la qualité biologique, initialement passable, semble s'être améliorée depuis 10 ans. Dans le cas des matières azotées, le centre plaine (III, aval Ehn et Andlau ainsi que les cours d'eau phréatiques) voit se généraliser la classe de qualité « bonne ». Le cours aval des cours d'eau du nord de l'Alsace est également marqué par une stabilisation (Lauter) ou une amélioration (Eberbach, Moder, Zorn). L'analyse des matières phosphorées montre au niveau de l'III, une classe « moyenne », avec tout de même une tendance à l'amélioration. Dans cette zone, les apports liés aux rejets urbains se conjuguent certainement à ceux liés à la culture de la vigne. La Bruche a vu également sa situation s'améliorer sur l'ensemble de son cours. Alors que pour les cours d'eau situés au nord de l'Alsace (la Zorn, la Moder, la Sauer, le Seltzbach) il est constaté une tendance à l'amélioration, la classe de qualité sur leur cours médian et aval reste « médiocre » ou « moyenne ».

### *Menaces actuelles*

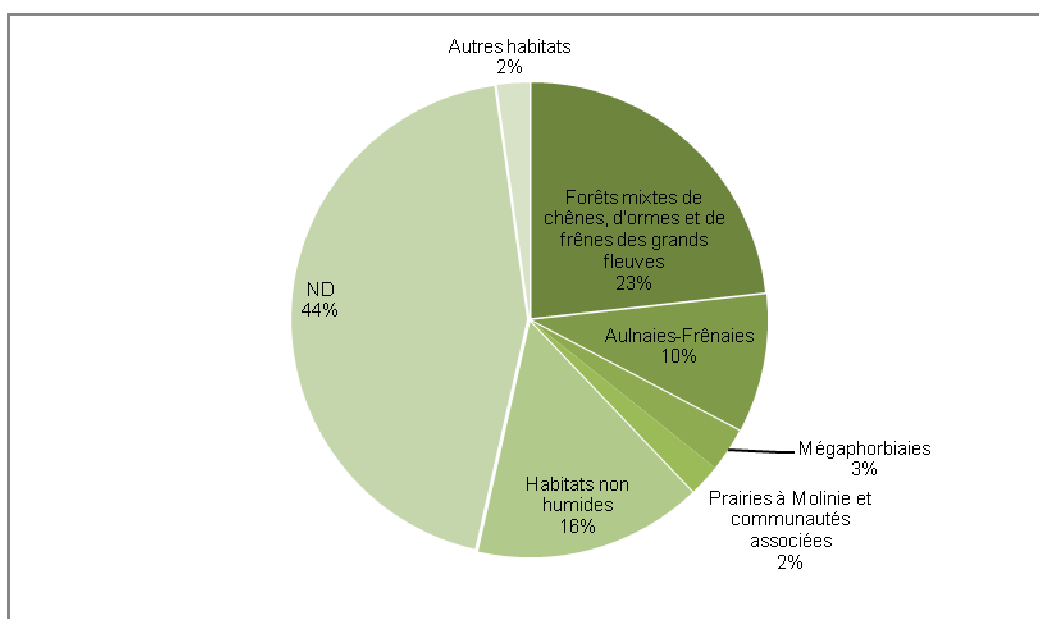
Plusieurs centrales hydroélectriques ont été construites sur le Rhin au XX<sup>ème</sup> siècle. Dix barrages sont aujourd'hui situés à proximité des sites Natura 2000 Rhin Ried Bruch. Il existe également des microcentrales hydroélectriques au niveau de chaque barrage de dérivation des festons : à Marckolsheim, Gamsheim, Rhinau. Plusieurs autres sont actuellement en projet. En aval des ouvrages hydroélectriques, le débit réservé influe fortement sur la nature des habitats et des espèces se développant dans le Rhin. Par ailleurs, ces aménagements hydrauliques du Rhin influencent les battements de la nappe, initialement de l'ordre de 2m et maintenant réduit aux alentours de 0.5 m.

La présence de gravières représente également une menace pour ces écosystèmes. Elles engendrent une importante consommation et sont à l'origine de modifications des conditions hydrodynamiques de la nappe phréatique.

### *Description des habitats et des espèces*

Les zones humides de la vallée alluviale du Rhin Ried Bruch comprennent de nombreux

habitats naturels d'intérêt communautaire (forêts alluviales à aulnaie-frênaie, pelouses sèches, prairies, roselières ou marais à *Cladium mariscus*): on en dénombre 18 habitats naturels d'intérêts communautaires dont 5 prioritaires concernant plus spécifiquement les dernières forêts alluviales (aulnaies-frênaies et chênaies charmaies alluviales) (voir tableau 5 en annexe). Ces milieux abritent un cortège d'espèces d'intérêt communautaire caractérisé par une diversité floristique importante, ainsi qu'une trentaine d'espèces animales et végétales appartenant, respectivement, aux annexes 1 et 2 de la directive " Faune, Flore, Habitats ". Enfin, ce secteur alluvial présente également un intérêt ornithologique remarquable (reproduction, hivernage et migration de nombreuses espèces).



**Fig. 4.2.5** Occupation du sol au sein de la zone Natura 2000 du Rhin-Ried-Bruch<sup>20</sup>. La surface des habitats naturels humides représente 40 % de la superficie du site Natura 2000. Par souci de lisibilité, les habitats dont la surface représentative est inférieure à 1% sont regroupés sous l'intitulé « autres habitats » (Eaux eutrophes à végétation flottante libre et/ou enracinée immergée, Dépôts d'alluvions fluviales limoneuses, Eaux mésotrophes à Characées, Eaux oligotrophes à végétation amphibie septentrionale, Formations riveraines de saules, Tourbières, Végétation à *Cladium mariscus*). ND : Non Déterminé.

Plus de 44% des habitats présents sur le périmètre du site Natura 2000 n'ont pas été inventoriés. Les habitats naturels humides représentent 40% de la superficie totale du site Natura 2000. Les systèmes prédominants sont les forêts mixtes de chênes, d'ormes et de frênes des grands fleuves (23%) ainsi que les aulnaies-frênaies (10%) (Fig. 4.2.5).

### **4.2.3. LA VALLÉE ALLUVIALE DE LA BASSÉE**

#### *Situation géographique*

La Bassée est une vaste plaine alluviale inondable de la Seine d'une surface d'environ 30 000ha et qui s'étend sur deux régions (la Champagne Ardenne et l'Ile-de-France), et sur trois départements (Seine-Marne, Marne, Aube) (voir carte 6 en annexe). Son étendue va depuis Méry-sur-Seine (Aube, 10) au nord-est jusqu'à Montereau-Fault-Yonne (Seine-et-Marne, 77) au sud-ouest, soit une distance d'environ 80 km avec une largeur moyenne de 4 km et une faible pente de l'ordre de

<sup>20</sup> La typologie des habitats naturels humides s'est basée sur la nomenclature Natura 2000 établie dans le cadre de l'élaboration du plan de gestion du site Natura 2000 (Document d'Objectif – DOCOB). Cette classification a été remaniée dans l'objectif de créer une matrice commune et cohérente à l'ensemble des zones humides étudiées.

0.6‰. La plaine de la Bassée est restée presque inhabitée car elle constitue une vaste zone d'expansion des crues où les inondations sont fréquentes et souvent prolongées. Ceci protège ainsi l'agglomération parisienne en assurant une réduction et un retard des pics de crue.

Cette plaine alluviale se divise en trois secteurs distincts, d'amont en aval :

- La plaine de Romilly (ou encore de Méry-sur-Seine) qui s'étend sur 13 000 ha entre Méry-sur-Seine et Nogent-sur-Seine, sur une largeur de 10 km. Cette plaine est demeurée relativement naturelle, et constitue une importante zone d'expansion des crues. La totalité de la plaine alluviale est inondée pour un débit compris entre 200 et 400 m<sup>3</sup>/s (225 m<sup>3</sup>/s environ, périodicité supérieure à 50 ans) ;

- La Bassée amont qui s'étend sur 10 000 ha de Nogent-sur-Seine à Bray-sur-Seine. Ce secteur se trouve à une situation intermédiaire dans la mesure où la voie d'eau actuelle ménage encore des zones d'inondations annuelles. La Seine n'est pas canalisée, mais il existe une portion en dérivation de Villiers-sur-Seine à Beaulieu à l'origine de deux sous-systèmes hydrauliques indépendants : la Petite Seine au sud et la Grande Noue d'Hermé et la Veille Seine au nord. Les terres sont inondées pour des débits compris entre 200 et 400 m<sup>3</sup>/s ;

- La Bassée aval qui s'étend sur 7 000 ha entre Bray-sur-Seine et Montereau-Fault-Yonne. Sur ce secteur, la Seine a été canalisée et a une capacité à 400 m<sup>3</sup>/s. Les barrages-réservoirs, sur la Seine et l'Aube en amont, limitent les débits de pointe à 350 m<sup>3</sup>/s. Les zones d'expansion des crues et d'inondations ont été supprimées.

Le site Natura 2000 SIC FR1100798 « La Bassée » d'une superficie de 1404 ha, est situé au cœur de la vaste plaine alluviale de la Bassée où la Seine atteint 5 km de large.

### *Géologie, géomorphologie et pédologie*

---

La Bassée repose sur un socle calcaire du Campanien, vieux de plus de 65 millions d'années (fin du Crétacé supérieur) et constitué de craie blanche. La Seine et ses affluents ont incisé ce socle calcaire au début de l'ère quaternaire (Pléistocène, vers - 1.6 millions d'années) et ont permis la création de vastes plaines alluviales telles que la Bassée. Au Quaternaire, les mouvements de surélévation du bassin parisien se sont progressivement accentués jusqu'à provoquer un enfouissement en gorge des vallées et le développement des méandres de la Seine. Les zones d'érosion ont permis l'affleurement des calcaires de St Ouen et des sables de Beauchamp. Puis, les cours d'eau de la vallée de la Seine ont façonné les paysages et ont favorisé la genèse des vastes formations alluvionnaires de la Bassée.

Deux types d'alluvions caractérisent la Bassée :

- Des alluvions anciennes, principalement constituées de sables et graviers alluvionnaires (épaisseur <5m) ;
- Des alluvions récentes, principalement constituées de graves calcaires (mélange de graviers et de sables) dont l'épaisseur moyenne est de 2m. Ces alluvions sont fréquemment recouvertes de substrats limono-argileux et comportent localement des niveaux tourbeux.

### *Climatologie*

---

Le climat de la Bassée est de type océanique soumis à des influences continentales. Le caractère océanique est mis en évidence par la faible amplitude thermique, la douceur de l'hiver (température moyenne : 4.5 °C) et la relative fraîcheur de l'été (température moyenne : 17.5 °C). Le caractère continental de la Bassée se caractérise par la relative faiblesse des précipitations (entre 600 et 700 mm par an) et l'importance du nombre de jours de gel (entre 60 et 70 jours par an). Les précipitations sont réparties sur toute l'année, 30 à 60 mm mensuels, avec une pluviosité plus importante en hiver et des orages l'été. Les étiages sont plus prononcés en été et les crues sont plus puissantes de décembre à mars (lorsque le régime océanique est bien établi).

### *Fonctionnement hydrologique*

---

Globalement, le fonctionnement hydrologique de la vallée alluviale peut être résumé aux échanges hydriques de la zone humide avec son environnement, au sens large, représenté par l'association du bassin hydrogéologique et de l'atmosphère. La localisation géographique de cette zone humide alluviale lui confère une aire d'alimentation très importante : la craie, s'étend jusqu'à la limite des argiles du Gault sur lesquels ont été installés les lacs-réservoirs artificiels. Leur gestion se superpose à un fonctionnement naturel régi par les précipitations et la capacité de la nappe de la craie associée à celle de la nappe alluviale.

#### Eaux de surface

Le réseau hydrographique particulièrement dense se tisse autour d'un axe principal, la Seine qui reçoit, depuis sa confluence avec l'Aube à Marcilly-sur-Seine, des affluents venus des plateaux, des cours d'eau phréatiques et d'anciens lits de la Seine (les noues). Le régime hydrologique de la Seine est dit « pluvial océanique », avec un écoulement maximum en hiver et minimum en été. Les crues de Seine sont principalement hivernales et correspondent aux périodes de hautes eaux (janvier-février). Celles-ci sont régulées par quatre grands lacs-réservoirs en amont de la plaine alluviale de la Bassée (lac d'Orient, lac du Der-Chantecoq, lac d'Armance et lac d'Auzon-Temple, lac de Pannecière) et plusieurs barrages et écluses. Ces lacs, qui constituent une réserve de 800 millions de m<sup>3</sup>, permettent à la fois d'écarter les crues et d'assurer un débit minimum d'étiage. La densité du réseau hydrographique s'explique également par le maillage constitué par les canaux de navigation, les fossés de drainage et les nombreux plans d'eau issus de l'extraction de granulats.

#### Eaux souterraines

La structure de l'aquifère de la Bassée est la suivante (depuis la surface jusqu'en profondeur) :

- Alluvions modernes (silts, limons, argiles), épaisseur < 1 m ;
- Alluvions anciennes (graviers, sables, limons et argiles), très perméables, épaisseur de 5 à 10 m ;
- Craie superficielle ayant subi une altération météorique, épaisseur de 20 à 100 m ;
- Craie profonde non altérée, substratum du système hydrogéologique de la Bassée, épaisseur 500 à 600m.

Sur la Bassée deux aquifères ont été identifiés:

- L'aquifère de la craie : la craie, perméable dans sa couche supérieure, et les alluvions renferment une nappe puissante et très productive. A l'affleurement, cette dernière est directement alimentée par les précipitations, ce qui provoque un battement saisonnier de la nappe de 10 m sur les coteaux;
- L'aquifère alluvial : cet aquifère d'une profondeur évaluée à 2 m entre Nogent et Monterau présente des battements annuels de plus de 2 mètres dans la plaine de Romilly ce qui lui permet de déborder en surface. Il est alimenté pour une faible partie par la Seine au travers des rives non colmatées et par l'aquifère du calcaire de la Brie, par les coteaux de rive droite, écoulement mis en évidence grâce au suivi des charges en nitrates sur des transects. Son alimentation se fait principalement par l'écoulement de la nappe de la Craie vers la vallée, par la réinfiltration des émergences tertiaires vers la vallée, directement par la vallée et par des infiltrations efficaces des eaux de pluie et lors des inondations.

#### Alimentation en eau de la zone humide

L'alimentation en eau de la Bassée dépend principalement de deux sources : d'une part les apports des aquifères (aquifère de la craie essentiellement, aquifère alluvial dans une moindre mesure), et d'autre part les apports météoriques (précipitations efficaces permettant la recharge du sol, et débordement lors de crues). Sur la période 1979-1995, la zone humide a été alimentée en moyenne à 73% en volume par les eaux de l'aquifère crayeux, et à 27% par les précipitations efficaces<sup>21</sup>. Ces chiffres varient mais globalement l'aquifère crayeux contribue à hauteur de 63% à 81% du volume annuel d'eau de la zone humide.

---

<sup>21</sup> Weng P., Coudrain A., Bendjoudi H. 2000. Chapitre 2.1 : la zone humide alluviale au sein du bassin versant. PNRZH, projet 07, rapport final.

### Fonctionnement de la zone humide

À partir des données piézométriques et tensiométriques, un schéma de fonctionnement hydrologique de la prairie alluviale a été proposé. Hors période de crue, la nappe alluviale alimente généralement la rivière avec une pente hydraulique moyenne de 0.5%. L'épaisseur du domaine non saturé est de 1.20m (hiver) à 1.30 m (été), les circulations y sont descendantes lorsque l'évapotranspiration est faible, ascendantes lorsque celle-ci est forte. En période de crue, l'eau s'infiltré par les berges et sature la totalité ou presque des horizons supérieurs. Lorsque le niveau de la rivière baisse, le drainage des premiers horizons de sol (argiles limoneuses) est assuré par les alluvions. Dans le même temps, la baisse du niveau de la Seine provoque une baisse rapide de la charge hydraulique dans les alluvions. La nappe de la craie, de transmissivité 2 à 10 fois inférieure à celle des alluvions réagit moins rapidement aux variations de la cote de la rivière, ce qui engendre des différences de charge hydraulique entre ces deux nappes et se traduit par l'apparition d'une importante composante verticale ascendante. On peut dès lors déduire que la gestion anthropique de la cote de la Seine a une conséquence directe sur les circulations dans les nappes sous-jacentes et donc sur la qualité chimique de celles-ci. Un tel schéma de fonctionnement doit être généralisable à l'ensemble des régions de zones humides riveraines de fleuve en régions tempérées et où les niveaux d'eau sont soumis au contrôle anthropique.

On peut ainsi distinguer deux grandes étapes dans le fonctionnement de la zone de la Bassée (Fustec, 1997<sup>22</sup>):

- Hors été et inondations (environ 60% du temps), l'eau circule depuis la zone humide vers la Seine, qui joue ainsi le rôle de drain de manière plus ou moins importante en fonction de son niveau (et donc de la gestion des barrages en amont) ;
- En été (environ 40% du temps), l'eau circule depuis la Seine vers la zone humide, dépendant là encore de la gestion des barrages en amont (soutien au débit d'étiage).

En conclusion, le fonctionnement hydrologique de la Bassée est guidé par :

- Un fonctionnement qui est le suivant : recharge en eau (pendant 8 mois) avec une forte contribution des eaux souterraines (environ 75%) et en été forte évapotranspiration (forte consommation d'eau) ;
- Une importante fonction de stockage de la zone humide ;
- Des inondations dues à des phénomènes de remontées phréatiques ;
- Un impact fort des barrages-réservoirs sur le fonctionnement de la zone humide ;

### Qualité physico-chimique des eaux

Le territoire de la Bassée présente de très forts enjeux en termes de qualité des eaux car il comprend une importante réserve d'eau pour toute l'Ile-de-France (potentiellement 350 000 m<sup>3</sup>/jour). Les indicateurs d'état biologique révèlent une qualité générale de l'eau mauvaise dans l'Auxence, en amont de Marolles-sur-Seine, et médiocre dans la Seine, en Bassée aval. Ces résultats sont à mettre en relation avec les teneurs élevées en produits phytosanitaires et nitrates des sols à proximité du fleuve. Il faut toutefois préciser que les efforts menés en matière de restauration et d'amélioration des stations d'épuration de la Bassée sont susceptibles d'améliorer la qualité des eaux dans les années à venir.

Concernant les eaux souterraines, de récentes mesures indiquent que la nappe alluviale et la nappe de la craie présentent des concentrations en nitrates élevées, et une contamination par l'atrazine et ses dérivés. Ces mesures indiquent également la présence en fortes concentration de glyphosate et d'AMPA. Ces pollutions trouvent leur source dans les apports anthropiques agricoles, via les eaux de surface. Aucune donnée concernant la qualité physico-chimique des eaux des noues, des vidées et des plans d'eau n'est actuellement disponible. On peut néanmoins préciser que celle-ci est étroitement liée à la qualité des eaux souterraines (nappe alluviale et nappe de la craie).

---

<sup>22</sup> Fustec E, Bendjoudi H, Gaillard S, Weng F, Boët Ph, Shannen O, Crognec S, Billen G. 1997. Fonctionnement du territoire "Bassée". UMR Sisyphe, UPMC

## *Menaces actuelles*

---

Le fonctionnement hydrologique de la Bassée est menacé par les activités anthropiques. Le secteur subit une forte pression foncière liée à l'activité d'extraction de granulats, pression qui reste constante dans le temps depuis de nombreuses années. Cette activité participe à la modification du fonctionnement de la plaine alluviale car elle entraîne une réduction du niveau de la nappe localement. Par ailleurs, deux grands projets d'aménagement de la zone mettent en péril ce fonctionnement. Tout d'abord la mise à grand gabarit de la liaison fluviale entre Bray-sur-Seine et Nogent-sur-Seine, actuellement à l'étude, conduirait à la disparition de la fonctionnalité de zone naturelle d'expansion des crues de la Bassée amont ; ce qui est une menace sérieuse pour tous les habitats inféodés aux zones soumises à des crues périodiques et/ou dépendant du niveau de la nappe. Et deuxièmement, un projet de casiers de surstockage est aussi actuellement à l'étude sur la Bassée aval. Ce projet vise à rétablir la fonction de zone d'expansion des crues de la Bassée aval où la Seine est canalisée, afin de retarder le pic de crue de la Seine pour laisser passer le pic de crue de l'Yonne. Cet aménagement aurait deux types d'impact majeurs : les impacts directs par destruction des habitats, consécutif à la mise en place des digues (qui couvriraient 173 ha), et les impacts indirects liés au fonctionnement de l'ouvrage (phase de remplissage et de vidange des casiers, impliquant une modification du fonctionnement du milieu, et un risque de noyage ou d'échouage selon les espèces).

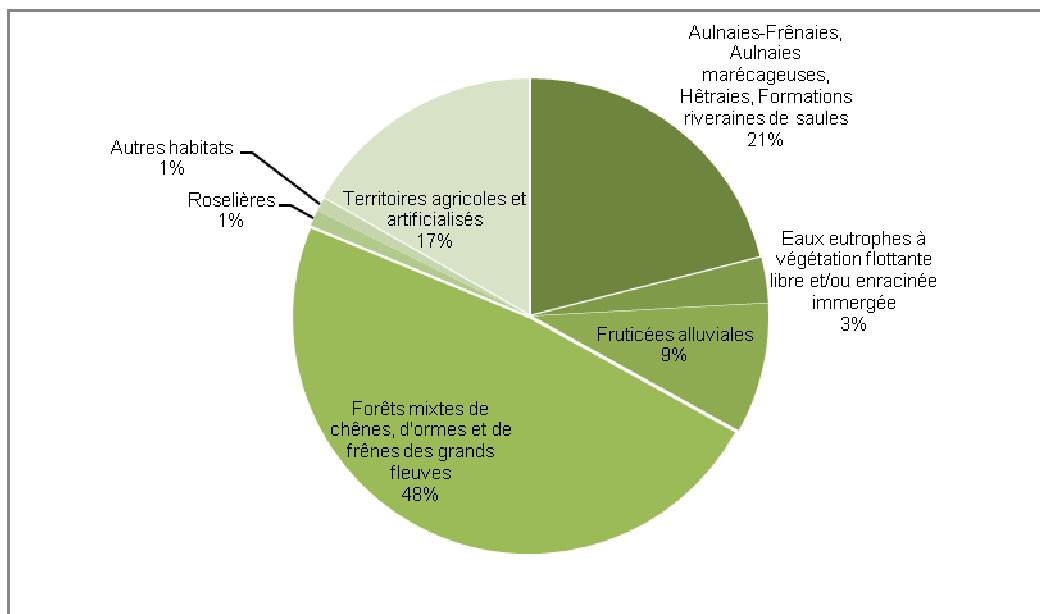
La qualité de l'hydrosystème de la Bassée est également menacée par les pollutions dues aux phytosanitaires utilisés par l'agriculture intensive.

## *Description des habitats et des espèces*

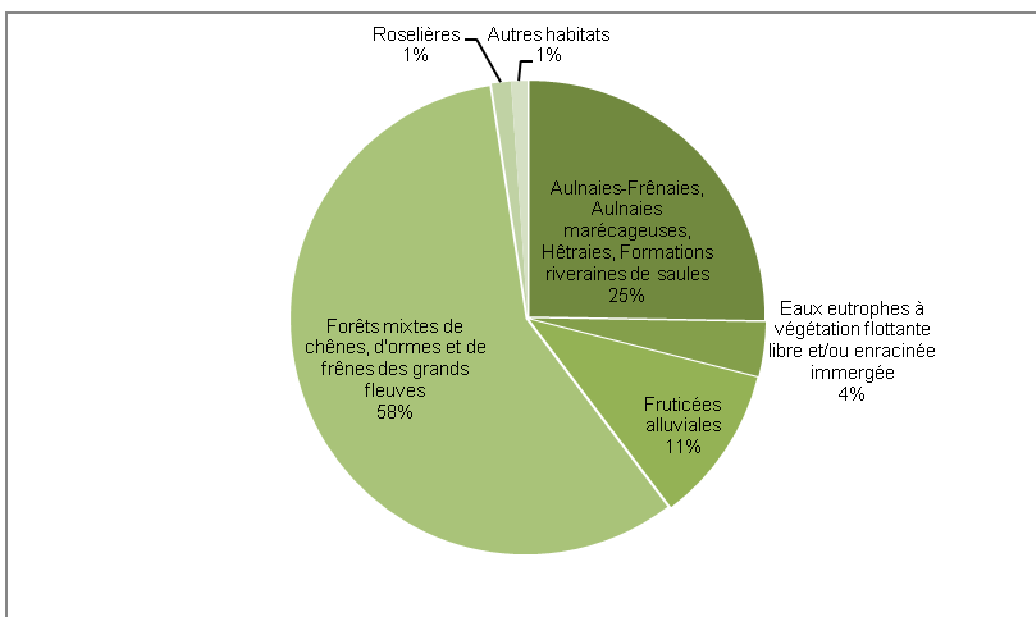
---

A l'intérieur des zonages Natura 2000 de « la Bassée », les surfaces occupées par les milieux aquatiques et les zones humides sont importantes et jouent un rôle majeur dans le fonctionnement des écosystèmes. Le site Natura 2000 de la Bassée comprend de nombreux habitats naturels d'intérêt communautaire (forêts alluviales à aulnaie-frênaie, pelouses sèches, prairies, roselières ou prairies à molinie) ainsi que deux habitats d'intérêt communautaire prioritaire : les pelouses sèches référencées sous l'intitulé « Pelouse sèche du *Mesobromion erecti* » (habitat non humide, donc non représenté dans notre étude) et les forêts alluviales résiduelles aulnaie-frênaie regroupées sous l'intitulé « Aulnaies-Frênaies » (voir tableau 6 et carte 13 en annexe).

Environ 17% de la surface totale du site Natura 2000 est artificialisé (surface agricole, friches, plantations de peupliers ou jardins; Fig. 4.2.6). Au sein des habitats naturels humides, les systèmes prédominants sont les forêts mixtes de chênes, d'ormes et de frênes des grands fleuves (58%) ainsi que les ripisylves (aulnaies, aulnaies-frênaies, hêtraies et formations riveraines de saules) (25%) et les fruticées alluviales (11%) (Fig. 4.2.7).



**Fig. 4.2.6** Occupation du sol au sein de la zone Natura 2000 de la Bassée<sup>23</sup>. La surface des habitats naturels humides représente 83 % de la superficie totale du site Natura 2000. Par souci de lisibilité, les habitats dont la surface représentative est inférieure à 1% sont regroupés sous l'intitulé « autres habitats » (Communautés à grandes laïches, Eaux mésotrophes à Characées, Communautés à Reine des prés et communautés associées, Lisières humides à grandes herbes, Prairies à Molinie et communautés associées, Prairies à Agropyre et Rumex, Prairies humides).



**Fig. 4.2.7** Surface représentative de chaque habitat naturel humide présent sur le site Natura 2000 de la Bassée.

Les forêts mixtes de chênes, d'ormes et de frênes des grands fleuves sont essentiellement localisées dans le lit majeur. Ces forêts alluviales sont dominées par les Frênes commun et oxyphylle, le Chêne pédonculé et l'Orme champêtre. D'autres espèces viennent cependant en mélange : Orme lisse, Peuplier noir, Saule blanc... La strate arbustive est fournie ainsi que la strate herbacée qui est composée d'espèces nitrophiles (Ortie, Lierre terrestre, Géranium luisant...) et d'espèces des sols frais (Oseille sanguine, Alliaire...). Au sein de la ripisylve, l'habitat majoritaire est l'Aulnaie-Frênaie. Sur

<sup>23</sup> La typologie des habitats naturels humides s'est basée sur la nomenclature Natura 2000 établie dans le cadre de l'élaboration du plan de gestion du site Natura 2000 (Document d'Objectif – DOCOB). Cette classification a été remaniée dans l'objectif de créer une matrice commune et cohérente à l'ensemble des zones humides étudiées.



le site Natura 2000 de la Bassée, ce type de boisement présente une strate arborescente bien développée mais globalement peu diversifiée. Elle est, en effet, largement dominée par l'Aulne glutineux (*Alnus glutinosus*), qui trouve dans ce contexte très humide, des conditions écologiques optimales. On notera également l'importance des populations de Frêne commun (*Fraxinus excelsior*) ainsi que la présence plus ponctuelle de quelques espèces hygrophiles à mésohygrophiles telles que le Saule blanc (*Salix alba*) ou le Peuplier grisard (*Populus canescens*).

## **4.3. LES ZONES HUMIDES DU LITTORAL MÉDITERRANÉEN**

### **4.3.1. L'ÉTANG DE MAUGUIO**

#### *Situation géographique*

---

L'étang de Mauguio, également connu sous le nom de l'étang de l'Or, fait parti des chapelets d'étangs côtiers du Languedoc-Roussillon. Son importance le situe au 4<sup>ème</sup> rang des étangs littoraux français après Berre, Thau et Salse-Leucate.

Le site Natura 2000 « Étang de Mauguio », SIC FR 9101408 et ZPS FR 9112017, couvre une superficie de 7427 ha dont 98 % se situe dans le département de l'Hérault et 2 % dans le département du Gard (pointe de la Radelle) (voir carte 7 en annexe). Avec près de 3 857 ha (52 % de la zone), le site Natura 2000 s'étend principalement sur la Commune de Mauguio-Carnon. Le relief est peu accentué : il s'échelonne de 200 m en bordure nord du bassin versant à une altitude nulle sur le littoral.

Le bassin versant de l'étang de Mauguio se divise en trois parties : la partie amont du bassin versant est peu peuplée et couverte par la garrigue et la vigne, la partie médiane est occupée principalement par des zones urbaines et artisanales, et la plaine littorale est une zone agricole. Entre la lagune et la mer s'étend un lido sableux où sont implantés deux pôles touristiques, la Grande-Motte à l'est, et Carnon à l'ouest. A la périphérie de la lagune, s'étendent de vastes zones humides sur environ 2000 ha.

#### *Géologie, géomorphologie et pédologie*

---

La pédologie du nord du bassin versant est surtout représentée par des terrains calcaires, marneux et molasses du Crétacé et du Tertiaire. Plus au sud, les formations villafranchiennes (sables, molasse, argiles et galets) recouvrent toute la plaine du Lez au Vidourle.

#### *Climatologie*

---

Le climat est de type méditerranéen : été chaud (juillet étant le mois le plus chaud avec 22.6°C en moyenne), hiver doux (6.4°C en moyenne en janvier). Les pluies ont lieu principalement en automne et en hiver. Les précipitations sont en moyenne de 20 mm en juillet (mois le plus sec) et de 110 mm en octobre (données de la station météorologique de Montpellier-Fréjorgues). Les vents de secteur nord-est et nord-ouest dominant.

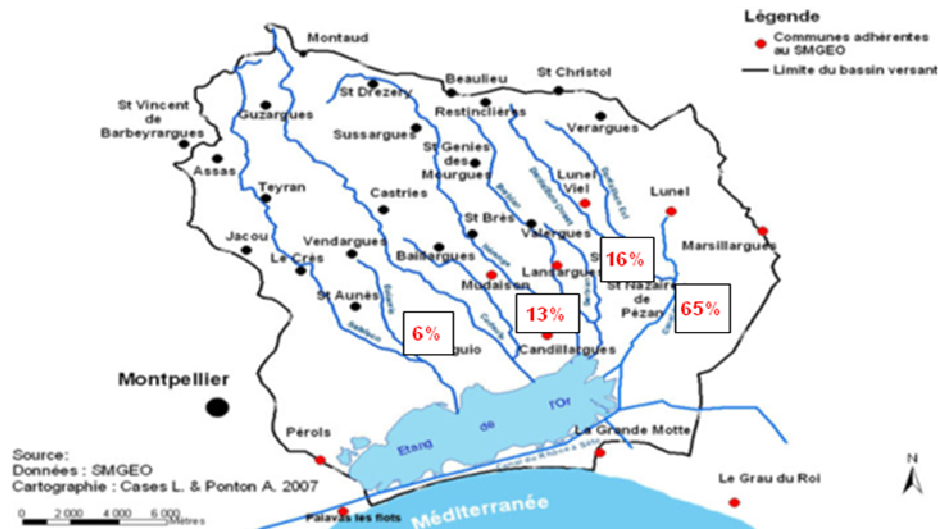
#### *Fonctionnement hydrologique*

---

L'étang est long de 11 km et large de près de 3 km, sa superficie est de 3 360 ha. La hauteur d'eau est faible, avec une moyenne de 0.8 mètre et une profondeur maximale de 1.3 m. Les cours d'eau qui alimentent l'étang sont de petites dimensions et ont des débits très faibles hormis lors des périodes pluvieuses souvent concentrées au printemps et à l'automne (Fig. 4.3.1). Ces apports proviennent à 65 % des exutoires de l'extrémité est de l'étang (Bérange, Viredonne, canal de Lunel y compris stations de drainage), à 16% par le Salaison, 13% par la Cadoule, 6% par les ruisseaux du nord-ouest (en % de volume annuel<sup>24</sup>). Pour une année de pluviométrie moyenne (745 mm), les apports d'eau douce par le bassin versant sont estimés à 70 millions de m<sup>3</sup>. Les amenées d'eau douce du Vidourle par pompage, essentiellement en période automnale, avoisinent 2.5 millions de m<sup>3</sup> (données de 2005 et de 2006). En 2007, le volume pompé s'est limité à 0.7 millions de m<sup>3</sup>. La pluie sur l'étang apporte 23 millions de m<sup>3</sup>. L'évaporation est importante et peut atteindre par an 41 millions de m<sup>3</sup>.

---

<sup>24</sup> Source : CEMAGREF, 1989.



**Fig. 4.3.1** Schéma du bassin versant de l'étang de Mauguio et des cours d'eau se déversant dans la lagune (modifié d'après le DOCOB FR 9101408/ FR 9112017, 2008).

Les échanges entre l'étang, le canal du Rhône à Sète et la mer sont complexes.

L'étang de Mauguio est en communication avec la mer au niveau du grau de Carnon au sud-ouest de l'étang. Il communique également avec la mer par le canal du Rhône à Sète par le biais de 7 connexions (Nive et Avranche, petit Travers, la cabanasse, le grand Travers, la passe de Moutas, les cabanes du Roc). Les échanges "eau de mer/eau de l'étang" sont directement liés aux conditions climatiques (vents). Ils varient entre 50 et 150 millions de m<sup>3</sup> annuels. Au total, la somme des entrées et des sorties d'eau sur l'année peut s'élever à 260 millions de m<sup>3</sup>, soit près de 10 fois le renouvellement complet du volume de l'étang.

Le bassin versant de Mauguio possède des aménagements hydrauliques spécifiques à ce territoire :

- La porte de Carnon limite les apports d'eau de mer dans le canal du Rhône à Sète et dans l'étang de Mauguio, en période de tempête (mise en place de barrages anti-sels);
- Les barrages anti-sel ont été mis en place sur certains cours d'eau (Cadoule, Bérange, Viredonne) pour éviter la salinisation des terres ;
- Le système de pompage sur le Vidourle a pour rôle de contraindre l'écoulement des eaux dérivées du Vidourle vers l'étang de Mauguio, tout en évitant les remontées d'eau salée à partir du canal du Rhône à Sète.

### *Qualité physico-chimique des eaux*

L'étang fait l'objet d'un suivi physico-chimique effectué par le Syndicat Mixte de Gestion de l'Etang de l'Or (SMGEO) dans le cadre du Réseau interrégional des gestionnaires de lagunes (RIGL).

#### **La salinité**

Il existe un gradient décroissant de salinité bien marqué d'ouest en est, en liaison avec les apports d'eau douce (les 2/3 arrivant par l'extrémité nord-est de l'étang) et les échanges avec la mer. En général, les variations temporelles sont plus importantes que les variations spatiales. La salinité, lors de périodes de sécheresse (août 2005), peut atteindre des valeurs supérieures à 30 g.l<sup>-1</sup>.

Les pics de salinité, survenant durant les mois d'été, ne sont pas nécessairement indicateurs d'échanges importants avec la mer, mais plus d'une évaporation intense et de la rareté des apports en eau douce en périodes estivales. Les valeurs les plus faibles sont quant à elles associées à des événements climatiques exceptionnels (orages violents, inondations...). Depuis 2001, la tendance est à l'augmentation de la salinité des eaux (SMGEO, 2008).

#### **La température**

La température subit en moyenne une augmentation régulière de janvier (+4°C en moyenne) à août où elle atteint son maximum voisin de 27 °C (SMGEO, 2007). Durant la période estivale, les observations effectuées font apparaître des températures plus élevées que celles habituellement rencontrées dans l'étang de Thau (maximum +24°C).

### **Le pH**

Le pH est le témoin de l'activité biologique. Pour une lagune « équilibrée », il se situe en général autour de 8.2. Sur l'étang de Mauguio, ce pH est toujours très supérieur à cette valeur atteignant des valeurs de l'ordre de 9.1 (entre 2004 et 2006, données SMGEO). Ces valeurs s'expliquent par la forte productivité de l'étang au niveau de sa biomasse végétale (intense photosynthèse). Aucune valeur inférieure à 7.5 n'a été relevée, ce qui démontre l'absence de bloom algueux ou de crise de malaïgue entre 2004 et 2006.

### **L'oxygène dissous**

Ce paramètre prend en considération les fluctuations de température et de salinité. Un milieu équilibré donne des valeurs proches de 100% de saturation en oxygène. Les valeurs de dioxygène dissous sont similaires d'un secteur à l'autre de l'étang de Mauguio pour une même période. Une baisse lente du taux de dioxygène dissous est constatée à partir de janvier, concomitante avec l'augmentation progressive de la température. Entre septembre 2006 et septembre 2007, les taux d'oxygène mesurés ont tous été supérieurs à 6 mg.l<sup>-1</sup>.

### **Les sels nutritifs**

Comme dans tous les systèmes aquatiques, l'eutrophisation de l'étang de Mauguio provient des apports d'azote et de phosphore véhiculés par les eaux qui l'alimentent (eaux usées, engrais, ruissellement urbain). La source majoritaire d'azote provient des cultures céréalières, alors que les apports phosphorés sont majoritairement issus du ruissellement urbain. Toutefois, les apports en sels nutritifs par le bassin versant sont à relativiser face aux rejets des stations d'épuration : les apports en sels nutritifs à la lagune sont principalement fournis par la station d'épuration et sont donc d'origine domestique.

### ***Menaces actuelles***

---

L'étang de Mauguio est confronté à différentes problématiques:

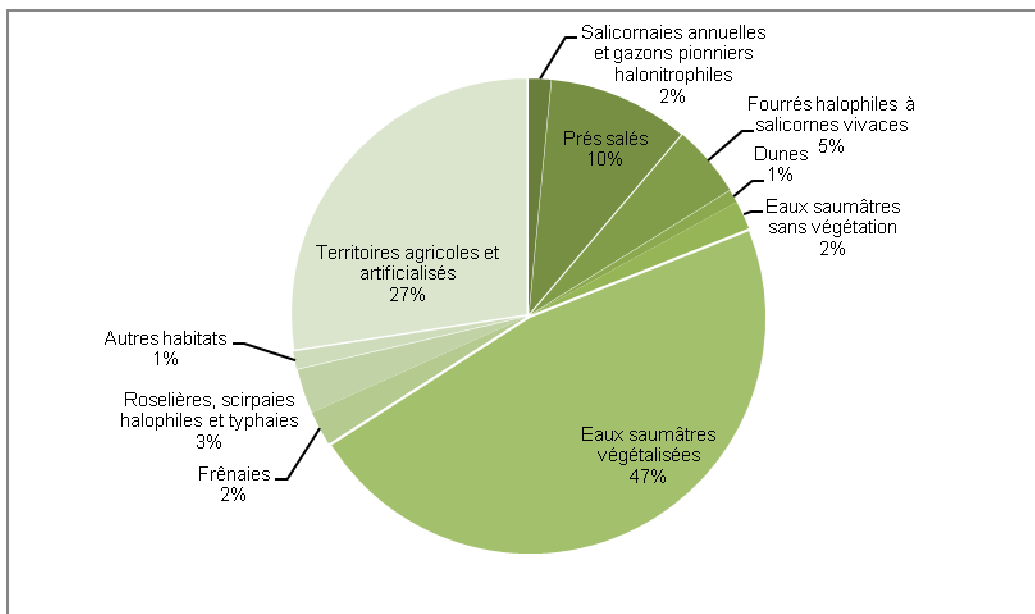
- Confinement entraînant une salinisation progressive des eaux et des milieux humides annexes ;
- Eutrophisation très importante liée aux apports excessifs issus du bassin versant ;
- Comblement : les cascaïls (*Ficopomatus enigmaticus*) prolifèrent dû au déséquilibre eutrophique et accentuent ainsi le phénomène de comblement de l'étang ;
- Artificialisation et dégradation physique des cours d'eau et de la lagune ;
- Accentuation des problématiques par le caractère méditerranéen (sécheresse, régime des cours d'eau, submersion marine) et l'attractivité (démographie, tourisme estival) du territoire.

Depuis 25 ans, l'eutrophisation n'a cessé de dégrader les eaux de l'étang. Dans l'état des lieux imposé par la directive CE « Cadre sur l'eau » (DCE, 2000), la lagune est considérée comme une masse d'eau à fort risque de Non Atteinte du Bon État en 2015.

### ***Description des habitats et des espèces***

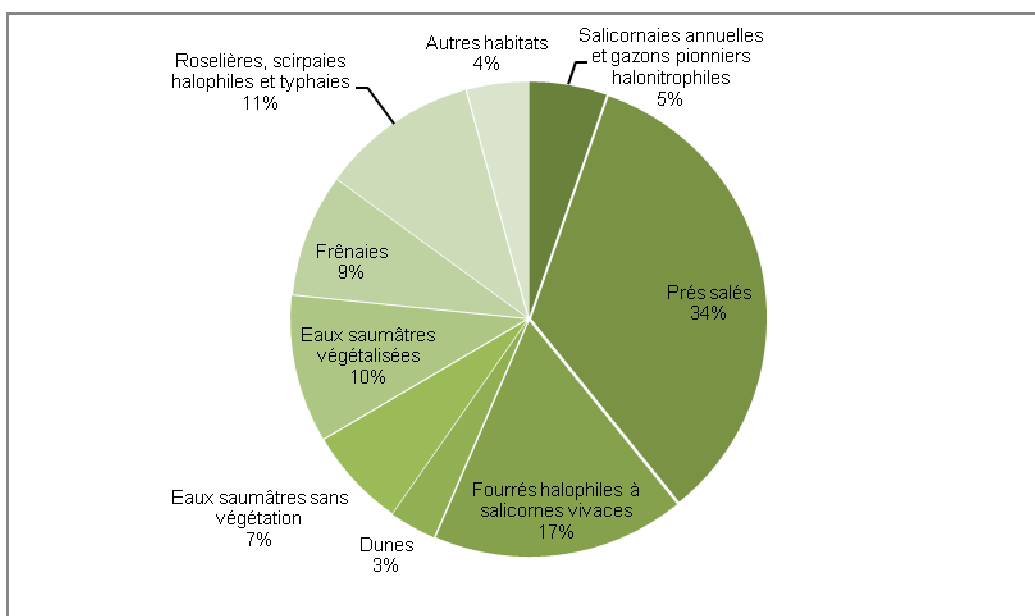
---

Les habitats naturels d'intérêt communautaire et prioritaire de l'étang de Mauguio sont majoritairement représentés par les prés salés méditerranéens (*Juncetalia maritimi*), les fourrés halophiles méditerranéens et thermo-atlantiques (*Sarcocornetea fruticosi*) ou encore les dunes sableuses et les forêts-galeries à *Salix alba* et *Populus alba* (voir tableau 7 et carte 14 en annexe). Ces milieux permettent d'accueillir un cortège d'espèces floristiques remarquables tel que la Nivéole d'été, le Linaire grecque ou Mauguiochis odorante.



**Fig. 4.3.2** Occupation du sol sur le site Natura 2000 de la lagune de Mauguio<sup>25</sup>. Seuls les habitats naturels de la zone humide sont détaillés, leur surface représente 73 % du site Natura 2000 (hors surface en eau).

L'occupation du sol du site Natura 2000 est divisée entre la lagune, les territoires artificialisés ou agricoles et les habitats naturels humides. Les habitats naturels humides ne représentent que 73 % de la surface Natura 2000 (en excluant la superficie de la lagune, Fig. 4.3.2). Au sein des habitats naturels humides, les systèmes prédominants sont les prés salés (13.3%), suivis des fourrés halophiles (17%) et des roselières, scirpaies halophiles et typhaies (11%) (Fig. 4.3.3).



**Fig. 4.3.3** Surface représentative de chacun des habitats naturels présents sur le site Natura 2000 de l'étang de Mauguio (hors surface en eau et territoires agricoles ou artificialisés). Par souci de lisibilité, les habitats dont la surface représentative est inférieure à 1% ont été regroupés sous l'intitulé « autres habitats ». Ils concernent les eaux eutrophes, les gazons méditerranéens amphibies halo-nitrophiles, la végétation aquatique enracinée flottante, les prairies humides et fourrés de Tamaris ouest-méditerranéens.

<sup>25</sup> La typologie des habitats naturels humides s'est basée sur la nomenclature Natura 2000 établie dans le cadre de l'élaboration du plan de gestion du site Natura 2000 (Document d'Objectif – DOCOB). Cette classification a été remaniée dans l'objectif de créer une matrice commune et cohérente à l'ensemble des zones humides étudiées.

Les prés salés peuvent être inondés périodiquement ou accidentellement. Ils tolèrent une salinité de la nappe de 30 à 70 g.l<sup>-1</sup>. Ils sont souvent bordés de joncs ou de haies de Tamaris et sont principalement situés sur les berges nord de l'étang de Mauguio. Les fourrés halophiles à salicorne vivaces ou sansouires désignent des formations halophytes (qui vivent sur des milieux salés) composées essentiellement de salicornes (*Arthrocnemum fruticosum*) et de soude (*Suaeda fruticosa*). Ces végétaux typiques de milieux fortement salés subissent une submersion périodique de plus ou moins longue durée. La salinité de la nappe est souvent supérieure à 30g L<sup>-1</sup> dans leurs zones de prédilection. Les roselières et scirpales sont des formations émergentes, herbacées, hautes et typiques des zones humides. Le roseau (*Phragmites australis*) et le Scirpe maritime (*Scirpus maritimus*) sont les deux espèces qui dominent ces formations. Sur ces territoires, la salinité de la nappe est inférieure à 10-15g L<sup>-1</sup>. La présence de la massette (*Typha latifolia*), espèce dominante des typhaies, dans les canaux ou de l'Iris des marais (*Iris pseudacorus*) dans les roselières, témoigne d'une faible salinité de ces milieux.

### **4.3.2. LA LAGUNE DE THAU**

#### *Situation géographique*

La lagune de Thau est la plus vaste et la plus profonde du littoral méditerranéen français après l'étang de Berre. Elle couvre une superficie de 7 500 ha et est séparée de la Méditerranée par un cordon littoral sableux (lido) de 12 km de long qui relie le Cap d'Agde au Mont Saint-Clair (voir carte 8 en annexe). Thau est en fait constitué de deux sous-bassins : le Grand Étang (7000 ha environ) et la lagune des Eaux Blanches (500 ha).

Le territoire de Thau compte aujourd'hui plusieurs sites Natura 2000 :

- Site Natura 2000 ZPS FR 9112018 « Étang de Thau et lido de Sète à Agde » (7770 ha) ;
- Site Natura 2000 SIC FR 9101411 « Herbiers de l'Étang de Thau » (4798 ha).

En 2009, les dimensions actuelles des sites FR 9112018 et FR 9101411 ont été réévaluées afin de faire coïncider les périmètres des deux sites, d'intégrer des zones humides ou des plans d'eau présentant un intérêt écologique fort et également assurer une cohérence de gestion avec d'autres sites Natura 2000 limitrophes comme le Bagnas ou les étangs palavasiens. La zone unique résultant de cette union occupe une surface de 8858 ha.

#### *Géologie, géomorphologie et pédologie*

Dans l'ensemble, les sols sont argilo-limoneux. Le niveau de salinité de ces sols varie selon leur localisation. Le cordon littoral est formé de sables fins provenant du transport littoral des sédiments amené par l'Hérault, l'Orb et l'Aude et par des débris coquillés.

#### *Climatologie*

La lagune et son bassin versant sont soumis à un climat de régime méditerranéen. Il se caractérise par des pluies automnales et hivernales assez importantes (plus de 50 à 60 % du cumul annuel) et des pluies printanières plus modérées (20 % du cumul annuel). Les épisodes pluvieux sont répartis sur un petit nombre de jours pour une moyenne de précipitations de 600 à 650 mm/an. Les étés sont chauds et secs avec des orages parfois très violents. La température moyenne annuelle est de 14 à 15 °C avec un maximum en juillet généralement et un minimum en janvier. Les variations de température influent en moins de 24h sur celle de la lagune. Le bassin de Thau bénéficie d'un microclimat où le soleil est omniprésent. On observe en effet un ensoleillement de plus de 2600 heures par an. Le vent dominant est la tramontane qui souffle principalement dans la direction N-NO.

#### *Fonctionnement hydrologique*

La lagune de Thau est alimentée par les eaux d'un bassin versant de superficie réduite, et par les apports souterrains restitués par les massifs karstiques qui les dominent. Le bassin versant regroupe dix cours d'eau dont les principaux sont la Vène et le Pallas (Fig. 4.3.4). Les débits des cours d'eaux temporaires varient brutalement selon les saisons, un comportement caractéristique en climat méditerranéen. La résurgence la plus importante est celle de la Vise (ou Bise), source subaquatique qui débouche au nord-est de l'étang à une bathymétrie de 30 m de fond.

La lagune communique de façon permanente avec la mer par le biais des graus et canaux :

- Le canal de Pisses-Saumes au sud ouest sur la commune de Marseillan pour  $12 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  partiellement ensablé et encombré de végétaux ;
- Le canal de Sète au sud est avec jusqu'à  $320 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  de volume échangé ;
- Le canal des Quilles à l'ouest de Sète avec des valeurs d'échange de moindre importance.

La lagune de Thau communique également avec des canaux de navigation (Canal du Rhône à Sète au nord-est de l'étang et Canal du Midi au sud-ouest).

La percolation par le lido est généralement négligée. En effet, la faible vitesse de circulation en milieu poreux ne permettrait les échanges que lorsque les différences de niveaux mer-lagune persistent plusieurs jours voire plusieurs mois. Le ruissellement des eaux sur le bassin versant et l'écoulement des nappes souterraines constituent un apport à la lagune estimé à 38 millions de  $\text{m}^3$  par an.

Ainsi, on considère que le volume global de la lagune est renouvelé en 5 mois. Les marées étant de faible amplitude, la présence des graus pour le renouvellement des eaux est déterminante.



**Fig. 4.3.4** Identification des différentes masses d'eau et hydrographie du bassin de Thau (DOCOB FR 9112018/FR 9101411, 2010).

### *Qualité physico-chimique des eaux*

Les caractéristiques physico-chimiques de l'Étang de Thau déterminent fortement la nature et le fonctionnement des communautés animales et végétales. La principale caractéristique des lagunes littorales réside dans la forte variabilité saisonnière des paramètres physico-chimiques.

#### **La température**

La température de l'eau de l'étang est comparable à celle de l'air et suit les mêmes variations. Tout au long de l'année, la température de l'eau évolue entre + 7°C et + 24°C (extrêmes : + 7°C en janvier et + 24°C en juillet). Les températures moyennes annuelles sont comprises entre + 15°C et + 16°C. D'une manière générale, et en raison des volumes d'eau concernés, les eaux de l'étang sont plus chaudes en été et plus froides en hiver que celles de la mer. Enfin, en hiver, les eaux profondes et de surfaces sont homothermes, alors que durant l'été les eaux superficielles sont plus chaudes, et durant l'automne, légèrement plus froides.

### **La salinité**

Les variations de salinité sont importantes au cours de l'année et selon la météo (les valeurs extrêmes se situent à 27g.l<sup>-1</sup> pour le minimum et 40g.l<sup>-1</sup> pour le maximum, proche de la salinité moyenne de la mer Méditerranée 38g.l<sup>-1</sup>). Plusieurs facteurs interviennent dans ces variations : en été et en automne, l'absence de pluie et/ou la forte évaporation augmentent la concentration en sels, celle-ci diminue en hiver et au printemps pour les raisons inverses (températures moins fortes et précipitations abondantes). Par extension, on remarque que la moyenne annuelle de salinité est inversement proportionnelle à la quantité de précipitations. Il existe aussi des variations entre les eaux superficielles et profondes, ces dernières étant plus salées (les eaux plus salées sont plus "lourdes" et les eaux de surface se diluent davantage à l'époque des pluies), surtout en hiver.

### **L'oxygène dissous**

Les eaux de l'étang sont bien oxygénées, régulièrement voisines de la saturation en oxygène dissous dont les quantités sont comprises entre 6 et 8 mg.l<sup>-1</sup>. Quelque soit la saison, le pourcentage de saturation est toujours supérieure à 90 %. On observe logiquement une meilleure oxygénation des eaux de surface, mieux brassées, et une diminution de l'oxygène dissous de juillet à décembre, comparativement aux eaux profondes.

### **Le pH**

Le pH est le témoin de l'activité biologique. Pour une lagune « équilibrée », il se situe en général autour de 8.2 et est inférieur à 7.5 pour des eaux eutrophes. Les eaux de l'étang sont un peu moins basiques que celles de la mer (pH de 8.3); les valeurs de pH variant de 7.8 à 8.3. Le Grand Étang a des eaux plus basiques que la zone des Eaux Blanches. Il existe également une différence entre les eaux de surface (plus basiques) et les eaux profondes.

### **Les sels nutritifs**

La distribution en sels nutritifs dans la lagune est liée aux apports d'eau douce par le bassin versant, à la présence des tables d'élevage et à la biomasse du phytoplancton. Le phosphore provient majoritairement des rejets des stations d'épuration (origine domestique). Les phosphates sont abondants (excédentaires même, par rapport à leur consommation par les plantes) dans l'étang de Thau, notamment en été où ils évoluent en même temps que la température. Les apports annuels de phosphore à la lagune sont passés de 135 tonnes en 1971 à 70 tonnes en 1996. Cette baisse s'explique en grande partie par l'amélioration des procédés d'épuration sur le bassin versant (raccordements, renforcement des stations d'épuration, ...). L'azote est essentiellement lié aux stations d'épuration et à l'activité agricole. Bien qu'en quantité importante durant l'hiver, la consommation d'azote par le phytoplancton et les macro-algues permet une chute importante de sa concentration durant l'été. Les apports annuels d'azote à la lagune de Thau sont estimés entre 200 tonnes et 300 tonnes, et sont essentiellement d'origine agricole et domestique.

### ***Menaces actuelles***

---

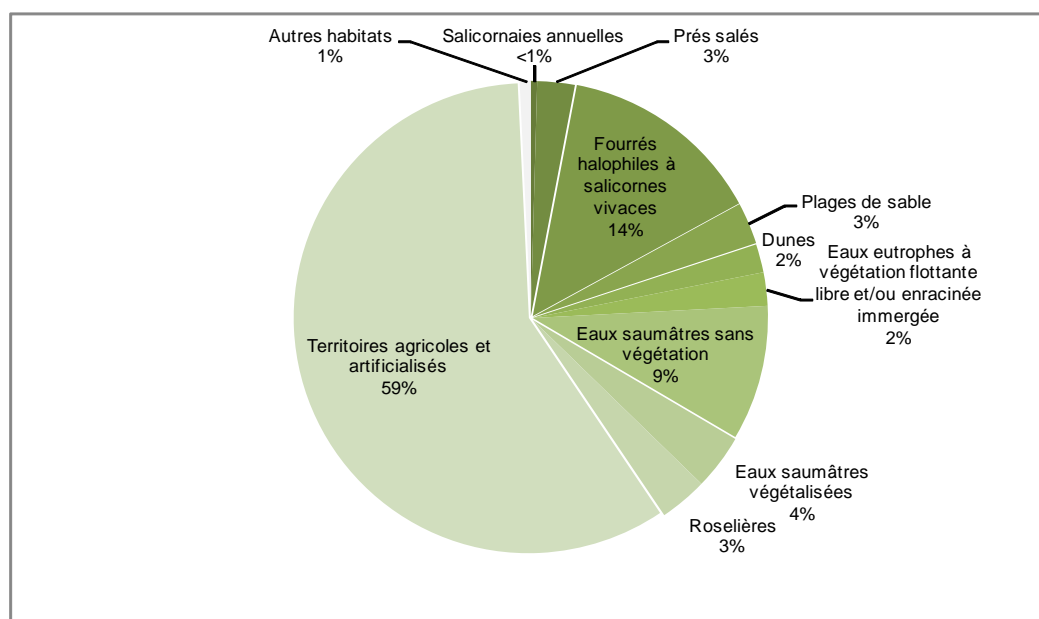
Les petites zones humides et les cours d'eau ont subi dans le passé et continuent de subir des dégradations (surfréquentation, régression des surfaces par comblements, aménagements, cabanisation...) qui influent sur leur fonctionnement (pollutions, morcellement des milieux, modifications des échanges hydrauliques). Les habitats situés sur le lido sont victimes du piétinement (en particulier les dunes) qui engendre leur destruction. L'enrichissement en sels nutritifs conduit par



ailleurs à l'eutrophisation des eaux et parfois même à l'apparition de malaïgues (crise anoxique brutale). Enfin, le site de l'étang de Thau et ses environs doivent faire face à des conflits sociaux dus à la cohabitation des activités agricoles, activités cynégétiques et activités de loisirs de pleine nature.

### *Description des habitats et des espèces*

Au total, 17 habitats naturels terrestres ont été recensés sur la zone humide de la lagune de Thau (voir tableau 8 et carte 15 en annexe). Plus de 59% de la surface du site Natura 2000 est artificialisée ou à vocation agricoles (hors surface en eau, Fig. 4.3.5). Au sein des habitats naturels humides (hors milieux en eaux saumâtre), les systèmes prédominants sont les fourrés halophiles (34%), suivis des roselières (8%) et des plages de sable situées majoritairement sur le lido (7%) (Fig. 4.3.5, Fig. 4.3.6).



**Fig. 4.3.5** Occupation du sol du site Natura 2000 de l'étang de Thau<sup>26</sup>. La surface totale de ces habitats naturels (hors lagune) représente 9 % du site Natura 2000. Par souci de lisibilité, les habitats dont la surface représentative est inférieure à 1% sont regroupés sous l'intitulé « autres habitats » (Steppes salées, Prairies humides, Formations riveraines de saules, Frênaies, Peupleraies).

Les habitats de la lagune de Thau forment une mosaïque de milieux plus ou moins adaptés à la salinité. Les steppes salées sont, par exemple, des formations végétales très ouvertes, à caractère pionnier, présentes sur des sols très salés. Les fourrés halophiles, adaptées au milieu salé, sont périodiquement inondées par le niveau des plus hautes eaux. Les divers types de prés-salés présents dans les zones humides de la lagune de Thau colonisent les zones humides littorales faiblement à moyennement salées et peuvent subir des inondations temporaires par de l'eau douce à saumâtre. Ils sont formés par un assemblage de hautes et denses graminées, cypéracées ou joncacées. Les prairies humides forment un cortège de plantes herbacées adaptées aux stations plus ou moins humides, douces ou légèrement saumâtres. En outre, les habitats dunaires caractérisés par la présence de l'Oyat ou de la Crucianelle maritime sont des systèmes dont la tolérance à la salinité est relativement faible.

<sup>26</sup> La typologie des habitats naturels humides s'est basée sur la nomenclature Natura 2000 établie dans le cadre de l'élaboration du plan de gestion du site Natura 2000 (DOCUMENT d'Objectif – DOCOB). Cette classification a été remaniée dans l'objectif de créer une matrice commune et cohérente à l'ensemble des zones humides étudiées.



**Fig. 4.3.6** Surface représentative des habitats naturels humides du site Natura 2000 de la lagune de Thau (hors superficie de la lagune et territoires agricoles ou artificialisés).

### 4.3.3. LES ÉTANGS DE LA NARBONNAISE

#### *Situation géographique*

Les étangs de la Narbonnaise se composent de quatre lagunes distinctes (Bages-Sigean, Ayrolle, Campagnol, et Gruissan) et leurs marais associés, "coincés" entre les massifs de la Clape au nord, de Fontfroide à l'ouest et la mer, dont elles sont séparées par un lido. Le lido de la Vieille-Nouvelle, long de plus de 8 km, sépare les étangs de Bages-Sigean et de l'Ayrolle de la mer (voir carte 9 en annexe). Cette barrière est coupée en deux par le grau naturel de l'Ayrolle, permettant la communication avec la mer. Les graus de Mateille, Gruissan et Bages-Sigean ont été chenalisés.

Ce complexe lagunaire couvre une superficie de 9 555 ha (site Natura 2000) et s'étend sur 14 km du nord au sud, de Narbonne à Port-la-Nouvelle, et d'ouest en est, sur 10 km de Peyriac-de-Mer à Gruissan et la mer, dans une dépression datant du Quaternaire en partie entouré de collines arides mais peu élevées. A l'ouest les massifs des Corbières et de Fontfroide, à l'est le massif de la Clape et l'île St-Martin, au sud le cap Romarin. Au nord, l'espace est occupé par l'agglomération Narbonnaise et la basse plaine de l'Aude. Au sud-est, les étangs bordent une vaste zone de salins (Gruissan, Port-La-Nouvelle) et la mer. Une des principales caractéristiques de ce complexe lagunaire reste l'existence de nombreuses îles dont certaines accueillent des habitats naturels secs méditerranéens (pelouses, garrigues).

#### *Géologie, géomorphologie et pédologie*

Ces étangs représentent un ancien golf quaternaire dont toute la partie nord a été colmatée par les apports de l'Aude, jusqu'à une période très récente, alors que se fermait le cordon littoral. Les dépôts fluviaux du quaternaire récent recouvrent de très grandes surfaces. Ils ont été apportés, en nappes successives, par les eaux de la Berre, de l'Aude et certains cours d'eaux secondaires. Ces dépôts fluviaux sont de nature très variable, souvent argilo-limoneux, argilo-sableux, ou limoneux.

#### *Climatologie*

Les étangs de la Narbonnaise sont soumis à un climat méditerranéen, caractérisé par des événements climatiques parfois extrêmes, voire violents : sécheresse estivale, pluies importantes de

l'automne et du printemps (correspondant souvent aux équinoxes), tempêtes de secteur sud à sud-est, vents forts de secteur nord-ouest toute l'année. Les précipitations sont plutôt faibles et concentrées sur de courtes périodes pluvieuses (environ 600 mm/an sur 75 jours en moyenne). Ce territoire est caractérisé par du vent (Tramontane ou Cers), souvent fort (en moyenne 130 jours/an de vents dépassant les 90 km/h dans le département). Les moyennes de température approchent les 30°C l'été, pour un minimum de 3°C l'hiver.

### Fonctionnement hydrologique

---

Le site de Bages-Sigean, Ayrolle, Campignol et Gruissan est un ensemble d'étangs partagé en trois bassins distincts:

- L'étang de Bages-Sigean est relié à la mer par le port de Port-la-Nouvelle;
- Celui de Campignol est relié à l'Ayrolle, lui-même en communication avec la mer par l'un des derniers graus naturels de la côte languedocienne;
- L'étang de Gruissan est en communication avec la mer par le canal du Grazel.

Le complexe lagunaire constitue l'exutoire d'un bassin versant de 550 km<sup>2</sup>, mais chaque étang est alimenté par un ou plusieurs bassins versants indépendants (Tableau 4.3.1).

#### L'étang de Bages-Sigean

L'étang de Bages-Sigean communique avec la mer par le grau de Port la Nouvelle, long de 2 km, canalisé et aménagé en port de commerce depuis le XIX<sup>ème</sup> siècle. Compte tenu du faible volume de l'étang par rapport à l'étendue de son bassin versant, le renouvellement des eaux est important dans la partie sud. De même, la mesure des échanges entre la mer et l'étang a montré qu'il pouvait y avoir, sur des périodes de quelques jours, un renouvellement complet des eaux de cette partie sud, du fait des entrées maritimes. Dans le reste de l'étang, et surtout dans la partie nord, le renouvellement est plus difficile. La topographie complexe de l'étang et la présence de l'île de l'Aute en son milieu, sont des facteurs limitant la circulation de l'eau, d'autant plus que l'unique grau se situe à l'extrémité sud de l'étang.

#### Les étangs de Campignol, Ayrolle et Gruissan

Les étangs de Campignol, l'Ayrolle et Gruissan reçoivent principalement les eaux en provenance du réseau hydraulique artificiel de la basse plaine de l'Aude, ainsi que de quelques ruisseaux et résurgences temporaires en provenance du massif de la Clape. L'étang de l'Ayrolle reçoit directement les eaux de mer par le grau naturel de la Vieille-Nouvelle, dont la section est très variable. Ce grau garde un fonctionnement totalement naturel. L'étang de l'Ayrolle est considéré comme le plus « marin » des étangs de la Narbonnaise.

Les trois étangs gruissannais ont des topographies simples (étangs circulaires). L'Ayrolle, étang très ouvert vers la mer, a un temps de renouvellement des eaux assez court. Par contre, les étangs de Gruissan et Campignol sont beaucoup plus confinés, du fait de leur éloignement de la mer, mais aussi, de la présence d'importants récifs calcaires révélateurs de la présence de cascaill qui limitent significativement la circulation de l'eau (cas de Campignol notamment). Le renouvellement des eaux de ces étangs est donc étroitement lié au régime des précipitations, des vents, aux fluctuations du niveau de la mer et au rapport volume de l'étang/volume moyen des apports continentaux annuels.

Le volume annuel d'eau douce drainé par l'ensemble du bassin versant du complexe lagunaire est estimé à 120 millions de m<sup>3</sup>. La répartition de ces apports en eau douce entre les bassins sud et nord de l'étang n'est cependant pas homogène : environ 75% se font au nord de l'île de l'Aute contre 10% dans sa partie sud.

**Tableau 4.3.1** Synthèse des caractéristiques hydrologiques de chacun des étangs du complexe lagunaire de Bages-Sigean (données issues du DOCOB FR9101440).

Étang	Profondeur moyenne (m)	Superficie (en ha)	Volume (en millions de m <sup>3</sup> )	Superficie du bassin versant (km <sup>2</sup> )	Sources d'apport en eau douce	Volume annuel eau douce (en millions de m <sup>3</sup> )	Sources d'apport en eau de mer
Campagnol	0.5	115	0.5		Ruisseaux temporaire Canaux de Tallavignes Canaux de Lastours, Ste Marie, la Réunion, l'Empereur Débordements de l'Aude en rive droite	40	Communication avec l'étang de l'Ayrolle par un chenal
Ayrolle	0.75	1320	9	105			Grau naturel de la Vieille-Nouvelle
Gruissan	0.55	145	0.7				Canal du Grazel
Bages-Sigean	1.5	3800	50	445	Canaux de cadriège, tauran, Robine et Canélou Ruisseaux du rec de Veyret, des Colombiers, et temporaires La Berre Le Rieu	80	Grau de Port la Nouvelle
<b>TOTAL</b>		<b>5380</b>	<b>60.2</b>	<b>550</b>		<b>120</b>	

### *Qualité physico-chimique des eaux*

#### **La salinité**

L'étang de Bages-Sigean possède deux îles dans sa partie centrale qui constituent une frontière naturelle entre les bassins sud et nord de l'étang. Elle limite l'influence des eaux marines dans les zones les plus éloignées de la mer. De ce fait, un gradient décroissant de salinité peut être observé du sud au nord : les eaux du sud de l'étang restent généralement assez marinisées, tandis que les eaux du nord de l'étang ont des salinités beaucoup plus dépendantes des conditions météorologiques (donc plus variables). L'étang de l'Ayrolle est considéré comme le plus marinisé des étangs de la Narbonnaise avec une salinité moyenne comprise entre 31 et 35 g.l<sup>-1</sup>. L'étang de Gruissan peut être caractérisé par des niveaux de salinité élevés avec des phénomènes importants de dessalure des eaux en période de fortes pluies. L'étang de Campagnol a des niveaux de salinité très variable, souvent plus élevés en hiver (contrairement aux autres lagunes) à cause de la réduction des apports en eau douce (abandon des submersions hivernales des vignes et développement de l'irrigation estivale).

#### **La température**

La température subit en moyenne une augmentation régulière de janvier (+ 5°C en moyenne) à août où elle atteint un maximum d'environ 25 °C.

#### **Le pH**

Le pH est le témoin de l'activité biologique. Pour une lagune « équilibrée », il se situe en général autour de 8.2. Les valeurs du pH de l'étang de Bages-Sigean varient en général autour de 8.5. Quelques valeurs particulièrement élevées, dépassant même un pH de 10, et des valeurs particulièrement basses (entre 2000 et 2004) montrent l'importance des phénomènes de productivité biologique à l'intérieur du site. Les valeurs interannuelles moyennes sont relativement élevées pour Bages-Sigean et pour l'étang d'Ayrolle, signe d'une forte productivité biologique.

#### **L'oxygène dissous**

Les concentrations en oxygène dissous ne suivent pas une évolution classique pour ce genre de milieux avec une baisse des valeurs en période estivale et une hausse en période hivernale. Des

valeurs moyennes relativement élevées de la saturation en oxygène ont été enregistrées sur ce site. Les valeurs maximales ont relativement importantes avec un maximum absolu de 199% (Bages-Sigean). Ces valeurs confirment la forte activité photosynthétique des étangs du complexe lagunaire.

**Tableau 4.3.2** Synthèse des caractéristiques physico-chimiques des étangs du complexe lagunaire de Bages-Sigean. Les valeurs sont des moyennes effectuées sur le suivi 2000-2004 des étangs (FOGEM, 2005<sup>27</sup>).

Paramètres physico-chimiques	Etang de Bages-Sigean	Etang de l'Ayrolle	Etang de Gruissan	Etang de Campagnol
Salinité	30 g.l <sup>-1</sup>	31 à 35 g.l <sup>-1</sup>	30 à 36 g.l <sup>-1</sup>	10 à 14 g.l <sup>-1</sup>
pH	8.5	8.4 à 8.7	8.2 à 8.4	8.2
Oxygène dissous	9 à 13 mg.l <sup>-1</sup>	8 à 9 mg.l <sup>-1</sup>	7.4 à 9 mg.l <sup>-1</sup>	6 à 10 mg.l <sup>-1</sup>
Saturation en oxygène	125%	100 %	100 %	60 à 100 %

### Les sels nutritifs

Les apports à l'étang par le bassin versant sont très hétérogènes entre le nord et le sud. Dans la partie nord de l'étang, d'importants dysfonctionnements trophiques ont été constatés. Ils se traduisent par des teneurs excessives en sels nutritifs dans l'eau et les sédiments, des variations importantes de l'oxygène dissous, une production phytoplanctonique permanente qui colore les eaux. Cette dégradation de l'état lagunaire de l'étang de Bages-Sigean vis-à-vis de l'eutrophisation est liée à des rejets importants en nutriments (azote et phosphore) du bassin versant, mais aussi à un fort niveau de confinement (faible renouvellement des eaux) des bassins nord de l'étang. Les principales sources en éléments nutritifs sont les stations d'épurations (pollution domestique), l'agriculture, le ruissellement urbain, mais également les industries en bordure de l'étang. Cependant, une tendance nette à l'amélioration a été observée depuis 2008. La mise aux normes de plusieurs stations d'épuration ces dernières années (Narbonne, Port-la-Nouvelle) a permis d'améliorer de façon significative la qualité des rejets dans le milieu lagunaire.

### Menaces actuelles

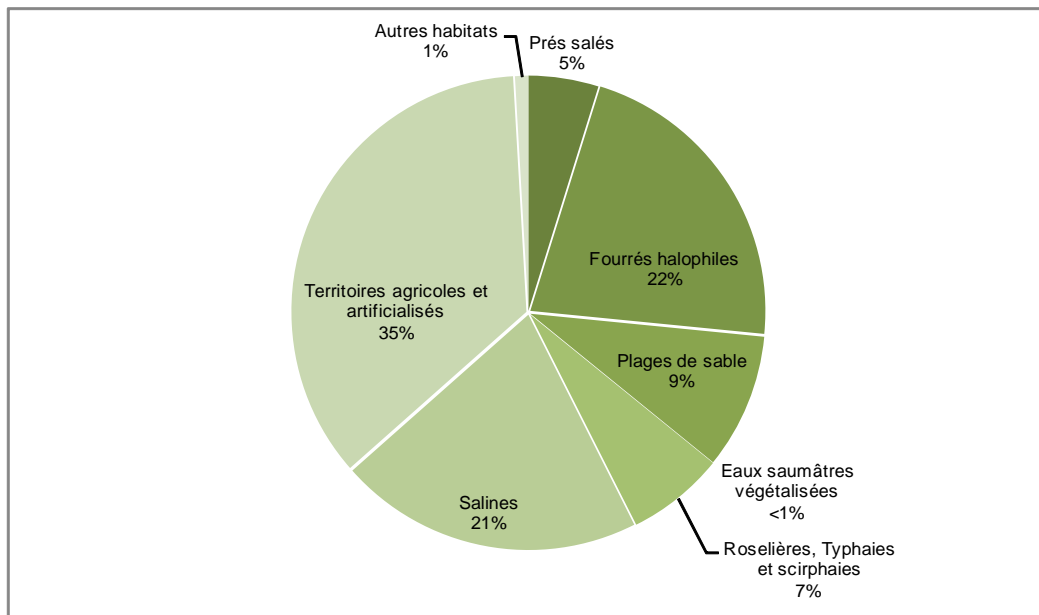
L'augmentation drastique de la population en période estivale dans la Narbonnaise affecte la qualité des eaux des lagunes et leurs milieux périphériques (eutrophisation, dégradation du littoral, pollution...). Par ailleurs, le complexe lagunaire subit un phénomène naturel de comblement dû à l'apport de sédiments de leur bassin versant ainsi qu'à la forte productivité primaire benthique provoquée par l'ensoleillement et les apports nutritifs de ce même bassin versant (cas notamment des étangs de l'Ayrolle et de Campagnol). Enfin, la diminution des apports d'eau douce entraîne une salinisation des eaux et des milieux humides environnants entraînant la régression des roselières.

### Description des habitats et des espèces

Les habitats recensés sur le site des lagunes Narbonnaises sont très variés (voir tableau 9 et carte 16 en annexe). On y observe des fourrés halophiles, des prèes salées méditerranéennes, des salicorniales, des steppes salées méditerranéennes, mais également des zones dunaires, sèches et rocheuses. Pas moins de 22 habitats naturels sont déclarés d'intérêt communautaire, dont les lagunes côtières et les steppes salées sont prioritaires. Le territoire se répartit entre la lagune, les territoires artificialisés ou agricoles et les habitats naturels (Fig. 4.3.7). Trente cinq pour cent de la surface totale du site est artificialisée ou agricole (hors surface en eau, Fig. 4.3.7). Les habitats terrestres naturels prédominants sont les fourrés halophiles suivis des salines, des points d'eaux saumâtres sans végétation puis les plages de sables (Fig. 4.3.8).

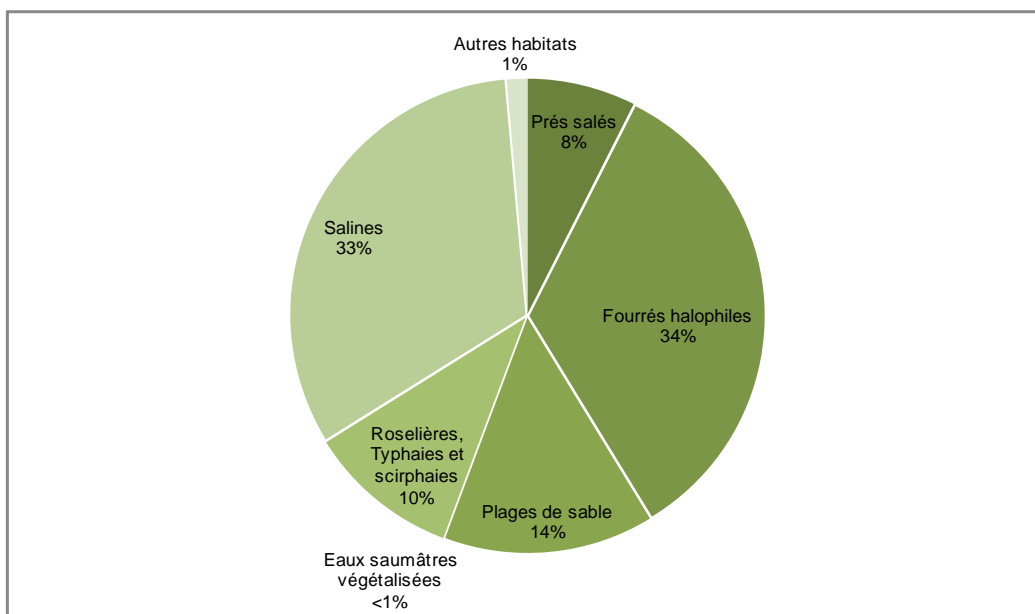
<sup>27</sup> Réseau FOGEM (Forum des Observateurs et Gestionnaires des Etangs Méditerranéens) remplacé depuis 2006 par le Forum Interrégional des Lagunes méditerranéennes (FILMED).

Les fourrés halophiles ou sansouires désignent des formations halophytes (qui vivent sur des milieux salés). Ces végétaux typiques de milieux fortement salés subissent une submersion périodique de plus ou moins longue durée. La salinité de la nappe est souvent supérieure à 30 g.l<sup>-1</sup> dans leurs zones de prédilection. Cet habitat est largement présent sur les pourtours des étangs du complexe lagunaire et en arrière des plages. Les montilles à Limoniastre (*Limoniastrum monopetalum*, protégé au niveau national), se retrouvent surtout autour de l'Ayrolle. Cette espèce est aussi inscrite au livre de rouge de la flore menacée de France. Les prés salés peuvent être inondés périodiquement ou accidentellement. Ils tolèrent une salinité de la nappe de 30 à 70 g.l<sup>-1</sup> quelquefois. Globalement disséminés sur l'ensemble du site, avec des zones de concentration à proximité de l'île de Sainte-Lucie, autour de l'étang de Campagnol et de l'étang de Gruissan et du Grand Castélou. Sur le lido, on observe des zones de concentration à proximité des salins de Sainte-Lucie et de Reprise.



**Fig. 4.3.7** Occupation du sol au sein de la zone Natura 2000 des étangs de la Narbonnaise<sup>28</sup>. La surface des habitats naturels humides représente 65% du site Natura 2000 (hors surface en eau). Par souci de lisibilité, les habitats dont la surface représentative est inférieure à 1% sont regroupés sous l'intitulé « autres habitats » (salicorniaies annuelles, steppes salées, dunes, eaux eutrophes).

<sup>28</sup> La typologie des habitats naturels humides s'est basée sur la nomenclature Natura 2000 établie dans le cadre de l'élaboration du plan de gestion du site Natura 2000 (DOCUMENT d'Objectif – DOCOB). Cette classification a été remaniée dans l'objectif de créer une matrice commune et cohérente à l'ensemble des zones humides étudiées.



**Fig. 4.3.8** Surface représentative de chacun des habitats humides présents au sein des étangs de la Narbonnaise (hors surface en eau et territoires agricoles et artificialisés).

#### **4.3.4. L'ÉTANG DE CANET-SAINT-NAZAIRE**

##### *Situation géographique*

Le complexe lagunaire de Canet-Saint-Nazaire (communément appelé l'étang de Canet) est localisé sur la frange maritime de la plaine du Roussillon dans le département des Pyrénées-Orientales, à 10 km à l'est de Perpignan et à 25 km au nord de la frontière espagnole (voir carte 10 en annexe). Cette position géographique confère à cet étang une grande importance touristique, notamment pour le tourisme de passage. Le site Natura 2000 FR9101465 du « Complexe lagunaire de Canet » s'étend sur 1872 ha dont 1030 appartiennent au Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres.

##### *Géologie, géomorphologie et pédologie*

L'étang de Canet est situé dans la plaine du Languedoc-Roussillon bordée par d'importants reliefs : les Fernouillèdes et les Corbières au nord, les Albères au sud et le massif de Canigou à l'ouest. Dans toute la région de Canet-Saint-Nazaire, la roche mère est constituée de roches sédimentaires qui se sont formées au cours de l'Holocène.

Au niveau de l'aire d'étude, on peut repérer différentes zones lithologiques :

- Les sables marins du lido (sols sableux) ;
- Les limons argileux récents situés sur les zones basses tout autour de l'étang (hormis le long du Réart) ;
- Les limons argileux récents fluviatiles correspondant aux sédiments déposés par le Réart le long de son lit (sols hydromorphes maritime) ;
- Les sédiments morno-sableux très compacts et très anciens datant du pliocène<sup>29</sup> au niveau des buttes de l'Esparrou et de Saint-Nazaire (sols très caillouteux).

##### *Climatologie*

L'étang de Canet est situé dans la zone de climat nord méditerranéen avec des hivers doux et des étés chauds, une pluviosité annuelle relativement faible et une sécheresse estivale intense. La

<sup>29</sup> Entre 1.75 et 5.3 millions d'années avant notre ère.

température moyenne annuelle est de 15.4°C, et la pluviométrie de 600 mm par an pour les zones du haut bassin du Rhéart. C'est en automne que la pluviométrie est la plus importante, avec un pic au mois d'octobre. Le mois le plus sec est le mois de juillet. La période critique pour les crues se situe entre mi-septembre et fin octobre. Les vents dominants sont la Tramontane (nord-ouest à nord), généralement très secs avec des ensoleillements hivernaux remarquables, et le Vent Marin (est-sud-est à sud), plutôt humide, peut apporter de fortes pluies et s'accompagner d'une houle importante.

### *Fonctionnement hydrologique*

---

D'une surface d'environ 630 ha, l'étang reçoit les eaux d'un bassin versant de 260 km<sup>2</sup>. Il est orienté parallèlement à la mer suivant un axe nord-sud, avec une longueur maximale de 4.4 km, une largeur maximale de 2.5 km et une profondeur maximale d'environ 1 mètre. La profondeur moyenne est de l'ordre de 0.4 m.

Les apports d'eau douce dans l'étang proviennent de plusieurs cours d'eau à régime torrentiel méditerranéen. Du nord au sud, on trouve la Llobère (bassin versant de 15 km<sup>2</sup>), la Fosseille (bassin versant de 30 km<sup>2</sup>), le Réart (bassin versant de 157 km<sup>2</sup>), l'Agouille de la Mar (bassin versant de 56 km<sup>2</sup>), l'Agouille d'en Ferran et l'Agouille de l'Aygual. Le cours d'eau le plus important est le Réart avec son principal affluent la Canterrane. Ils drainent à eux deux 60% de la surface du bassin versant global.

Les échanges hydrauliques avec la mer se sont longtemps réglés naturellement, avec généralement une ouverture du chenal qui relie l'étang avec la mer après les fortes pluies automnales ou pendant des coups de mer violents. Des trois graus originels, il n'en reste actuellement qu'un : le grau de la basse entraînant des problèmes d'adoucissement de l'étang et d'échanges biologiques entre mer et lagune. Celui-ci a été fortement aménagé (réduction de sa largeur lors de la construction de la route des plages, installation de vannes pour maintenir le niveau de l'étang à + 30 cm NGF afin de gérer les flux entrants et sortants ainsi que la salinité (construction d'épis au niveau du débouché en mer). En outre, ce grau aménagé tend à favoriser le phénomène naturel de comblement de la lagune en réduisant l'évacuation des sédiments. Cette lagune est donc proche du terme de son évolution naturelle, caractérisé par un isolement de plus en plus marqué avec la mer (comblement dû aux apports considérables d'alluvions) et par la prépondérance de son apport en eau douce venant de son bassin versant (diminution de la salinité).

### *Qualité physico-chimique des eaux*

---

La qualité des eaux de l'étang de Canet est globalement mauvaise. Ceci s'explique par la présence d'un grand nombre de stations d'épuration présentes sur la zone ainsi qu'aux pollutions agricoles. Toutefois, l'étang de Canet demeure peu perturbé. En effet, les fortes teneurs en phosphore des eaux entraînent la consommation immédiate de l'azote apporté par les cours d'eau, ce qui réduit les possibilités de proliférations du phytoplancton et des algues opportunistes.

### *Menaces actuelles*

---

Plusieurs problèmes spécifiques peuvent être identifiés sur l'étang de Canet.

Ils incluent :

- Le comblement important du plan d'eau ;
- La mauvaise qualité de l'eau ;
- L'amplitude importante des variations hydrobiologiques avec arrivées irrégulières de grandes quantités d'eau douce d'un très vaste bassin versant et d'eau salée au moment des tempêtes de mer ;
- L'irrégularité des échanges avec le milieu marin.

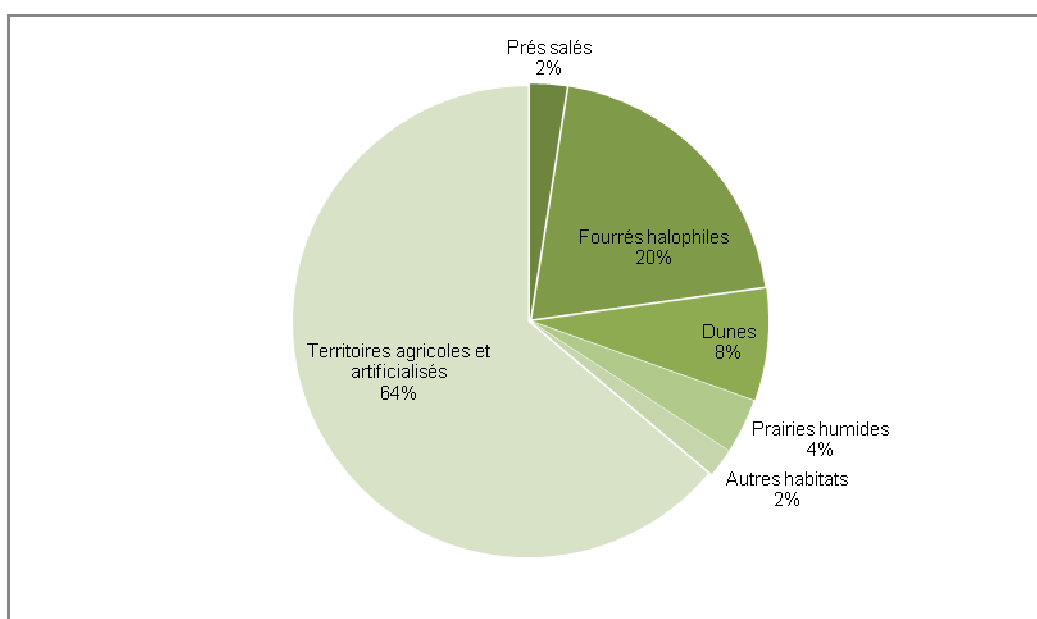
Cette lagune est la plus ancienne du littoral et de fait l'une des plus exposées au comblement naturel. Les graus originels se sont fermés et les apports terrigènes des cours d'eau (notamment le Réart) accentuent le phénomène. La surface en eau de l'étang a diminué de moitié depuis 1750. Les scénarii les plus pessimistes envisagent un comblement possible en une seule crue du Réart. Du fait du



faible niveau d'eau, cette lagune est également fortement menacée par des phénomènes d'eutrophisation.

### *Description des habitats et des espèces*

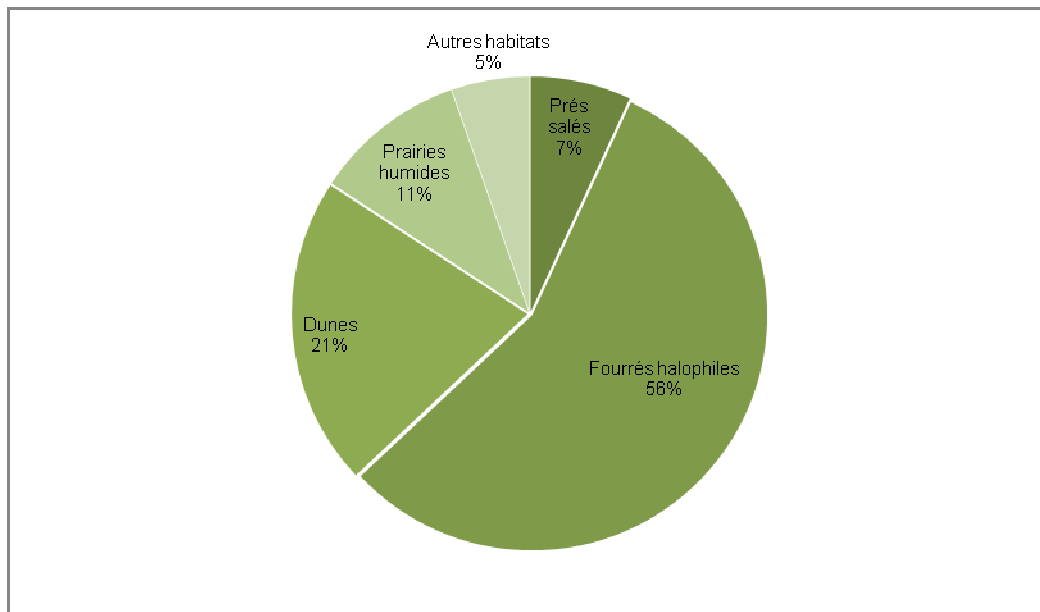
Le site comporte 12 habitats naturels dont 3 sont d'intérêt communautaire prioritaire (voir tableau 10 et carte 17 en annexe) : les lagunes côtières (eaux saumâtres végétalisées), les steppes salées méditerranéennes et les mares temporaires méditerranéennes (gazons méditerranéens amphibies halonitrophiles).



**Fig. 4.3.9** Occupation du sol au sein de la zone Natura 2000 de l'étang de Canet<sup>30</sup>. La surface des habitats naturels humides représente seulement 36 % de la superficie du site Natura 2000 (hors surface en eau). Par souci de lisibilité, les habitats dont la surface représentative est inférieure à 1% sont regroupés sous l'intitulé « autres habitats » (Salicorniaies annuelles, steppes salées, gazons méditerranéens amphibies halo-nitrophiles, roselières).

Le territoire se répartit entre la lagune, les territoires artificialisés ou agricoles et les habitats naturels. Soixante quatre pour cent de la surface totale du site sont artificialisés ou agricoles (hors surface en eau, Fig. 4.3.9). Au sein des habitats naturels humides (Fig. 4.3.10), les systèmes prédominants sont les fourrés halophiles (56%) suivis des dunes (21%), puis des prairies humides (11%) (hors surface en eau et territoires agricoles et artificialisés).

<sup>30</sup> La typologie des habitats naturels humides s'est basée sur la nomenclature Natura 2000 établie dans le cadre de l'élaboration du plan de gestion du site Natura 2000 (DOCUMENT d'Objectif – DOCOB). Cette classification a été remaniée dans l'objectif de créer une matrice commune et cohérente à l'ensemble des zones humides étudiées.



**Fig. 4.3.10** Surface représentative des habitats naturels humides présents sur le site Natura 2000 de l'étang de Canet (hors surface en eau et territoire agricoles ou artificialisés).

#### **4.3.5. LA GRANDE MAÏRE**

##### *Situation géographique*

La Grande Maïre, d'une superficie de 384 ha, est localisé dans le département de l'Hérault, en Languedoc-Roussillon (voire carte 11 en annexe). Le site se trouve à environ 15 km au sud-est de Béziers. Le site Natura 2000 SIC FR9101433 « La Grande Maïre » couvre une petite superficie de 424 ha. Environ le tiers, soit 135.13 ha du site Natura 2000 de la Grande Maïre appartiennent au Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres (CELRL).

##### *Géologie, géomorphologie et pédologie*

Le bassin versant de l'Orb recoupe une grande variété de formations géologiques. Dans les environs de la Grande Maïre, on retrouve une couche de sables littoraux et fluviaux du Pliocène, cette couche est un important aquifère (nappe de l'Astien), l'eau s'écoule lentement dans les sables qui affleurent au nord (Florensac, Mèze) et s'enfoncent vers le sud jusqu'à -120 m sous des argiles.

A l'embouchure de l'Orb et sur une partie de la Grande Maïre on retrouve des alluvions modernes indifférenciées. Ils proviennent du colmatage important des rivières méditerranéennes au niveau de leur embouchure.

Les autres formations lithologiques quaternaires de l'aire d'étude sont :

- Les vases et limons des étangs salés : issus d'une sédimentation argilo-limoneuse ou vaseuse à faune de mollusques laguno-marins ;
- Les cordons littoraux actuels ou récents, avec des formations dunaires : généralement constitués de sables fins et facilement mobilisables par le vent.

Les sols de la zone présentent des profondeurs différentes :

- Sols profonds (supérieur à 60-70 cm) au sud entre la Maïre et la Riviérette, à la pointe nord du site et aux Cantonades. La texture est argileuse au nord, aux Cantonades et on retrouve des traînées argileuses qui épousent les contours de la Grande Maïre. Au sud, la texture est sableuse et les sols très salés ;
- Sols approfondissables (moins de 60 cm) de texture moyenne (argilo-sableux) et possédant une salinité importante sur toute la partie centrale du site (zone humide de l'Estagnol, Grand Salan).

## *Climatologie*

---

Le climat est de type méditerranéen. Les précipitations annuelles moyennes sur le bassin de l'Orb sont comprises entre 1500 mm sur les reliefs et 600 mm en zone littorale. Comme toujours en climat méditerranéen, ces valeurs moyennes fluctuent fortement d'une année sur l'autre. Les températures présentent une forte amplitude : de +5°C pour le mois le plus froid à +23°C en moyenne pour le mois le plus chaud. Concernant les vents, ils sont violents et fréquents sur la zone, dominés par la tramontane (nord-ouest) et secondairement par le mistral (nord-est) et le marin (sud-est).

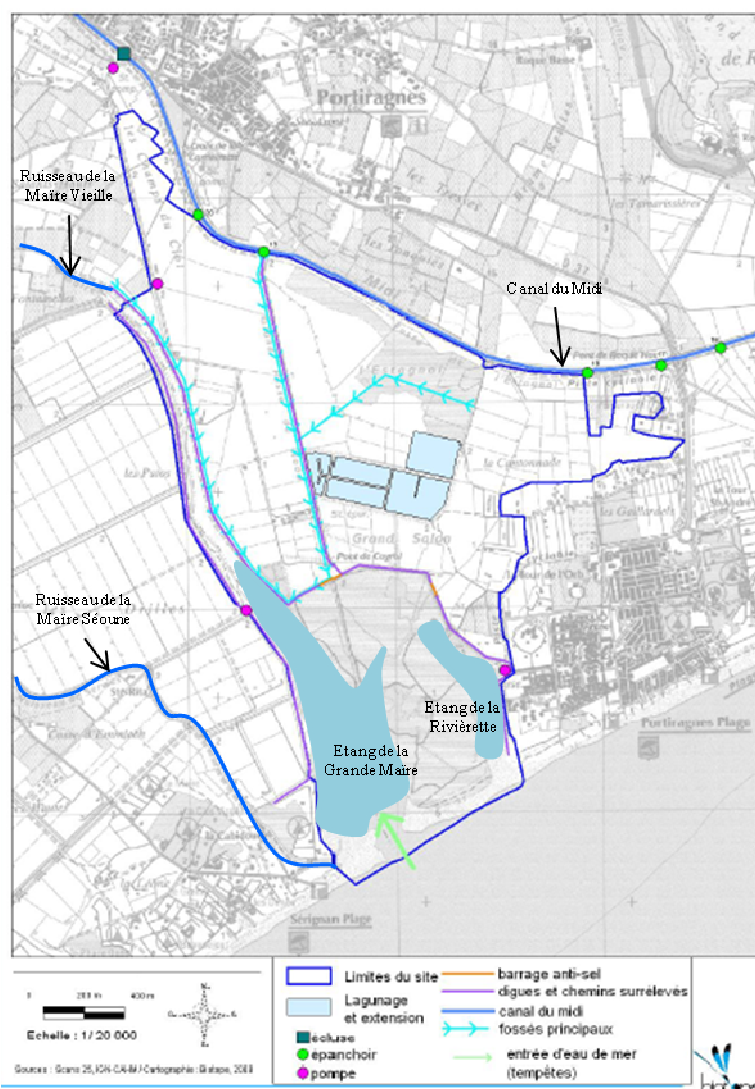
## *Fonctionnement hydrologique*

---

La grande Maire est l'ancienne embouchure de l'Orb. Cette zone humide n'est aujourd'hui alimentée que par de petits cours d'eau et des canaux. Le volume de ce plan d'eau est de 500 000 m<sup>3</sup> et de 50 ha de superficie, dont la profondeur moyenne est d'environ 0.7 m et la profondeur maximale de 1.10 m. Il est alimenté en amont par la Maire Vieille et à l'extrême aval par la Maire de Séoune (Fig. 4.3.11). Le réseau de fossés est principalement alimenté par les déversoirs du Canal du midi et converge vers trois stations de pompage qui permettent d'abaisser le niveau d'eau dans les canaux. L'eau des canaux s'écoule vers la Grande Maire.

Les échanges d'eau entre la lagune et la mer se font par l'intermédiaire d'un grau naturel qui s'ouvre sous la pression d'une forte masse d'eau douce provenant de l'Orb en période de forte crue ou lors de fortes tempêtes marines (entrée des eaux salées dans la Maire). Si l'ouverture ne se fait pas naturellement lors d'inondations dans la plaine, l'ASA (Association Syndical Agrée) de Portiragnes ouvre le grau de façon mécanique, en amincissant le cordon de sable qui isole la Maire de la mer, afin de faciliter l'évacuation de l'eau. Cela nécessite toutefois un vent du nord et une mer basse. Le grau se referme ensuite naturellement au premier coup de mer. Le grau de la Riviérette, principalement alimenté par la Grande Maire, ne s'ouvre que très rarement.

Les digues et les barrages anti-sel du site limitent la montée de l'eau de mer vers les parcelles agricoles et les zones habitées.



**Fig. 4.3.11** Fonctionnement hydrologique de la grande Maire (modifié d'après DOCOB FR9101433, 2008).

### *Qualité physico-chimique des eaux*

A ce jour, aucun suivi de la qualité de l'eau n'a été mis en place sur la Grande Maire ou la Rivière. Seul un tel suivi permettrait de montrer une baisse ou une amélioration de la qualité de l'eau de la lagune. Une expertise sommaire a été réalisée en Avril 1997 dans le cadre de l'étude *Bilan écologique et propositions pour la définition d'un plan de gestion du site de la Grande Maire* réalisée en 1996/1997 par l'Institut des Aménagements Régionaux et de l'Environnement (IARE) à la demande du Conservatoire du littoral. Le rapport caractérise les eaux comme étant claires et bien oxygénées, ce qui témoigne a priori d'une bonne qualité des eaux.

La salinité des lagunes varie au cours de l'année. Elle augmente en été en raison de l'évaporation qui provoque une concentration des sels et diminue en période pluvieuse suite aux apports d'eau douce. Sur les cinq prélèvements faits sur le pourtour de la Grande Maire dans le cadre de l'étude de l'IARE, aucun gradient de salinité amont-aval n'a été mis en évidence. L'IARE conclut à un bon renouvellement et une bonne circulation des eaux.

### *Menaces actuelles*

Selon la fiche de l'inventaire des zones humides de l'Hérault, la Grande Maire est principalement menacée par :

- Les risques de modifications du régime hydraulique (par drainage, comblement...);

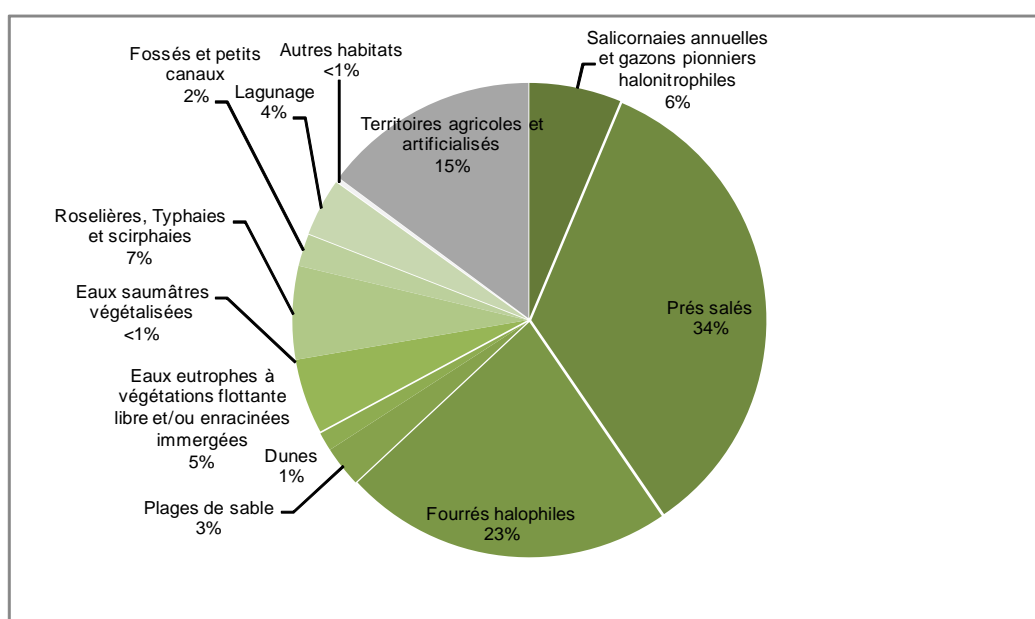
- La forte pression touristique dans cette zone littorale (aménagement touristiques éventuels, camping...);
- L'abandon des pratiques agro-pastorales traditionnelles.

Comme toutes les lagunes de la côte méditerranéenne, la grande Maïre est soumise au processus naturel de comblement qui est accentué par l'absence d'une ouverture régulière de son grau naturel entraînant la fuite des particules fines vers la mer.

### *Description des habitats et des espèces*

Ce site rassemble sur une petite surface des milieux naturels typiques des côtes basses languedociennes. Le cordon dunaire constitué des dunes méditerranéennes de l'avant-dune, à la dune blanche et à la dune grise (dune fixée), est en bon état de conservation. En arrière de ce cordon, se développe une zone humide avec des formations imbriquées en mosaïque (prairies humides, lagunes et prés salés) influencées par les eaux saumâtres, des lagunes dépendantes de la mer et les eaux douces du ruisseau de la Maïre. Au total, 21 habitats naturels, comprenant trois habitats naturels prioritaires<sup>31</sup> (eaux saumâtres végétalisées, steppes salées méditerranéennes et ou mares temporaires méditerranéennes) ont été recensés au sein de ce site (voir tableau 11 et carte 18 en annexe). On trouve dans ces formations des espèces très rares (seule station spontanée d'Iris d'Espagne) et protégées (Ail petit moly, Romulée à petites).

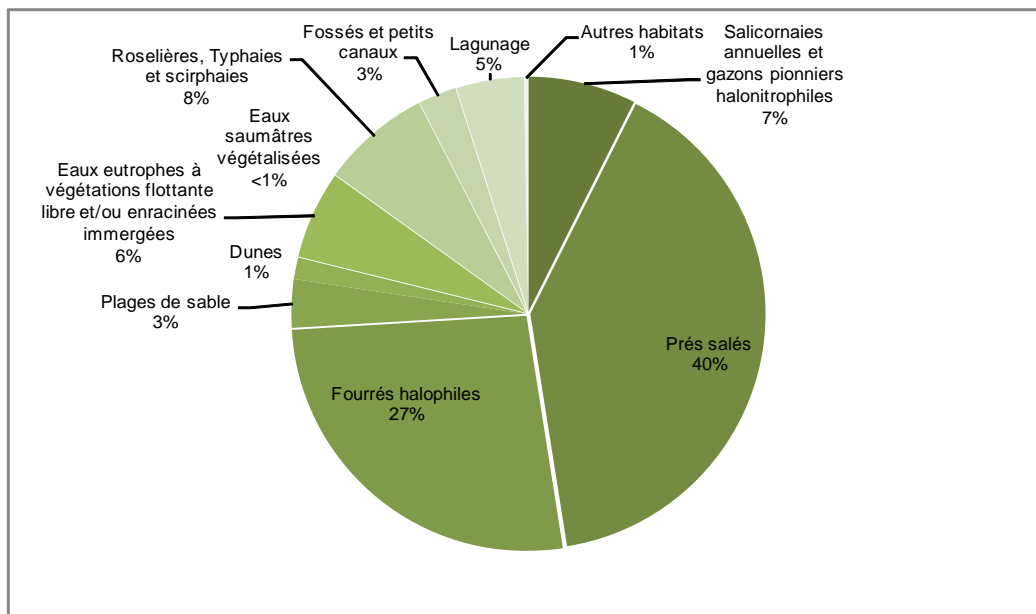
Hors lagune, les territoires artificialisés et agricoles représentent 15% de la superficie du site Natura 2000 (Fig. 4.3.12). Au sein des habitats naturels humides, les prés salés sont les systèmes prédominants (40%), suivis des fourrés halophiles (27%) et des salicorniaies (7%) (hors surface en eau et territoires agricoles et artificialisés, Fig. 4.3.13).



**Fig. 4.3.12** Occupation du sol sur le site Natura 2000 de la Grande Maïre<sup>32</sup>. La surface totale de ces habitats naturels représente 85 % du site Natura 2000. Par souci de lisibilité, les habitats dont la surface représentative est inférieure à 1% sont regroupés sous l'intitulé « autres habitats » (Peupleraie, Eaux saumâtres sans végétation, Gazons méditerranéens amphibies halonitrophiles et Steppes salées).

<sup>31</sup> Intitulés habitats correspondants à la typologie Natura 2000, non à la typologie Explore.

<sup>32</sup> La typologie des habitats naturels humides s'est basée sur la nomenclature Natura 2000 établie dans le cadre de l'élaboration du plan de gestion du site Natura 2000 (Document d'Objectif – DOCOB). Cette classification a été remaniée dans l'objectif de créer une matrice commune et cohérente à l'ensemble des zones humides étudiées.



**Fig. 4.3.13** Surface représentative des habitats naturels humides sur le site Natura 2000 de la Grande Maïre (hors surface en eau et territoires agricoles et artificialisés).

## **5. EVALUATION DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES RENDUS PAR QUATRE ZONES HUMIDES**

Les services rendus ont été évalués sur quatre zones humides : la Dombes, la Bassée, l'étang de Manguio et la lagune de Thau.

### **5.1. LA DOMBES**

La délimitation particulière du site Natura 2000 des étangs de la Dombes (périmètre de 200 mètres autour de chaque étang) n'est pas pertinente dans le cadre de l'étude des services rendus. Par conséquent, l'analyse et la quantification des services écosystémiques des étangs de la Dombes a été réalisée sur l'ensemble des 64 communes concernées en partie ou en totalité par le site Natura 2000.

#### *Les services d'approvisionnement*

---

##### **► Aquaculture**

La Dombes est un espace particulier qui associe pisciculture et agriculture à travers les cycles d'assec-évolage. La production piscicole est donc fortement liée aux modes de gestion appliqués par les pisciculteurs sur leurs étangs ainsi qu'à la pratique de l'assec.

D'après l'étude du Syndicat Mixte Avenir Dombes Saône réalisée en 2011, trois groupes d'exploitants doivent être distingués en Dombes :

- Les propriétaires chasseurs et exploitants piscicoles (non agriculteurs) pour qui la pisciculture n'a pas une vocation économique mais permet d'entretenir l'étang (Groupe 1);
- Les propriétaires chasseurs et exploitants piscicoles (non agriculteurs) pour qui la pisciculture a une vocation économique et constitue une source de revenus (Groupe 2) ;
- Les propriétaires ou locataires agriculteurs et/ou pisciculteurs pour qui l'activité piscicole représente une partie importante, voir la totalité, du revenu d'exploitation (Groupe 3).

Afin d'accroître les rendements moyens (objectif de production supérieure à 400 kg.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>), diverses pratiques piscicoles visent à augmenter la production piscicole :

- Le chaulage : concerne 19 % des étangs en assec (les 81 % restants sont cultivés) ;
- Les compléments alimentaire des poissons à base de céréales concernant environ 15 % des étangs en eau et permettent de suppléer au déficit alimentaire de fin d'hiver ;
- La fertilisation organique, qui a lieu au cours de l'évolage et qui concerne 13 % des étangs.

La coopérative agricole et piscicole de Villars-les-Dombes (COOPEPOISSON) se charge le plus souvent de la commercialisation du poisson, principalement vers l'Allemagne (80% de carpes et de tanches, le « blanc » étant vendu aux APPMA pour réempoissonner les rivières). Un atelier de filetage existe depuis une vingtaine d'années en Dombes, absorbant partiellement la production; la partie restante des carpes est vendue pour repeupler rivières et plans d'eau.

Compte tenu de la qualité physico-chimique des eaux (renouvellement lent, faible oxygénation), les principales espèces de poissons élevées sont des cyprinidés : la Carpe (65 % de la production), la Tanche (15 %), les blancs (Gardon, Rotengle, 15 %) et le Brochet (5 %).

Ce service a été monétarisé sur la base de 37 entretiens avec des exploitants dombistes réalisé par le Syndicat Mixte Avenir Dombes Saône<sup>33</sup>. Dans le cadre du projet Explore 2070, seules les

---

<sup>33</sup>Sources :

- Rencontre avec le syndicat des exploitants de la Dombes le 07/07/11.
- Syndicat mixte avenir de la Dombes et du val de Saône (2011) Contribution à une meilleure connaissance des modes de gestion des étangs de la Dombes. 40 p.

ressources de l'étang générées par l'activité piscicole/assec ont été prises en compte (l'activité de chasse a été considérée à part, voir ci-dessous).

**Tableau 5.1.1** Récapitulatif des résultats nets et rendements moyens de l'activité piscicole/assec par type d'exploitants (données issues de l'étude du Syndicat Mixte Avenir Dombes Saône, 2011).

	Résultats nets (assec + pisciculture) (€ <sub>2010</sub> /ha)	Rendements pisciculture (kg/ha)
<b>Groupe 1 : Chasseurs + pisciculteurs (activité non lucrative)</b>	-51.8	131.3
<b>Groupe 2 : Chasseurs + pisciculteurs (activité lucrative)</b>	-106.7	223.3
<b>Groupe 3 : Agriculteurs + pisciculteurs</b>	227.7	497.6
<b>Moyenne sur les 7 étangs</b>	23.1	284.1

Les résultats présentés dans la Tableau 5.1.1 soulignent la grande diversité de profils de propriétaires et d'exploitants, avec des intérêts, des attentes, et des volontés différentes, influençant de fait le mode de gestion des étangs. Les exploitants du groupe 1 (chasseurs + pisciculteurs - activité non lucrative) ont le rendement le moins important et un résultat net moyen négatif du aux faibles quantités pêchées. Les exploitants du groupe 3 (chasseurs + pisciculteurs - activité lucrative) obtiennent un rendement plus élevé mais le résultat net moyen demeure négatif. Celui-ci est généralement compensé par les locations de chasse. Les exploitants du groupe 3 (Exploitants agriculteurs et pisciculteurs), pour qui la pisciculture représente une part importante du revenu d'exploitation, dégagent en moyenne un résultat économique positif (+ 227.7 €<sub>2010</sub>/ha) qui s'explique par des hauts rendements piscicoles (de 338 à 679 kg/ha) et la valorisation systématique de l'asse c en semis de maïs ou d'avoine.

En appliquant le résultat moyen par ha, tous modes d'exploitation confondus, on peut estimer les revenus générés par ce service en Dombes. Cependant, il est cependant important de souligner que ces résultats ont été obtenus sur 37 étangs et sont donc difficilement extrapolables à l'ensemble de la Dombes.

Ainsi, la valeur totale du service de pisciculture rendu par la Dombes s'élève à 277 200 €<sub>2010</sub>, soit 23.1 €<sub>2010</sub>/ha d'étang.

### ► Élevage terrestre

L'élevage en Dombes se répartit entre<sup>34</sup> :

- L'élevage laitier qui concerne surtout la partie nord de la Dombes, et s'accompagne d'une production fourragère (maïs ensilage en rotation avec les prairies) ;
- La production de viande. La production bovine est largement dominante par rapport aux systèmes ovins et porcins, cependant cette filière est en régression (surtout au sud, sud-est et à l'ouest du territoire). Les systèmes hors-sol sont en nombre important. Vingt-huit aviculteurs sont recensés en Dombes, rassemblés au sein du groupement « Aviculteurs de la Dombes G.A.D ».

<sup>34</sup> Sources :

- Documents d'Objectifs du site Natura 2000 FR 8201635 « Les étangs de la Dombes » (2004) DIREN Rhône-Alpes – Préfecture de l'Ain.
- Le Quere G et Marcel J. 1999 Influence des élevages extensifs sur les rivières. ITAVI. p.57.
- Rencontre avec le Syndicat des exploitants de la Dombes le 07/07/11.
- Statistiques agricoles annuelle : Site Agreste, SSP Rhône-Alpes, L'agriculture en Rhône-Alpes en 2000. [www.agreste.agriculture.gouv.fr](http://www.agreste.agriculture.gouv.fr).
- Syndicat mixte avenir de la Dombes et du val de Saône. 2011 Contribution à une meilleure connaissance des modes de gestion des étangs de la Dombes. p. 40.



L'élevage laitier autrefois mis en œuvre dans toutes les fermes a tendance à se concentrer dans un nombre restreint d'exploitations de plus en plus grosses, souvent en GAEC (Groupement Agricole d'Exploitation en Commun) permettant de se libérer de l'astreinte de la traite biquotidienne. Deux races principales de vaches laitières, la Montbéliarde pie-rouge et la Holstein pie-noire, se nourrissent d'herbe pendant la belle saison et d'ensilage en hiver. La viande de bœuf est produite sur l'ensemble de la Dombes avec la race blanche charolaise et la Blonde d'Aquitaine.

Des chiffres actualisés concernant le nombre de bêtes à l'échelle communale n'ont pu être obtenus (seul le nombre de vaches est disponible dans le Recensement Agricole, 2010). Cependant, un ouvrage de Bernard et Lebreton (2007)<sup>35</sup>, consacré à l'étude du territoire dombiste, décrit précisément l'activité d'élevage sur la Dombes en 2000 (nombre de bêtes par catégorie bovins, ovins, caprins...). Le périmètre de leur étude est basé sur la délimitation revendiquée par l'Académie de la Dombes et couvre 158 000 ha. Nous nous sommes donc appuyés sur ces chiffres pour quantifier ce service ainsi que sur les coefficients de marges brutes standards « 2000 »<sup>36</sup> correspondants (Tableau 5.1.2).

Par ailleurs, le nombre de volailles (poules et poulets, canards, dindes) s'élève à 750 000 bêtes (d'après Bernard et Lebreton, 2007). La production majoritaire dans l'Ain étant représentée par les poulets de chair, la valorisation de ce service s'est basée uniquement sur la marge brute réalisée au sein de cette filière (coefficient MBS « 2000 » Rhône-Alpes : 174 €/2010/100 têtes). La valeur de la production avicole s'élève donc à 1 305 000 €/2010.

Toute filière confondue (bovins, ovins, caprins et volailles), la valeur d'usage du service s'élève à 22.7€/2010 an<sup>-1</sup>, soit 861 €/2010-ha<sup>-1</sup> de surface toujours en herbe (26 339 ha).

**Tableau 5.1.2** Calculs de la valeur du service associé à l'élevage terrestre sur le site de la Dombes.<sup>37</sup>

Filières d'élevage	Effectif en 2009 dans l'Ain (têtes)	Part d'effectif par catégorie dans l'Ain en 2009 (%)	Effectif dans la Dombes (têtes)	Coeff. MBS 2000 en Rhône-Alpes (€/2010/tête)	Valeur du service (€/2010)	Valeur moy. Par filière (€/2010/tête)
<b>BOVINS</b>	185 790	100	34 315		19 429 386	566
Vaches laitières	47 900	26	8 922	1452	12 954 □44	
Autres vache □	□23 130	12	4 118	536	2 207 248	
Génisses de plus de 2 ans	19 190	10	35 31	186	656 766	
Bovins femelles de 1 à 2 ans	31 490	17	5 833	235	1 370 755	
Bovins mâles de 1 à 2 ans	10 320	6 □	2 059	247	508 573	
Bovins de moins de 1 an	53 760	29	9 950	174	1 731 300	
Bovins mâles de plus de 2 ans						
<b>PORCINS</b>	117 870	100%	25 000		1 100 750	44
Truies mères de 50 kg ou plus	10 490	9%	2 250	313	704 250	
Porcelets	45 510	39%	9 750	30	292 500	
Autres porcins	61 870	52%	13 000	8	104 000	
<b>OVINS</b>	27 970	100%	4215		239 736	57
Brebis mères	19 050	68%	2866	78	223 548	
Autres ovins	8 920	32%	1349	12	16 188	
<b>CAPRINS</b>	7 650	100%	3000		609 360	203
Chèvres	6 310	82%	2460	241	592 860	
Autres caprins	1340	18%	550	30	16 500	
<b>TOTAL</b>			66530		<b>21 379 232</b>	<b>321</b>

<sup>35</sup> Bernard A et Lebreton P. 2007 Les oiseaux de la Dombes : une mise à jour. Revue Dombes n°27, coéditée par l'Académie de la Dombes et la Fondation Pierre Vérots. p.168.

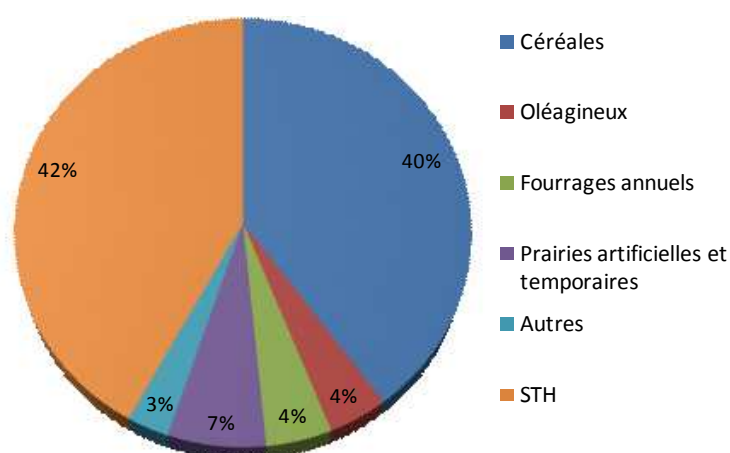
<sup>36</sup> Coefficients de Marges Brutes Standards « 2000 » : Site AGRESTE - [www.agreste.agriculture.gouv.fr](http://www.agreste.agriculture.gouv.fr)

<sup>37</sup> Dans le but d'utiliser la typologie utilisée pour l'élaboration des marges brutes standard, la typologie présentée dans le document « agriculture Rhône Alpe en 2009 » a été modifié : les génisses laitières et génisse de boucherie ont été regroupées sous la dénomination « bovins femelles de 1 à 2 ans », les mâles type laitiers et mâles type viande ont été regroupés en « bovins mâles de 1 à 2 ans », les veaux de boucherie et autre veaux ont été regroupés dans « bovins mâles de moins de 1 ans », les porcs à l'engrais et jeunes porcs ont été regroupés dans « autres porcins », les chevrettes ont été groupées avec « les autres caprins », et les agnelles avec « autres ovins ».

## ► Production agricole

Bien que les sols offrent un potentiel limité (battance, manque de profondeur), la Dombes est traditionnellement agricole. Elle se caractérise par une structure foncière basée sur de grandes propriétés, exploitées en location, ainsi que par une étroite imbrication entre production agricole et piscicole (assec/evolage)<sup>38</sup>.

Sur l'ensemble des 64 communes du site Natura 2000 des étangs de la Dombes, 1 401 exploitations agricoles, comprenant 1813 UTA (Unité de Travail Annuel), ont été recensées. La surface agricole utilisée de la zone est de 66 018 ha, répartie de manière homogène sur les différentes communes (en moyenne 1.56% de la SAU totale par commune). A l'échelle départementale, les surfaces toujours en herbe sont majoritaires (42%) (Fig. 5.1.1). Concernant les surfaces cultivées, les céréales dominent (40%), suivies des prairies artificielles et temporaires (7%), des oléagineux (4%) et des fourrages annuels (4%) puis divers types de production tels que les légumes, les cultures fruitières, les vignes etc. Les surfaces en jachères ne représentent que 2% de la surface totale des surfaces cultivées dans le département de l'Ain.



**Fig. 5.1.1** Assolement dans le département de l'Ain d'après les statistiques agricoles annuelles 2009 (Agreste, SSP Rhône-Alpes, 2009)

Dans le cadre de cette étude, l'évaluation du service a été estimée sur la base de la production agricole. L'assolement n'étant pas renseigné à l'échelle communale, nous nous sommes basés sur les données départementales pour l'établir (Statistiques Agricoles Annuelles 2010)<sup>39</sup>.

Pour chaque filière agricole, la valeur du service rendu est égale à la surface à l'hectare concerné par la filière multipliée par le coefficient de Marge Brute Standard « 2000 »<sup>40</sup> de la filière, dans la région d'intérêt.

Seules les cultures dominantes telles que déterminées à l'échelle départementale ont été prises en compte dans le calcul. Celles-ci incluent :

- Les céréales : blé, orge, avoine, maïs, triticale ;
- Les oléagineux : colza, tournesol, soja ;
- Les fourrages (maïs fourrage), prairies et Surfaces Toujours en Herbe (STH).

<sup>38</sup> Sources :

- Bernard A et Lebreton P. 2007 Les oiseaux de la Dombes : une mise à jour. Revue Dombes n°27, coéditée par l'Académie de la Dombes et la Fondation Pierre Vérots. p.168
- Documents d'Objectifs du site Natura 2000 FR 8201635 « Les étangs de la Dombes». 2004. DIREN Rhône-Alpes – Préfecture de l'Ain. p 447
- Rencontre avec le Syndicat des exploitants de la Dombes le 07/07/11
- Syndicat mixte avenir de la Dombes et du val de Saône (2011) Contribution à une meilleure connaissance des modes de gestion des étangs de la Dombes. p. 40

<sup>39</sup> Statistiques agricoles annuelles : Site Agreste, SSP Rhône-Alpes, l'agriculture en Rhône-Alpes en 2000. [www.agreste.agriculture.gouv.fr](http://www.agreste.agriculture.gouv.fr)

<sup>40</sup> Coefficients de Marges Brutes Standards « 2000 » : Site AGRESTE - [www.agreste.agriculture.gouv.fr](http://www.agreste.agriculture.gouv.fr)

Contrairement au reste du territoire où le maïs constitue la culture majoritaire, la Dombes des étangs est caractérisée par une culture tournée vers le blé tendre car les terres très hydromorphes rendent difficile la plantation de maïs au printemps. Toutefois, cette tendance n'est pas observable dans notre étude car nous avons considéré le périmètre de toutes les communes Natura 2000, et donc certaines zones « hors Dombes des étangs » marquées par une agriculture intensive.

**Tableau 5.1.3** Calculs de la valeur totale du service associé à la production agricole sur les communes du site Natura 2000 des étangs de la Dombes.

Type de cultures	SAU estimée sur le site de la Dombes (ha)	Coefficient de MBS 2000 en Rhône-Alpes (€ <sub>2010</sub> /ha)	Valeur du service (€ <sub>2010</sub> )
Blé	6 434	1 006	6 472 604
Avoine	312	686	214 032
Maïs	14 867	1 253	18 628 351
Triticale	999	735	734 265
Colza	1 094	925	1 011 950
Tournesol	880	903	794 640
Fourrages annuel	2 807	843	2 366 301
Prairies artificielles et temporaires	4 194	361	1 514 034
Jachères	1 475	421	620 975
Surfaces toujours en herbe	26 339	313	8 244 107
<b>TOTAL</b>			<b>40 601 259</b>

La valeur totale du service de production agricole s'élève à environ 41 M €<sub>2010</sub> an<sup>-1</sup> soit 597 €<sub>2010</sub>/ha de SAU sur les communes du site Natura 2000 de la Dombes.

#### ► Production de bois

La forêt dombiste est essentiellement composée de peuplements feuillus, avec des essences adaptées aux caractéristiques plus ou moins hydromorphes des sols (chênaie à chêne pédonculé et bouleau verruqueux, aulnaie à aulne glutineux et frêne sur les zones inondées une partie de l'année).

L'exploitation forestière est essentiellement privée (98.8%). Les produits d'exploitation forestière sont majoritairement du bois de chauffage, le plus souvent consommé sur place. La production de bois d'œuvre est relativement modeste.

D'après l'Inventaire National Forestier (IFN), la superficie des forêts de production privée sur le territoire de la Dombes est de 19 000 ha. Cette surface est composée majoritairement de feuillus (93%).

Les données sur la répartition des essences de feuillus sur le territoire de la Dombes n'étant pas disponibles, les données départementales (Ain) ont été utilisées pour estimer la valeur de ce service. D'après le Centre régional de Production Forestière (CRPF) et l'IFN, les essences majoritaires dans les forêts privées sont les chênes sessiles et pédonculés (50.6%), les hêtres (15.6%), les frênes (7.8%) suivis des peupliers (3.9 %) et d'autres essences minoritaires telles que le robinier ou le charme. Ces données ont été appliquées à la surface forestière de la Dombes. En outre, les cours des bois sur pied de l'été 2011 ont servi de référence pour estimer la valeur des différentes essences<sup>41</sup>.

<sup>41</sup> Cours indicatif du bois : [www.europeansa-online.com/boissurped.cgi](http://www.europeansa-online.com/boissurped.cgi)

**Tableau 5.1.4** Calcul de la valeur du service associée à la production de bois dans la Dombes<sup>42</sup>.

Essence	Surface relative dans l'Ain (%)	Surface en Dombes (ha)	Production par essence (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> .an <sup>-1</sup> )	Production par essence (m <sup>3</sup> .an <sup>-1</sup> )	Récolte (m <sup>3</sup> .an <sup>-1</sup> )	Prix moyen du bois sur pied (€ <sub>2010</sub> )	Estimation de la valeur totale (€ <sub>2010</sub> )
<b>Chêne sessile et pédonculé</b>	50.6	9623	3.8	36569	11263	91 €	1 021 685 €
<b>Hêtre</b>	15.6	261	6	17766	57□	33 €	179 810€
<b>Frêne</b>	7.8	1480	8	1184	3648	52 €	188 930 €
<b>Peuplier</b>	3.9	740	11.5	8512□	2622	30 €	78 660 €
<b>Chêne pubescent</b>	2.6	493	3.8	1875	577	91 €	52 394 €
<b>Robinier</b>	5.0	950	8	7600	2341	85 €	198 968 €
<b>Charme</b>	4.0	760	10	7600	2341	44 €	102 410 €
<b>Autres</b>	10.5	1991	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	100	19000		103715	31944	61 €	<b>1 822 857 €</b>

Sur la base de ces chiffres, la valeur d'usage du service associée à la production de bois est égale à 1.8 M€<sub>2010</sub> an<sup>-1</sup>, soit 96 €<sub>2010</sub>/ha de forêt privée.

### *Les services de régulation*

#### ► **Autoépuration des eaux**

Les étangs présentent des capacités significatives de réduction des flux polluants, du fait de leur activité biologique et de la saturation des sols en eau. Sur la base d'une étude portant sur 6 étang piscicoles français (de 2 à 620 ha), Kerleo et Trintignac (2004)<sup>43</sup> ont estimé la capacité moyenne de rétention et d'assimilation par les étangs de l'azote total (entre 65 à 106 kg.ha<sup>-1</sup>), du phosphore (1.6 à 8.7 kg.ha<sup>-1</sup>), et des MES (3.6 et 6.2 tonnes.ha<sup>-1</sup>). Afin d'estimer la valeur associée à cet abattement, la méthode des coûts de remplacement a été utilisée.

Après enquête auprès de la mairie de Villars-Les-Dombes (entretien du 26/07/11), la station de Villars-les-Dombes, d'une capacité de traitement de 6000 équivalents habitants (EH), coûterait à l'investissement 2.11 M €<sub>2010</sub>, soit 42 200 €<sub>2010</sub> par an (sur une période de 50 ans). Le coût moyen annuel de fonctionnement de cette station entre 2007 et 2010 s'est élevé à 275 911 €<sub>2010</sub>. Le coût de cette station est donc de 318 111 €<sub>2010</sub>.an<sup>-1</sup> en moyenne, soit 53 €<sub>2010</sub>.EH<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>.

Selon le décret du 10 décembre 1991, un EH rejette chaque jour 80g MES, 60 g de DBO<sup>44</sup>, 15g d'azote et 4g de phosphore. L'abattement de l'azote total par les étangs est compris entre 65 et 106 kg.ha<sup>-1</sup> par an. Pour une surface totale des étangs en eau, soit 9600 ha, ceci correspond au traitement de 113 817 à

<sup>42</sup> Sources pour l'estimation des surfaces forestières, des essences forestières et de la production par essence dans l'Ain :

- Peltier JL et Kollen A. **2005** Chambre Agriculture de l'Ain. Catalogue des filières – La filière sylvicole.
- Conseil Général de l'Ain, Fédération Interprofessionnelle du Bois de l'Ain, Hélianthe / Ain Espace Energie (2009). Forêt et valorisation de la filière bois de l'Ain – Livre Blanc 2009. p. 122.
- CRPF Rhône-Alpes. **2008** La forêt de l'Ain (Source IFN 1996).

<sup>43</sup> Kerleo V et Trintignac P. **2004** SMIDAP, Syndicat Mixte pour le Développement de l'Aquaculture et de la Pêche en pays de la Loire. Impacts des étangs à gestions piscicole sur l'environnement – Étude de synthèse bibliographique p.50. Banas D. 2001 Flux de matière n étangs piscicoles extensifs: Rétention, Sédimentation Exportation. Thèse de doctorat à l'Université de Metz. 261 P. Données obtenues au cours de l'ensemble du cycle d'exploitation des étangs (vidange, assec, remplissage, production). La durée de ces périodes est proche d'une année dans la plupart des cas d'étude.

<sup>44</sup> La demande biochimique en oxygène (DBO) est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques (biodégradables) par voie biologique (oxydation des matières organiques biodégradables par des bactéries). Elle permet d'évaluer la fraction biodégradable de la charge polluante carbonée des eaux usées.

185 736 EH. Ainsi, si ces eaux avaient été traitées par une station d'épuration similaire à celle de Villars-les-Dombes, le coût aurait été compris entre 6 et 9.8 M €<sub>2010</sub>.an<sup>-1</sup>.

La valeur d'usage du service associée à l'autoépuration des eaux serait donc comprise entre 6 et 9.8M €<sub>2010</sub>.an<sup>-1</sup>, soit entre 628 et 1 025 €<sub>2010</sub>.an<sup>-1</sup> par ha d'étang. Ces résultats sont cependant à nuancer car les vidanges engendrent des rejets relativement importants (de 9 à 74 kg N. ha<sup>-1</sup> selon les conditions).

### ► Ecrêtage des crues

Les étangs piscicoles participent à la régulation des crues grâce à leur capacité de stockage de l'eau (Trintignac et Kerleo, 2004<sup>45</sup>). Les étangs dombistes stockent de l'eau de septembre à février, mais en restituent à la Chalaronne de mars à juin car l'évapotranspiration n'est pas assez importante pour contrebalancer les apports pluviométriques. Durant l'automne et l'hiver, les précipitations représentent environ 430 mm soit 48% des précipitations annuelles. Ces pluies représentent un volume d'eau de près de 497 Mm<sup>3</sup> sur l'ensemble de la surface des communes du site Natura 2000.

Le coefficient de ruissellement, qui caractérise la part de pluie brute qui va ruisseler et s'écouler jusqu'à l'exutoire, dépend principalement de la saturation des sols pendant l'épisode pluvieux et de l'occupation du sol. Les sols très imperméables de la Dombes atteignent très rapidement un état de saturation à partir duquel les eaux ruissellent. Pour des crues d'intensité faible, il est admis que les étangs ont une incidence positive sur les débits de pointe des cours d'eau. Ils interceptent une grande partie des eaux de ruissellement en jouant un rôle dans le ralentissement dynamique de la crue. Le coefficient de ruissellement diminue alors très nettement. La présence de déversoirs dans les étangs permet donc de réguler les débits des eaux de ruissellement dans le temps et de restituer de façon progressive les flux d'eau du bassin versant sur le cours d'eau aval à la suite d'abondantes précipitations. En l'absence des étangs dombistes, les cours d'eau du plateau, tels que la Chalaronne et la Veyle, pourraient subir des crues plus fréquentes et plus abondantes qui engendreraient des inondations conséquentes dans les zones urbaines.

Toutefois, lors de crues importantes (décennales et vingtennales), la présence des étangs peut s'avérer néfaste. En effet, leur capacité de stockage et leur rôle tampon étant saturés, le réseau dense de canaux accompagnant les étangs tend à accélérer les écoulements et propager les inondations.

D'après l'étude du Syndicat Mixte des Territoires de la Chalaronne réalisée en 2006<sup>46</sup>, les étangs situés sur le bassin versant de la Chalaronne et de ses affluents (2 760 ha d'étangs en eau, soit près de 30% de la surface totale des étangs dombistes) stockent annuellement 59 mm d'eau de ruissellement, soit 16 300 m<sup>3</sup>. Si on extrapole ces données à la totalité des étangs dombistes en eau (soit environ 9 600 ha d'étangs<sup>47</sup>), on obtient une capacité de stockage annuelle des eaux de ruissellement de 5.6 Mm<sup>3</sup>.

Ainsi, cette analyse confirme que les étangs de la Dombes participent de manière importante à la régulation des crues<sup>48</sup>. Cependant, ne disposant pas des données de surface inondable au sein de chaque commune<sup>49</sup>, ni du nombre d'habitations pouvant être sinistrées, les coûts évités n'ont pu être estimés pour les communes dombistes bénéficiant de ce service.

<sup>45</sup> Kerleo V et Trintignac P. 2004 SMIDAP, Syndicat Mixte pour le Développement de l'Aquaculture et de la Pêche en pays de la Loire. Impacts des étangs à gestions piscicole sur l'environnement – Étude de synthèse bibliographique p.50.

<sup>46</sup> Syndicat Mixte de Territoires de la Chalaronne. 2006 Étude du fonctionnement hydrologique et hydraulique de la Chalaronne et de ses principaux affluents. Rapport de phase 1. Février 2006, p 97.

<sup>47</sup> Sur les 12 000 ha d'étangs, 40% restent en eau toute l'année et 60% sont exploités pour la pisciculture. Ces derniers sont mis en assec en moyenne tous les 3 ans. Donc on peut considérer qu'en moyenne 2/3 de ces étangs sont en eau.

<sup>48</sup> Sources :

- Atlas de Zone Inondable pour le département de l'Ain. <http://macommune.prim.net/gaspar/azi.php?departement=01>.
- Liste des plans de prévention des risques du département de l'Ain, [http://www.ain.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Liste\\_des\\_PPRN\\_mars\\_2011\\_cle5b9c57.pdf](http://www.ain.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Liste_des_PPRN_mars_2011_cle5b9c57.pdf) et [http://www.ain.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Carte\\_des\\_PPR\\_mars\\_2011\\_cle0987cb.pdf](http://www.ain.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Carte_des_PPR_mars_2011_cle0987cb.pdf).
- Institut des Risques Majeurs, Site d'informations sur les risques majeurs en Rhône-Alpes, <http://www.irma-grenoble.com>.

<sup>49</sup> D'après la base de données nationale Gaspar (Gestion Assistée des Procédures Administratives relatives aux Risques naturels et technologiques) de la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR), 32 communes du site Natura 2000 sont répertoriées au sein des Atlas des Zones Inondables et seulement 7 font l'objet d'un Plan de Prévention au Risque d'Inondation (Chatillon-la-Palud, Miribel, Montluel, Priay, Villieu Loyes Mollon, Varambon, Villette sur Ain) de l'Ain.

*Nota : Pour l'étude de ce service, nous nous sommes basés sur l'étude des régimes hydrologiques de la Chalaronne, de la Veyle et de leurs affluents (SMTC, 2006) afin de comprendre de quelle manière les étangs participent à la régulation des crues.*

### ► Soutien d'étiage

D'après le SMTC (2006)<sup>50</sup>, les étangs de la Dombes restituent de l'eau au cours d'eau en aval de Mars à Juin. Ils participent donc au soutien d'étiage des rivières lorsque l'insolation et l'évapotranspiration augmentent. Cependant, en plein été de juin à août, les étangs subissent une évapotranspiration forte qui réduit l'écoulement vers les cours d'eau et peut conduire à aggraver le phénomène d'étiage. Ceci est accentué par le fait que les étangs dombistes sont situés en amont du bassin versant des deux principaux cours d'eau : la Veyle et la Chalaronne.

Au printemps (mars à juin), la quantité d'eau restituée à la Chalaronne par les étangs dombistes présents au sein de son bassin versant (2 760 ha) s'élève à 48.7 mm (soit 1.3 Mm<sup>3</sup> d'eau) (SMTC, 2006). Si l'on considère que la totalité des étangs de la Dombes subissent la même évaporation et suivent le même régime hydrologique que sur le bassin versant de la Chalaronne, ces données peuvent être extrapolées. De ce fait, l'ensemble des étangs en eau du site Natura 2000 (9600 ha) restitueraient annuellement aux cours d'eau environ 16.3 Mm<sup>3</sup> entre mars et juin.

Durant l'été, les étangs subissent une forte évaporation et ne restituent plus d'eau aux rivières en aval amplifiant les étiages. La présence des étangs dombistes amplifie donc le phénomène d'étiage des cours d'eau du territoire.

Du fait de l'impact potentiellement négatif des étangs de la Dombes sur les phénomènes d'étiage ce service n'a pas été quantifié.

### ► Régulation du climat global

Afin d'estimer le stock de carbone que représentent les forêts de la Dombes, nous avons suivi en partie la méthodologie<sup>51</sup> proposée par Jean-Luc Dupouey (Inra, UMR- Écologie et écophysologie forestières), Gérôme Pignard (IFN, Direction de la Valorisation, DDAF de l'Hérault) et Nabila Hamza (IFN, Direction de la Valorisation).

Le volume du couvert arboré par ha a été estimée à partir des données fournies par l'AGRESTE en Rhône-Alpes<sup>52</sup>. Ces valeurs ont été multipliées par un facteur constant dit d'expansion des racines de 1.28 pour les feuillus (données extraites de la littérature scientifique). L'étape suivante a consisté à multiplier les valeurs de volume total par la densité de bois. Enfin la biomasse totale a été multipliée par la concentration en carbone égale à environ 47.5% de la biomasse totale. Le feuillage, les strates herbacées et arbustives, les arbres non recensables, le bois mort et les essences minoritaires n'ont pas été prises en compte.

Les données obtenues concernant ce service sont présentées dans le Tableau 5.1.5.

---

<sup>50</sup> Syndicat Mixte de Territoires de la Chalaronne. 2006 Étude du fonctionnement hydrologique et hydraulique de la Chalaronne et de ses principaux affluents. Rapport de phase 1. Février 2006. p 97.

<sup>51</sup> Méthodologie mise en place par l'INRA décrite sur le site suivant :

[http://www.inra.fr/la\\_sciences\\_et\\_vous/dossiers\\_scientifiques/chimie\\_verte/questions\\_a\\_la\\_recherche/la\\_sequestration\\_de\\_carbone\\_en\\_foret](http://www.inra.fr/la_sciences_et_vous/dossiers_scientifiques/chimie_verte/questions_a_la_recherche/la_sequestration_de_carbone_en_foret).

<sup>52</sup> Site de l'AGRESTE : [www.agreste.agriculture.gouv.fr](http://www.agreste.agriculture.gouv.fr).

**Tableau 5.1.5** Présentation des données ayant permis la monétarisation du service associé à la régulation du climat global<sup>53</sup>.

Essences	Biomasse sur pied (m <sup>3</sup> )	Masse volumique (kg.m <sup>-3</sup> ) <sup>54</sup>	Bois aérien (t)	Tonnes de bois souterrain + aérien (t)	Tonnes de carbone	Tonnes de CO <sub>2</sub>	Prix sur le marché du carbone (€ <sub>2010</sub> )
<b>Chêne sessile et pédonculé</b>	1 732 208	690	1 195 223	1 529 886	726 696	2 664 551	34 639 167
<b>Hêtre</b>	532 987	710	378 421	484 379	230 080	843 626	10 967 139
<b>Frêne</b>	266 494	690	183 881	235 367	111 799	409 931	5 329 103
<b>Peuplier</b>	133 247	460	61 294	78 456	37 266	136 644	1 776 368
<b>Chêne pubescent</b>	88 831	690	61 294	78 456	37 266	136 644	1 776 368
<b>Robinier</b>	171 000	660	112 860	144 461	68 619	251 603	3 270 833
<b>Charme</b>	136 800	820	112 176	143 585	68 203	250 078	3 251 010
<b>Autres</b>	358 434	700	250 904	321 157	152 549	559 348	7 271 522
<b>TOTAL</b>	<b>3 420 000</b>				<b>1 279 930</b>	<b>4 693 076</b>	61 009 987 €

Ramené à l'hectare, nous obtenons une moyenne de 67 tonnes de C.ha<sup>-1</sup> pour un volume sur pied de 180 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. Ces valeurs sont cohérentes avec les travaux réalisés à ce sujet par Dupouey *et al.* (2000)<sup>55</sup> et dans le cadre du projet ECOFOR<sup>56</sup>. Le service de régulation du climat global équivalerait donc à 61 M €<sub>2010</sub> (basé sur le marché du carbone qui fixe le prix d'une tonne de CO<sub>2</sub> à 13 euros), soit 3 211 €<sub>2010</sub>.ha<sup>-1</sup> de forêt. En se basant sur le rapport de Chevassus-au-Louis (Rapport du CAS, 2009) qui fixe la tonne de carbone à 32 €<sub>2010</sub>, la valeur totale du service s'élève à 150 M €<sub>2010</sub>, soit environ 7 904 €<sub>2010</sub>.ha<sup>-1</sup>.

D'après les études citées ci-dessus, l'accroissement moyen en volume des forêts françaises est d'environ 1% depuis 2 à 3 décennies. L'absorption annuelle moyenne de carbone par ces forêts serait donc égale à environ 12 800 tonnes équivalent sur le marché du carbone à une fourchette comprise entre 610 000 €<sub>2010</sub>.an<sup>-1</sup> et 1.5 M€<sub>2010</sub>.an<sup>-1</sup>, soit à l'hectare 32 – 79 €<sub>2010</sub>.an<sup>-1</sup>.

### *Les services socioculturels*

#### ► Chasse de loisir

La Dombes est l'une des grandes régions françaises de chasse au gibier d'eau (10% de la surface française en étangs). Cette activité y est essentiellement privée (et gardée) ou louée (généralement sous la forme de conventions verbales avec tacite reconduction), ce qui constitue une originalité locale puisque le reste du territoire départemental est organisé en sociétés communales.

La chasse est le troisième revenu de l'étang avec la pisciculture et les céréales et constitue une source de rémunération non négligeable pour beaucoup de propriétaires fonciers<sup>57</sup>. Autrefois réservée à une petite minorité de privilégiés, elle est désormais prisée par de très nombreux pratiquants, notamment les citadins. Elle se déroule à partir du 3ème week-end du mois d'août jusqu'au 31 janvier. La chasse est particulièrement fructueuse l'année suivant la mise en assec car l'eau est riche en nutriments et favorise l'installation du gibier d'eau. Cette observation est mise à profit par certains propriétaires qui choisissent

<sup>53</sup> Sources concernant les surfaces forestières, les essences forestières et la production par essence dans l'Ain :

- Peltier J.L. et Kollen A. **2005** Chambre Agriculture de l'Ain. Catalogue des filières – La filière sylvicole.
- Conseil Général de l'Ain, Fédération Interprofessionnelle du Bois de l'Ain, Hélianthe / Ain Espace Energie (2009). Forêt et valorisation de la filière bois de l'Ain – Livre Blanc 2009. p. 122.
- CRPF Rhône-Alpes. **2008** La forêt de l'Ain (Source IFN 1996).

<sup>54</sup> Masse volumique du bois : Agenda forestier et de l'industrie du bois, <http://biomee.canalblog.com/archives/2008/01/25/7698209.html>.

<sup>55</sup> Dupouey *et al.* **2000** Stocks et flux de carbone dans les forêts françaises. Rev. For. Fr. LII 139-154

<sup>56</sup> GIP ECOFOR **2004** Rapport final du projet : Séquestration de carbone dans les grands écosystèmes forestiers en France. Quantification, spatialisation, vulnérabilité et impacts de différents scénarios climatiques et sylvicoles.

<sup>57</sup> Documents d'Objectifs du site Natura 2000 FR 8201635 « Les étangs de la Dombes ». 2004. DIREN Rhône-Alpes – Préfecture de l'Ain. p 447.

d'alterner assec (sans récolte)/évolage pour profiter de la chasse et louer à un prix plus élevé leur domaine. Par ailleurs, 1500 personnes ont un permis de chasse allant jusqu'à avril dans le but de réguler le Cormoran (aide du Conseil Général).

Néanmoins, le nombre de chasseurs diminue de plus en plus tout les ans (vieillessement de la population de chasseurs, contraintes réglementaires de plus en plus fortes). En Dombes, le nombre de chasseurs est compris entre 2000 et 2500 (porteurs de permis), souvent étrangers au département. Les "affûteurs" sont au nombre de 450. Les coûts de location des étangs pour la chasse sont généralement élevés (environ 100 à 150 €<sub>2010</sub> ha<sup>-1</sup> d'eau). En Dombes, on estime que 85% des étangs sont ainsi loués pour la chasse (soit plus de 10 000 ha) dont 600 territoires de chasse déclarés à la fédération (de 30 à 497 ha, 100ha en moyenne). Sur la base de ces chiffres, on estime le revenu annuel compris entre 1 et 1.5 M €<sub>2010</sub> sur l'ensemble des étangs.

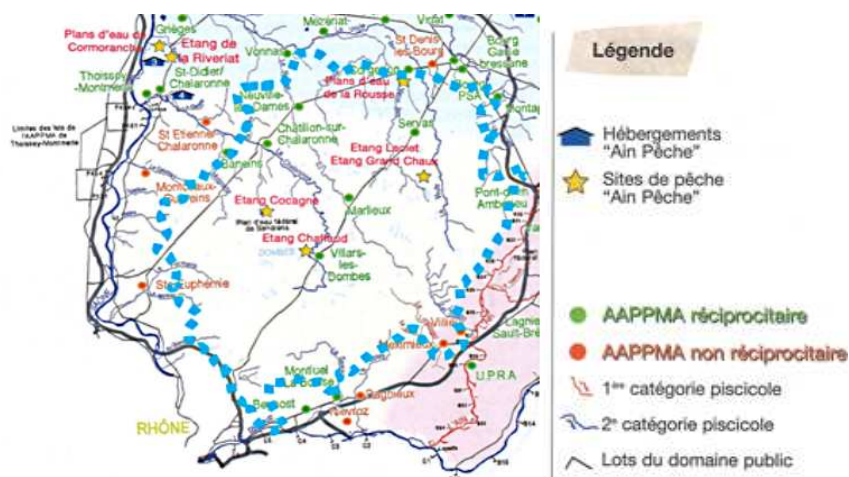
A cela s'ajoutent les dépenses générées<sup>58</sup> par les chasseurs sur la zone (cotisation, carte de chasse, assurance), estimées à 1 551 €<sub>2010</sub> par chasseur, soit une fourchette comprise entre 3.1 et 3.9 M€<sub>2010</sub> pour l'ensemble des chasseurs.

Ainsi la valeur d'usage du service associée à la chasse de loisir est comprise entre à 4.1 et 5.4M€<sub>2010</sub> an<sup>-1</sup>, soit entre 342 et 450 €<sub>2010</sub>.ha<sup>-1</sup> d'étang

### ► Pêche de loisir

Souvent privés, les étangs de la Dombes sont rarement accessibles pour le pêcheur occasionnel dans la région. C'est pour cette raison qu'une dizaine de communes de la Dombes proposent des lieux de pêche à la ligne dans les étangs communaux<sup>59</sup>. Chacune de ces communes possède au moins un étang sur lequel la pratique de ce loisir est possible. Ces communes empoissonnent régulièrement ces étangs.

Les différents secteurs de pêche ont été recensés grâce au « guide de pêche et du tourisme 2011 » mis à disposition dans les offices du Tourisme de l'Ain par la Fédération Départementale de Pêche. En Dombes, on distingue quatre secteurs de pêche en rivières (la Chalaronne, Le Formans/Calonne/Saône, la Côtère/Seraine/Cottey et la Côtère/Toison/Longevent). Toutefois, seul le secteur de la Chalaronne concerne les communes du site Natura 2000.



**Fig. 5.1.2** Carte halieutique de la Dombes (modifié d'après le Guide de la Pêche et du Tourisme 2011, Fédération Départementale de la Pêche).

Par ailleurs, une dizaine d'étangs de pêche à la ligne ont été recensés dans cette étude sur les communes du site Natura 2000 de la Dombes.

<sup>58</sup> Enquête CSA, 2006, « Les chasseurs : qui sont-ils ? »

<sup>59</sup> Documents d'Objectifs du site Natura 2000 FR 8201635 « Les étangs de la Dombes». 2004 DIREN Rhône-Alpes – Préfecture de l'Ain. p 447.



Les différentes associations ont été contactées<sup>60</sup> afin (2) d'obtenir la fréquentation des différents étangs et des rivières, et (2) estimer le revenu généré par le service sur la zone. La fréquentation des secteurs gérés par des AAPPMA (Association Agréée pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques) n'a pas été prise en compte car les permis ou cartes délivrées par ces associations sont valables sur d'autres secteurs et ne sont donc pas spécifiques à la zone d'étude.

**Tableau 5.1.6** Récapitulatif des plans d'eau ou cours d'eau fournissant le service de pêche de loisir sur le territoire de la Dombes, de leur fréquentation et du chiffre d'affaire associé. NC : Non Communiqué.

Communes	Nom du plan d'eau/cours d'eau	Tarifs (€ <sub>2010</sub> )	Nombre de cartes vendues	Chiffre d'affaire généré (€ <sub>2010</sub> )
Ambérieux-en-Dombes	Étang du Cerisier	Carte journalière : 4,7 10 Cartes: 39	NC	NC
Birieux	Étang de Birieux	Carte journalière : 6 Carte annuelle : 80	50 50	4 300
Chatillon-la-Palud	Plan d'eau des Brotteaux	Carte journalière : 5 Carte annuelle : 50	1200 100	11 000
Chatillon-sur-Chalaronne	La Chalaronne Plan d'eau communal	Carte journalière : 10	NC	NC
Lapeyrouse	Domaine de Glareins	Carte journalière (silure): 15 Location barque: 10	NC	15 000 – 20 000
Neuville-les-Dames	Plan d'eau de Granges	Carte journalière : 10	NC	NC
Sainte-Olive	Étang de la Fretaz	Carte journalière : 30 Carte hebdomadaire : 150 Carte 2 jours : 50 Carte 3 jours : 70	100	5 000
Saint-Jean-de-Thurigneux	Étang de la Combes	Carte journalière : 5 Carte annuelle : 70	NC	NC
Saint-Nizier-le-désert	Étang Grand Chauv	Carte journalière : 6 Carte hebdomadaire : 30 Carte saisonnière : 80	NC	NC
Sandrans	Étang de Cocagne	Carte journalière : 5 Carte annuelle : 70	3180 20	17 300
Villars-les-Dombes	Étang de Chaffaud	Carte journalière : 5 Carte semaine : 30 Carte saisonnière : 69	400 50	5 450
<b>TOTAL</b>				58 050 – 63 050

La valeur d'usage du service associée à la pêche de loisir serait donc comprise entre 58 000 et 63 000 €<sub>2010</sub>.an<sup>-1</sup>, soit 900 et 977 €<sub>2010</sub> par ha d'étang pour lesquels nous disposons d'informations sur leur fréquentation (64.5 ha).

### ► Sports et loisirs de nature

Les communes du site Natura 2000 de la Dombes offrent de nombreuses activités de loisir de nature telles que les circuits découverte, les randonnées, le golf ou encore les bases de loisir<sup>61</sup>.

<sup>60</sup> Sources :

- Entretien téléphonique avec le responsable du plan d'eau des Brotteaux (Chatillon-la-palud) le 22/07/11
- Entretien téléphonique avec la Fédération de Pêche responsable de l'Étang de Cocagne (Sandrans) le 22/07/11
- Entretien téléphonique avec M. De Framont, responsable du plan d'eau de Lapeyrouse (Lapeyrouse) le 22/07/11
- Entretien téléphonique avec le responsable de l'étang de Chaffaud (Villars-les-Dombes) le 21/07/11
- Entretien téléphonique avec le responsable de l'étang de la Fretaz (Sainte-Olive) le 22/07/11
- Entretien téléphonique avec la mairie de Birieux le 28/07/11

<sup>61</sup> Sources :

- Entretien téléphonique avec Association « Marche ou rêve », le 22/07/11.
- Entretien téléphonique avec « Les cyclotouristes du Centre Dombes », le 22/07/11.
- Entretien téléphonique avec « Les bicyclette bleue », le 22/07/11.

- **Les randonnées à pied ou à vélo**

Plusieurs sentiers de randonnées traversent la Dombes :

- Des sentiers pédestres du SIVOM de « la Dombes à la Bresse » à Chaveyriat ;
- Un sentier de grande randonnée du Pays Beaujolais-Bugey (GR du Montellier) ;
- Une section de chemins pédestres de l'association Foyer Rural des Rives de l'Ain (Villette sur Ain) ;
- D'autres sentiers communaux : de Beynost à Montluel (chemin Henri IV), Ambérieux-en-Dombes, Chalamont, Châtillon-sur-Chalaronne, Condeyssiat, sentier intercommunal de Joyeux, Saint-Eloi, Pérouges et Faramans, Montracol, Peronnas, Relevant, Romans, Sandrans, St André-de-Corcy, St André-le-Bouchoux, St Nizier-le-Désert, St-Paul-de-Varax, Ste Olive, Villars-les-Dombes...

Ces sentiers de randonnées n'offrent cependant pas suffisamment de circuits transversaux reliant les différentes communes de la Dombes et les sites attractifs associés. Il semble également que les sentiers voués à la randonnée cycliste, équestre, et V.T.T. fassent défaut en dehors des routes à forte fréquentation. Des projets sont actuellement en cours afin de renforcer le maillage existant : le Schéma Départemental de Développement Touristique prévoit un itinéraire cyclotouriste, une voie verte Léman-Méditerranée et une voie bleue entre Lyon et Chalon qui traversent la Dombes.

- **Les golfs**

Le territoire compte quatre golfs importants : le Golf de la Bresse (parcours 18 trous, un restaurant) à Condeissat, le Golf du Gouverneur à Monthieux (2 parcours 18 trous, 1 parcours 45 trous, restaurant, séminaire, hôtel), le Golf du Clou à Villars-les-Dombes (1 parcours de 18 trous), le Golf de Beau Logis à Mionnay (1 parcours 18 trous, restaurant).

- **Les centres équestres**

Le diagnostic du DOCOB recense 5 centres équestres, toutefois, la Dombes n'a pas encore été aménagé pour permettre des circuits de randonnées équestres et l'accueil des touristes avec leurs chevaux.

- **Les bases de loisirs**

Les bases de loisirs recensées sur le territoire des étangs de la Dombes permettent la pratique de nombreuses activités de plein air (tir à l'arc, accrobranches, randonnées...). Au nombre de 8, elles sont réparties de manière uniforme sur les communes du site Natura 2000.

- **Les fermes découvertes**

Les fermes découvertes ont un but ludique et éducatif, elles permettent également aux agriculteurs de se diversifier (cf. tourisme rural).

**Tableau 5.1.7** Récapitulatif des activités de sports et loisirs de natures proposées sur les communes du site Natura 2000 de la Dombes (source : DOCOB FR8201635 « Étangs de la Dombes », 2004).

	Nombre	Communes
Clubs/Associations de randonnées	1	Saint Trivier sur Moignan
Circuits de randonnées pédestres	30	
Points locations vélo	2	Joyeux, Meximieux
Golfs	4	Condeissat, Monthieux, Villars-les-Dombes, Mionnay
Étangs de loisirs	11	Neuville-les-Dames, Saint-Rémy, Saint-Paul-de-Varax, Sandrans, Saint-Nizier-le-Désert, Dompierre-sur-Veyle, Villars-les-Dombes, Chalamont,

- Entretien téléphonique avec le Golf de la Bresse, le 22/07/11.
- Entretien téléphonique avec la base de loisirs « Dombes Aventures », le 21/07/11.
- Entretien téléphonique avec le « Centre équestre de la Côte », le 28/07/11.
- Entretien téléphonique avec « Les Écuries de la Bervillière », le 28/07/11.
- Documents d'Objectifs du site Natura 2000 FR 8201635 « Les étangs de la Dombes» (2004) DIREN Rhône-Alpes – Préfecture de l'Ain. p 447

		Saint-Jean-de-Thurigneux, Civrieux, Châtillon-sur-Chalaronne
<b>Clubs équestres</b>	<b>5</b>	St André De Corcy, Sandrans, Neuville Les Dames, Montluel, Saint Didier Sur Chalaronne
<b>Base de loisirs</b>	<b>8</b>	Péronnas, Saint-Paul-de-Varax, Ambérieux-en-Dombes, Villars-les-Dombes, Miribel, Montluel, Saint-Nizier-le-Désert, Chatillon-la-Palud
<b>Fermes découvertes</b>	<b>5</b>	

Toutes les activités n'ont pas pu être quantifiées ni monétarisées car certaines structures n'ont pas souhaité partager ces informations. D'autre part, l'activité liée aux fermes pédagogiques est difficilement monétarisable car le revenu généré est intégré au revenu d'exploitation des agriculteurs.

**Tableau 5.1.8** Synthèse des informations obtenues pour quantifier et monétariser le service de « sports et loisirs » sur les communes de la Dombes<sup>62</sup>.

Type de structures	Nombre de structures ayant fournies des informations	Nombre de personnes impliquées dans la pratique de l'activité	Estimation de la valeur du service (€ <sub>2010</sub> )
<b>Clubs/Associations de randonnées</b>	<b>1</b>	74 adhérents Prix moyen d'une licence individuelle 25 €	1 850
<b>Points locations vélo</b>	<b>1</b>	Environ 300 vélos loués par saison (6 mois) En majorité pour 2h (4.5 €/heure)	2 700
<b>Golfs<sup>63</sup></b>	<b>1</b>	50 000 - 65 000 parcours/ an	4.8 – 5.7 millions
<b>Clubs équestres<sup>64</sup></b>	<b>2</b>	Entre 50 et 60 chevaux et 130-200 licenciés pour chaque structure	0.7 – 0.9 million
<b>Base de loisirs*</b>	<b>1</b>	45 000 visiteurs par an	1.2 million
<b>Fermes découvertes</b>	<b>0</b>	NC	NC

Sur la base des données obtenues, la valeur de ce service serait comprise entre 6.7 et 7.9 M €<sub>2010</sub>.an<sup>-1</sup>, soit environ 57 et 68 €<sub>2010</sub>.an<sup>-1</sup> et par ha de l'ensemble des communes du site Natura 2000.

*Nota : Seules les activités pour lesquelles des données chiffrées ont été obtenues ont été prises en compte dans l'analyse. Les chiffres obtenus sont donc largement sous-estimés.*

### ► **Tourisme rural**

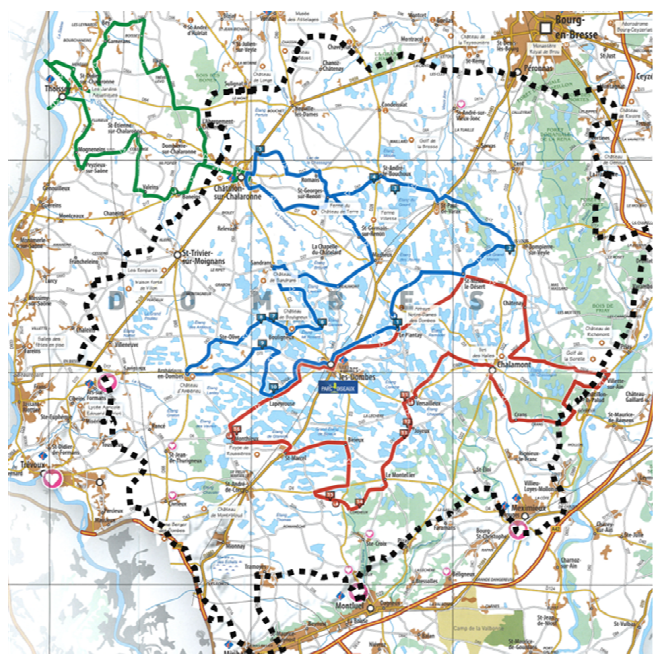
La diversification agricole des exploitants de la Dombes a permis le développement de nombreuses activités annexes. Des exploitants s'organisent pour offrir des services très diversifiés tels que l'accueil à la ferme, les fermes aux enfants, les gîtes ruraux ou d'étape, les chambres d'hôte, le camping à la ferme, les auberges rurales... Certains vendent leurs produits directement à la ferme, d'autres dans des points de vente collectifs ou sur les marchés.

Mise en place par le Comité Départemental du Tourisme (CDT) en 1987, la route des étangs (circuit voiture) a son point de départ à Villars-les-Dombes. Elle comprend 2 boucles de 65 et 70 km, avec un tracé commun entre Lapeyrouse et Saint-Nizier-le-Désert. Ce circuit permet de découvrir les richesses naturelles des étangs, ainsi que la gastronomie de la région.

<sup>62</sup> Etude expérimentale de l'impact socio-économique des sports de nature sur des micro-territoires de Rhône-Alpes (2007-2008). p. 50.

<sup>63</sup> La valeur du service fourni par les golfs a été estimée à partir de l'étude du BIPE en 2007 qui estime le chiffre d'affaire moyen à l'hectare d'un golf en fonction de sa superficie compris entre 14 500 et 17 500 €. Source : BIPE (2007). Poids économique du golf en France. Rapport final. p 46.

<sup>64</sup> La valeur du service fourni par les centres équestres a été estimée à partir du chiffre d'affaire moyen par cheval (entre 6 984 euros et 8 150 euros par cheval). Source : Lafon M. **2010** Cheval de club : un client à soigner. Science & pratique. N° 1058-1059 du 19 décembre 2009 au 8 janvier 2010.



**Fig. 5.1.3** Cartographie de la route des étangs de la Dombes proposant deux circuits (rouge et bleu) (Modifié d'après « La route de la Dombes », Fédération Départementale des routes touristiques de l'Ain, 2010). Le tracé en pointillés noir délimite les communes du site Natura 2000.

L'un des enjeux du développement touristique de la Dombes repose sur la diversification de la clientèle touristique tout en canalisant cet accueil et en tenant compte du foncier afin de limiter les conflits d'usages et les incidences éventuelles sur le milieu naturel. L'objectif étant de consolider le produit « Route des étangs » et de créer un réseau de sentiers pédestres.

D'autre part, le parc des oiseaux, situé à Villars-les-Dombes, est le pôle touristique payant qui attire le plus de visiteurs du Département de l'Ain. Il se compose de deux entités, un parc animalier et une réserve ornithologique. La partie réserve n'est pas accessible au public. Le parc animalier est par contre entièrement dédié à l'accueil touristique.

La clientèle touristique principale de la Dombes est Rhônealpine (78.4%), c'est donc un tourisme de proximité. La Dombes des étangs se caractérise par une clientèle familiale très importante (74.3%). Les séjours à la journée sont les plus nombreux (44.6%), suivent les séjours à la saison (24.3%) puis les courts séjours (16.2%). Le territoire est également traversé chaque été lors des grandes migrations estivales et peut donc être considéré comme une zone d'étape.

**Tableau 5.1.9** Organisation des structures d'accueil sur les communes du site Natura 2000 de la Dombes.

Type d'établissement	Chambre d'hôtes	Gîtes	Auberges	Campings	Hôtels
<b>TOTAL</b>	29	43	2	10	17

La capacité d'accueil de la Dombes est d'environ 6000 lits, les campings représentant près de 80% de l'offre (Tableau 5.1.9). Les deux-tiers des emplacements de camping sont destinés à des résidents de l'agglomération lyonnaise, presque assimilables à des résidents secondaires.

D'autre part, la Dombes dispose d'un certain nombre de pôles touristiques très fréquentés tels que le Parc des oiseaux ou la base de loisirs de Saint Paul de Varax. Le parc des Oiseaux<sup>65</sup> accueille entre 280 000 et 300 000 touristes par an et compte environ 50 salariés à plein temps en moyenne (80-90 en pleine saison). La clientèle est plutôt régionale (à 75 %), le reste des touristes vient

<sup>65</sup> Entretien avec le parc des oiseaux le 07/07/11

majoritairement de Paris ou de Suisse. Le parc est ouvert aux touristes de Mars à Novembre, il couvre 35 ha au sein d'une Réserve Naturelle de 280 ha, interdite aux touristes. Le chiffre d'affaire moyen est de 4.5 M€ qui permet au parc de s'autofinancer, il ne reçoit aucune subvention.

En considérant que le tourisme de nature en Dombes est plus ou moins équivalent au nombre de visiteurs du parc des oiseaux, et en faisant l'hypothèse que la majorité des touristes de nature reste pour la journée ou le week-end (respectivement 44.6% et 16.2% d'après les statistiques), le flux monétaire généré sur la zone peut être estimé (sur la base de 30€ par personne et par jour, information fournie par Ain Tourisme).

**Tableau 5.1.10** Estimation des revenus générés par le tourisme rural sur les communes du site Natura 2000 de la Dombes<sup>66</sup>.

<b>Nombre de touristes annuel moyen du Parc des Oiseaux</b>	280 000	300 000
<b>Estimation du nombre de touristes séjours journaliers</b>	124 880	133 800
<b>Estimation du nombre de touristes séjours weekend</b>	68 040	72 900
<b>Dépenses générées par les touristes des séjours journaliers</b>	3 746 400 € <sub>2010</sub>	4 014 000 € <sub>2010</sub>
<b>Dépenses générées par les touristes des séjours weekend</b>	4 082 400 € <sub>2010</sub>	4 374 000 € <sub>2010</sub>
<b>Chiffre d'affaire du parc des oiseaux</b>	4 500 000 € <sub>2010</sub>	4 500 000 € <sub>2010</sub>
<b>Flux monétaire total</b>	12 328 800 € <sub>2010</sub>	12 888 000 € <sub>2010</sub>

D'après les données présentées dans le Tableau 5.1.10, la valeur d'usage du service associée au tourisme rural est comprise entre 12.3 et 12.8 M€<sub>2010</sub>.an<sup>-1</sup>, soit entre 107 et 111 €<sub>2010</sub>.an<sup>-1</sup> par ha de l'ensemble des communes du site Natura 2000.

#### *Importance relative des services rendus*

**Malgré une incertitude importante, les résultats présentés dans le tableau ci-dessous mettent en évidence l'importance économique de l'agriculture, de l'élevage et du tourisme lié au parc des oiseaux sur les communes des étangs de la Dombes. Il faut cependant souligner que certains services n'ont pu être monétarisés limitant la portée de ces résultats.**

<sup>66</sup> Issues de la base des données « Ain tourisme » : [www.ain-tourisme.com](http://www.ain-tourisme.com). (Données de fréquentation) et suite à l'entretien avec le parc des oiseaux le 07/07/11.

**Tableau 5.1.11** Synthèse des résultats obtenus pour l'évaluation des services écosystémiques rendus par la zone humide de la Dombes.

Services	Valeur d'usage (€ <sub>2010</sub> .an <sup>-1</sup> )	Valeur d'usage par ha (€ <sub>2010</sub> .ha <sup>-1</sup> .an <sup>-1</sup> )
<b>Services d'approvisionnement</b>		
Aquaculture	0.28 M€	23€ par ha d'étang
Élevage terrestre	22.7 M€	861€ par ha de STH
Production agricole	41 M€	597€ par ha de SAU
Production de bois	1.8 M€	96€ par ha de forêt privée
<b>Services de régulation</b>		
Autoépuration des eaux	0.5 – 10.2 M€	57 – 1009€ par ha d'étang
Ecrêtage des crues	NC	NC
Soutien d'étiage	NC	NC
Régulation du climat global	0.61 – 1.5M€	32 – 79€ par ha de forêt
<b>Services socioculturels</b>		
Chasse de loisir	4.1 – 5.4M€	342 – 450€ par ha d'étang
Pêche de loisir	0.058 – 0.063M€	900 – 977€ par ha d'étang de pêche à la ligne
Sports et loisirs de nature	6.7 – 7.9M€	57 - 68€ par ha de l'ensemble des communes du site
Tourisme rural	12.3 – 12.8M€	107 – 111€ par ha de l'ensemble des communes du site
Développement des savoirs éducatifs	NC	NC

## 5.2. LA VALLÉE ALLUVIALE DE LA BASSÉE

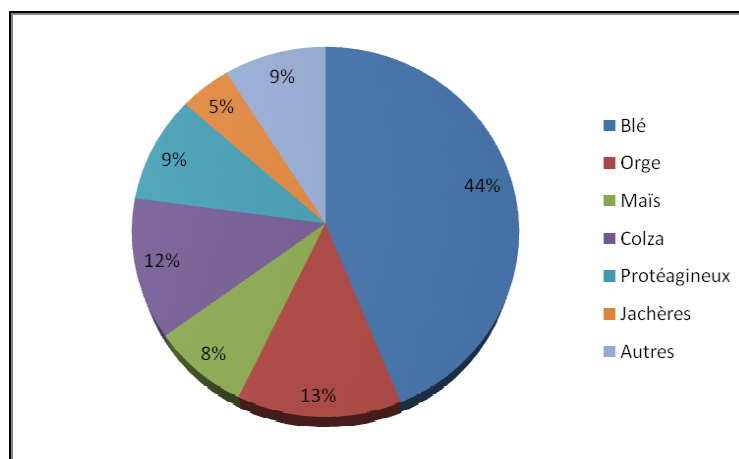
### Les services d'approvisionnement

#### ► Production agricole

L'activité d'élevage n'est pas développée au sein de la Vallée alluviale de la Bassée. Seules les cultures agricoles sont pratiquées. Le nombre d'exploitations sur les communes incluses dans le périmètre Natura 2000 est de 39, réparties sur Grisy sur Seine (4), Gouaix (11), Jaulnes (9), Mouy sur Seine (6), Noyen sur Seine (3) et Les Ormes sur Voulzie (6) (Recensement agricole 2010). Ces exploitations emploient au total 65 salariés.

En 2007, la surface agricole totale sur l'aire d'étude était d'environ 115 ha (soit 13.5 % de la surface totale). Les principales espèces cultivées sont le blé, l'orge, le maïs et le colza. On notera également la présence plus ponctuelle de cultures de tournesol, de pois ou de betterave. La répartition de l'assolement n'étant pas renseigné à cette échelle, nous nous sommes basés sur les données départementales pour l'établir (Fig. 5.2.1).

A l'échelle départementale, les cultures de céréales sont majoritaires (61%) avec le blé (41%), l'orge (12%) et le maïs (7%). Suivent les cultures d'oléagineux (colza) (11%), les protéagineux (9%), les betteraves sucrières (8%) puis divers types de production tels que les légumes, les pommes de terres, ou les surfaces toujours en herbe. Les surfaces en jachères représentent plus de 4% de la surface totale des surfaces cultivées dans le département de Seine et Marne. En effet, l'ensemble de la plaine alluviale de la Bassée est actuellement touché par un phénomène de déprise agricole, qui se manifeste par l'extension de ces surfaces (de 0.1% en 1988 à 6% en 2000 au niveau départemental, Agreste 2000).



**Fig. 5.2.1** Assolement dans le département de Seine et Marne d'après les statistiques agricoles annuelles 2010 (Agreste, Ile de France)

Pour chaque filière agricole, la valeur du service rendu est égale à la surface à l'hectare concerné par la filière x multipliée par le coefficient de Marge Brute Standard « 2000 » de la filière x. Afin de ne pas surestimer le service, seules les cultures dominantes ont été prises en compte dans le calcul. Celles-ci incluent :

- Les céréales : blé, orge, maïs ;
- Les oléagineux : colza.

Les jachères sont comprises dans la Surface Agricole Utile (SAU) mais ne sont pas monétarisées dans le cadre de cette étude car elles ne sont à la base d'aucune production agricole.

**Tableau 5.2.1** Calculs de la valeur totale du service de production agricole sur le site Natura 2000 de la Bassée.

Type de culture	SAU estimée sur le site de la Bassée (ha)	Coefficients de MBS « 2000 » en Ile de France (€ <sub>2010</sub> /ha)	Valeur du service (€ <sub>2010</sub> )
Blé	62	1319	81 778
Orge	19	998	18 962
Maïs	11	980	10 780
Colza	17	1060	18 020
Jachères	6		
<b>TOTAL</b>			<b>129 540 €<sub>2010</sub></b>

La valeur totale du service de production agricole s'élève à environ 129 540 €<sub>2010</sub>, soit 1126 €<sub>2010</sub>/ha de SAU sur le site Natura 2000 de la Bassée.

L'étude réalisée en 2009 par ACTEON pour le Commissariat Général au Développement Durable (CGDD) évalue le service sur l'ensemble de la vallée alluviale de la Bassée à une valeur comprise entre 295 et 316 €<sub>2010</sub>/ha. Dans ce travail, seul le fourrage a été considéré expliquant les faibles valeurs par ha (1500 ha de pâture repertoriée dans la vallée alluviale). Si nous reportons ce chiffre à la valeur totale de surface agricole sur le site étudié, nous obtenons une valeur comprise entre 33 925 et 36 340 €<sub>2010</sub>.

La fourchette<sup>67</sup> de valeurs retenues prend en compte les résultats des deux méthodes et est donc comprise entre 35 000 €<sub>2010</sub> et 129 540 €<sub>2010</sub>.

#### ► Production de bois

L'activité sylvicole dominante sur le site Natura 2000 de la Bassée concerne la populiculture. Près de 9 % du site Natura 2000 de la Bassée est soumis à cette activité, principalement mise en œuvre par trois grands propriétaires : la Commune de Les Ormes-sur-Voulzie, M. Le Groumellec, Mme de Becco. Les pratiques d'exploitation sont globalement intensives, avec un temps de rotation d'environ 20 ans et un entretien régulier de la strate herbacée.

D'après les données cartographiques, la superficie des plantations de peupliers sur le site Natura 2000 de la Bassée est de 66 ha. Alors qu'en sols secs, une densité de 156 peupliers par hectare est généralement adoptée, en sol humide une densité de 200 tiges/ha permet d'obtenir des peupliers de 1 à 1.5 m<sup>3</sup> en bon état sanitaire (d'après le centre régional de propriété forestière de Bourgogne<sup>68</sup>). Dans le département de la Seine et Marne, la biomasse sur pied est comprise entre 133 et 180 m<sup>3</sup>/ha.

Ainsi, tenant compte des coûts d'implantation et d'entretien, le revenu de la populiculture est compris entre 6402 et 9504€<sub>2010</sub>. A l'hectare, il est compris entre 1942 et 6300 €<sub>2010</sub>/ha soit, pour une rotation de 20 ans, entre 97 et 144 €<sub>2010</sub>.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>. Ces chiffres sont légèrement plus faibles que ceux estimés par ACTEON qui évalue le service compris entre 74 et 270 €<sub>2010</sub>.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>.

	Production minimale	Production maximale
Densité de tiges	200	200
Coût d'implantation et d'entretien (€ <sub>2010</sub> .ha <sup>-1</sup> )	18	18
Coût total par ha (€ <sub>2010</sub> .ha <sup>-1</sup> )	2857	2857
Production (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	133	180

<sup>67</sup> Sources :

- Coefficients de Marges Brutes Standards « 2000 » : Site AGRESTE - [www.agreste.agriculture.gouv.fr](http://www.agreste.agriculture.gouv.fr),
- Données agricoles : chambre d'agriculture d'Île de France - [www.ile-de-france.chambagri.fr](http://www.ile-de-france.chambagri.fr);
- Statistiques agricoles annuelle : Site Agreste, Srise Île-de-France, Seine et Marne. [www.agreste.agriculture.gouv.fr](http://www.agreste.agriculture.gouv.fr);
- Documents d'Objectifs du site Natura 2000 FR 110798 « La Bassée ». 2007. DIREN Île-de-France - AGRENABA / ECOSPHERE. p 248.

<sup>68</sup> <http://www.foret-de-bourgogne.org/files/actualites/Dossier%20Populiculture-%20Decembre%202010.pdf>

<sup>69</sup>Source :

- Le portail de la filière peuplier : <http://www.peupliersdefrance.org/rentabilite-744684.html>
- Le peuplier en Bourgogne du centre régional forestier de la région Bourgogne <http://www.foret-de-bourgogne.org/files/actualites/Dossier%20Populiculture-%20Decembre%202010.pdf>
- Statistiques agricoles annuelle : Site Agreste, Srise Île-de-France, Seine et Marne. [www.agreste.agriculture.gouv.fr](http://www.agreste.agriculture.gouv.fr);



Prix de vente (€ <sub>2010</sub> .m <sup>3</sup> )	32	35
Revenu brut (€ <sub>2010</sub> .ha <sup>-1</sup> )	4256	6300
Revenu net si rotation de 20 ans (€ <sub>2010</sub> .ha <sup>-1</sup> )	1942	2875
Revenu net annuel (€ <sub>2010</sub> .ha <sup>-1</sup> .an <sup>-1</sup> )	97	144

**Tableau 5.2.2** Données visant à monétariser le service de production de bois (poupliculture).

### *Les services de régulation*

#### ► **Autoépuration des eaux**

Les zones humides alluviales, du fait de leur positionnement intermédiaire entre le bassin versant et les eaux de la rivière, jouent un rôle d'autoépuration des eaux. L'évaluation économique de ce service repose uniquement sur la valorisation de l'abattement en azote, ce dernier étant le paramètre le plus étudié de la littérature.

La capacité épuratoire de ces zones diffère fortement selon les sources. Par exemple, une étude menée par Acteon<sup>70</sup> pour le CGDD (2009) estime cette capacité à 200 kg.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>, alors que les travaux de Fustec<sup>71</sup> (2002) et de Billen<sup>72</sup> (2002) l'évaluent entre 40 kg.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> et 60 kg.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>. Ces différences s'expliquent notamment par la prise en compte des espaces agricoles mitoyens à la zone humide.

Afin d'estimer la valeur économique associée à cet abattement, la méthode des coûts de remplacement a été utilisée. Dans la zone étudiée, 70% des stations d'épuration ont une capacité de traitement égale ou supérieure à 10 000 EH<sup>73</sup>. Les coûts d'investissement pour de telles infrastructures se situent autour de 8.23 millions d'€<sub>2010</sub>, soit 164 600€<sub>2010</sub>.an<sup>-1</sup> (sur une période de 50 ans). Les coûts de fonctionnement annuels quant à eux tournent autour de 1.3 millions d'€<sub>2010</sub>. Le coût annuel d'une telle station est donc de 1.46 millions d'€<sub>2010</sub> soit 49€<sub>2010</sub>.EH<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>.

Selon le décret du 10 décembre 1991, un EH rejette chaque jour 15g d'azote. Si l'on considère un abattement compris entre 40 et 200 kg.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>, ceci correspond à une fourchette comprise entre 10 244 et 51 218 EH par jour. Soit un coût évité de 0.5 à 2.5 M€<sub>2010</sub> an<sup>-1</sup> ou 358 – 1788€<sub>2010</sub>.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>.

#### ► **Ecrêtage des crues**

Les zones humides agissent comme un réservoir retenant des millions de m<sup>3</sup> d'eau, qui seront ensuite stockés dans la nappe alluviale puis restitués à la décrue. Ces surfaces inondées, ou encore champs d'expansion, assurent donc une protection naturelle contre les inondations limitant les dégâts causés notamment sur les zones urbaines.

Deux approches peuvent être utilisées pour évaluer ce service :

- Par le coût des dommages évités ;
- Par le coût de remplacement, c'est-à-dire le montant des travaux nécessaires pour se protéger d'un volume d'eau équivalent à celui stocké par les champs d'expansion.

D'après l'étude réalisée par Aoubid (2010)<sup>74</sup>, la plaine alluviale de la Bassée permettrait d'éviter des inondations dont les conséquences auraient un coût compris entre 118 €<sub>2010</sub> et 170 €<sub>2010</sub>.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>. Le champ d'expansion des crues étant de 6500 ha, la valeur du service serait donc comprise entre 0.77 et 1.1M€<sub>2010</sub>

<sup>70</sup> Acteon/ecovia, pour le CGDD. **2012** Evaluation économique des zones humides sur trois sites test du Bassin Seine-Normandie : Cas de la plaine alluviale de la Bassée.

<sup>71</sup> Fustec E., Bendjoudi H. et al. **2002** Fonctionnement du Territoire Bassée.

<sup>72</sup> Fustec E., Bendjoudi H. et al. **2002** Fonctionnement du Territoire Bassée.

<sup>73</sup> Site web de l'Agence de l'eau de Seine et Marne : <http://eau.seine-et-marne.fr/station-d-epuration>

<sup>74</sup> Aoubid S, Gaubert H. **2010** Evaluation économique des services rendus par les zones humides. MEEDDM/CGDD, collections Etudes et documents, n° 23, juin 2010.

## ► Régulation du climat global

Afin d'estimer le stock de carbone que représentent les forêts situées sur le site NATURA 2000 de la vallée alluviale de la Bassée, nous avons suivi en partie la méthodologie<sup>75</sup> proposée par Jean-Luc Dupouey (Inra, UMR- Écologie et écophysiologie forestières), Gêrôme Pignard (IFN, Direction de la Valorisation, DDAF de l'Hérault) et Nabila Hamza (IFN, Direction de la Valorisation).

Le volume du couvert arboré par ha a été estimée à partir des données fournies par l'AGRESTE dans le département de la Seine et Marne<sup>76</sup>. Ces valeurs ont été multipliées par un facteur constant dit d'expansion des racines de 1.28 pour les feuillus (données extraites de la littérature scientifique). L'étape suivante a consisté à multiplier les valeurs de volume total par la densité de bois. Enfin la biomasse totale a été multipliée par la concentration en carbone égale à environ 47.5% de la biomasse totale. Le feuillage, les strates herbacées et arbustives, les arbres non recensables, le bois mort et les essences minoritaires n'ont pas été prises en compte. Par ailleurs, n'ayant pas d'information sur la composition précise des différents types de couverts forestiers, nous avons considéré comme dominant les frênes au sein des aulnaies-frênaies, des chênes au sein des forêts mixtes de chênes, d'ormes et de frênes. Les peupliers n'ont pas été considérés car ces couverts sont destinées à la production de bois et ne peuvent donc être considérés comme de peuplements pérennes (le stockage de carbone dépendant de l'utilisation de ce bois par la suite).

La surface totale de forêts sur le site NATURA 2000 est de 961 ha. Le volume sur pied dans le département de la Seine et Marne est d'environ 150 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. La biomasse sur pied pour les différentes essences est décrite dans le tableau ci-dessous :

Habitats	Essences	Surface (ha)	Biomasse sur pied (m <sup>3</sup> )	Masse volumique (kg.m <sup>-3</sup> ) <sup>77</sup>	Bois aérien (t)	Tonnes de bois souterrain + aérien (t)	Tonnes de carbone	Tonnes de CO <sub>2</sub>	Prix sur le marché du carbone (€ <sub>2010</sub> )
Forêts mixtes	Chênaies	676	101 400	690	69 966	89 556	42 539	155 978	2 027 707
Hêtraies	Hêtre	2.2	330	710	234	300	142	522	6 790
Aulnaies-frênaies	Frêne	283	42 450	690	29 291	37 492	17 809	65 298	848 877
	<b>TOTAL</b>		<b>144 180</b>				<b>60 490</b>	<b>221 798</b>	<b>2 883 376€</b>

Ramené à l'hectare, nous obtenons une moyenne de 63 tonnes de C.ha<sup>-1</sup> pour un volume sur pied de 150 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. Ces valeurs sont cohérentes avec les travaux réalisés à ce sujet par Dupouey *et al.* (2000)<sup>78</sup> et dans le cadre du projet ECOFOR<sup>79</sup>. Le service de régulation du climat global équivalerait donc à 2.8 M €<sub>2010</sub> (basé sur le marché du carbone qui fixe le prix d'une tonne de CO<sub>2</sub> à 13 euros), soit 3000 €<sub>2010</sub>.ha<sup>-1</sup> de forêt. En se basant sur le rapport de Chevassus-au-Louis (Rapport du CAS, 2009) qui fixe la tonne de carbone à 32€<sub>2010</sub>, la valeur totale du service s'élève à 7 M €<sub>2010</sub>, soit environ 7384 €<sub>2010</sub>.ha<sup>-1</sup>.

D'après les études citées ci-dessus, l'accroissement moyen en volume des forêts françaises est d'environ 1% depuis 2 à 3 décennies. L'absorption annuelle moyenne de carbone par ces forêts serait donc égale à environ 605 tonnes équivalent sur le marché du carbone à une fourchette comprise entre 28 800€<sub>2010</sub>.an<sup>-1</sup> et 70 000€<sub>2010</sub>.an<sup>-1</sup>, soit à l'hectare 30 – 74€<sub>2010</sub>.an<sup>-1</sup>.

## Les services socioculturels

### ► Pêche de loisir

<sup>75</sup> Méthodologie mise en place par l'INRA décrite sur le site suivant :

[http://www.inra.fr/la\\_sciences\\_et\\_vous/dossiers\\_scientifiques/chimie\\_verte/questions\\_a\\_la\\_recherche/la\\_sequestration\\_de\\_carbone\\_en\\_foret](http://www.inra.fr/la_sciences_et_vous/dossiers_scientifiques/chimie_verte/questions_a_la_recherche/la_sequestration_de_carbone_en_foret).

<sup>76</sup> Site de l'AGRESTE : [www.agreste.agriculture.gouv.fr](http://www.agreste.agriculture.gouv.fr).

<sup>77</sup> Masse volumique du bois : Agenda forestier et de l'industrie du bois, <http://biomee.canalblog.com/archives/2008/01/25/7698209.html>.

<sup>78</sup> Dupouey *et al.* 2000 Stocks et flux de carbone dans les forêts françaises. Rev. For. Fr. LII 139-154

<sup>79</sup> GIP ECOFOR 2004 Rapport final du projet : Séquestration de carbone dans les grands écosystèmes forestiers en France. Quantification, spatialisée, vulnérabilité et impacts de différents scénarios climatiques et sylvicoles.

Les zones prisées pour la pratique de la pêche sont situées au nord et à l'est de Montereau-Fault-Yonne. D'après l'étude réalisée dans le cadre du projet IIBrbs, le nombre de pêcheurs sur les départements de la Seine et Marne et l'Aube est d'environ 4000<sup>80</sup>. L'étude réalisée par Acteon pour le CGDD (2009)<sup>81</sup> dénombre sur le site la présence de 6 associations agréées de pêche et de protection du milieu aquatique (AAPPMA) dans la Seine et Marne, 3 dans l'Aube et une dans la Marne pour un total de 6 121 pêcheurs par an (Chiffres 2009 issues des chargés de mission des fédérations de pêche de la Seine et Marne, de la Marne et de l'Aube).

Notre étude a permis d'identifier 5 AAPPMA dans la zone de la Bassée en Seine et Marne :

- L'Orvin à Villiers sur Seine : en 2010, 83 majeurs, 8 mineurs (64 €<sub>2010</sub>/15 €<sub>2010</sub>) ;
- Le roseau de Bray gris à Bray sur Seine : en 2010, 480 majeurs, 77 mineurs (64 €<sub>2010</sub>/15 €<sub>2010</sub>) ;
- Le barbillon de Balloy à Balloy : en 2010, 350 cartes au total dont 50% venant de Paris ;
- Seine et Loing Marolles à Marolles sur Seine : en 2010, 425 majeurs, 40 mineurs (64 €<sub>2010</sub>/15 €<sub>2010</sub>) ;
- L'union des pêcheurs de la région Mortelaise à Montereau : en 2010, 364 majeurs, 47 mineurs (64 €<sub>2010</sub>/15 €<sub>2010</sub>) ;

Dans le département de l'Aube, deux AAPPMA :

- Société amicale des pêcheurs à la ligne de Nogent sur Seine à Nogent sur Seine (1200 pêcheurs) : en 2010, 717 majeurs, 84 mineurs (70 €<sub>2010</sub> les majeurs, 20 €<sub>2010</sub> les mineurs) ;
- L'amicale des pêcheurs à la ligne de Romilly sur Seine à Romilly sur Seine : en 2010, 600 majeurs, 103 mineurs. (70 €<sub>2010</sub> les majeurs, 20 €<sub>2010</sub> les mineurs).

Soit un total de 3378 cartes de pêche vendues dans la vallée alluviale de la Bassée. Ce chiffre correspond à un nombre minimal de pêcheurs puisque les pêcheurs détenant une carte interfédérale personne majeure ou la carte d'AAPPMA réciprocaire ne sont pas comptabilisés.

En se basant sur des dépenses d'environ 208€<sub>2010</sub> à 269€<sub>2010.an</sub><sup>-1</sup> par pêcheur et par an (16% étant dédié à l'achat de la carte de pêche), les bénéfices associés à ce service sont compris entre 702 624 et 908 682 €<sub>2010.an</sub><sup>-1</sup>.

### ► Chasse de loisir

Bien que la chasse soit une activité de moins en moins prisée, elle reste très pratiquée dans la vallée alluviale de la Bassée, et notamment la chasse au gibier d'eau comme les barges rousses, les pluviers argentés ou dorés, les canards colverts ou encore les poules d'eau. La fédération départementale des chasseurs de Seine et Marne et de l'Aube estime à 985 le nombre de chasseurs de gibier d'eau dans la vallée alluviale de la Bassée. Une étude réalisée à l'échelle nationale en 2006 donne une estimation des dépenses des chasseurs<sup>82</sup>. Celles-ci seraient égales à 1551€<sub>2010</sub> par an (incluant le permis de chasse). Ainsi la valeur d'usage du service serait égale à 1 527 735€<sub>2010.an</sub><sup>-1</sup> soit par hectare 1088€<sub>2010.ha</sub><sup>-1.an</sup><sup>-1</sup>

### ► Sports et loisirs de nature

Les écosystèmes offrent un support pour des activités récréatives et des découvertes sensorielles et cognitives qui participent au bien-être et à l'épanouissement des individus. Ce service se décline en différents types d'activités d'observation et de découverte : les sports de nature, l'observation ornithologique, la fréquentation de sites naturels, la baignade, la pratique de la randonnée... Le tourisme de nature est défini par l'Organisation Mondiale du Tourisme (OMT) comme « une forme de tourisme dans laquelle la motivation principale est l'observation et l'appréciation de la nature ». Cette définition est cependant considérée en France comme trop restrictive : le tourisme de nature comprend souvent les loisirs de nature pouvant avoir un caractère sportif, comme certaines formes de randonnée par exemple, même si pour cette clientèle l'activité physique reste la motivation première.

<sup>80</sup> STRATEC. 2011 Planche de synthèse « Projets de lacs de réservoirs de La Bassée »

<sup>81</sup> Acteon/ecovia, pour le CGDD. 2012 Evaluation économique des zones humides sur trois sites test du Bassin Seine-Normandie : Cas de la plaine alluviale de la Bassée.

<sup>82</sup> Enquête CSA, 2006, « Les chasseurs : qui sont-ils ? »

Sur le site de la Bassée, il convient de distinguer plusieurs zones à vocation touristique :

- Les délaissés et noues de la Seine qui présentent un potentiel intéressant pour la pêche et la pratique du canoë ;
- Les étangs issus de l'exploitation passée des gravières dont certains peuvent être adaptés à la baignade et/ou les loisirs nautiques, comme les étangs de Chatenay-sur-Seine et d'Egligny ;
- Les carrières dont la remise en état récente s'est faite dans une optique environnementale et écologique, avec dans certains cas, l'aménagement d'équipements d'observation ornithologique, comme sur le Domaine de la Ferme d'Isle ;
- Le Domaine de la Haye, acquis par le Conseil Général grâce au fond des Espaces Naturels Sensibles.

Bien qu'encore peu développées, un certain nombre d'activités ont cours dans la vallée alluviale de la Bassée et notamment<sup>83</sup> :

- **La randonnée**, pratiquée sur différents parcours balisés, notamment :
  - o Le sentier de grande randonnée (GR11) de Provins à Montereau, passant à travers le Montois ;
  - o Le sentier de grande randonnée (GR2) de Provins à Pont sur Yonne passant par la Bassée, notamment Bray sur Seine ;
  - o Le sentier de grande randonnée du pays de Thibault de Champagne, un circuit de petite randonnée sur les communes de Conflans sur Seine, Marcilly sur Seine et Saron sur Aube ;
  - o Sur le territoire de la réserve, le sentier de découverte du Bois pieux depuis le 15 Mars 2009. 200 à 250 personnes le parcourent chaque année<sup>84</sup> ;
  - o Un circuit partant de Nogent sur Seine et passant par Crancey, Marany sur Seine et Pont-sur-Seine ;
- **La baignade et les loisirs nautiques (ski nautique)**, pratiqués dans d'anciennes gravières (plan d'eau de Chatenay sur Seine et d'Egligny, étang de la Souricière pour le ski nautique).
- **Le VTT** :
  - o Piste de VTT passant par Nogent sur Seine et traversant la Bassée ;
  - o Différents projets devraient voir le jour et notamment un projet de Vélo rail sur la commune des Ormes sur Voulzie.
- **Trois haltes fluviales** à Bray sur Seine (2 bientôt 4 emplacements), à Nogent sur Seine (3 emplacements) et à Marsilly sur Seine ;
- **La pratique du Canoe-kayak**. Bien qu'encore peu développée, cette activité a fait l'objet d'une étude spécifique visant à repérer différents parcours<sup>85</sup> ;
- **Un club hippique** privilégiant les randonnées dans la zone de la Bassée (la ferme des étangs<sup>86</sup>) et impliquant une trentaine de personnes par an. Comme pour le VTT et le canoe-kayak, cette activité a fait l'objet d'une étude visant à mettre en place des itinéraires équestres et des aménagements spécifiques<sup>16</sup>.

Le nombre d'équipements pour la pratique de ces activités est faible mais certaines communes cherchent à créer des bases de loisirs afin de favoriser leur développement (Jaulnes, Chatenay-sur-Seine). De même, les communes de la Bassée n'offrent pas beaucoup de structure d'accueil touristique. En 2004, on comptait au total 2 campings (La Tombe et Bray-sur-Seine), 2 hôtels (Bray-sur-Seine), 9 chambres d'hôtes (Grisy-sur-Seine, Villenauxe-la-petite, Bazoches-les-Bray) et 11 gîtes (Grisy-sur-Seine, Villenauxe-la-petite, Bazoches-les-Bray, Saint-Sauveur-les-Bray, Vimpelles, Hermé)<sup>87</sup>.

---

<sup>83</sup> Entretiens téléphoniques avec les maisons du tourisme de Montereau-Fault-Yonne, de Nogent sur Seine, de Bray sur Seine, du Nogentais et de la vallée de la Seine

<sup>84</sup> Entretien téléphonique avec l'association pour la Gestion de la Réserve Naturelle de la Bassée

<sup>85</sup> Seine et Marne Tourisme, pôle Provinois, Bassée, Montois, 2011. Site internet : Site internet du pôle touristique Provinois, Bassée, Montois : //www.tourisme77.net/

<sup>86</sup> Entretien téléphonique avec le club hippique « la ferme des étangs »

<sup>87</sup> Déclinaison de l'économie de loisirs fondée sur les caractéristiques environnementales et culturelles, TDI Tourisme et Développement International, Diagnostic et Stratégie, pour le compte du CAUE de Seine et Marne, mars 2004.

## ► Développement des savoirs éducatifs

De nombreuses structures sont en place dans la vallée proposant des activités d'éducation à l'environnement.

On citera notamment<sup>88</sup> :

- **L'association Nature du Nogentais à Nogent sur Seine a organisé :**
  - o 8 sorties naturalistes au premier semestre 2011
  - o 19 en 2010
  - o 20 en 2009
  - o 17 en 2008
  - o 37 en 2007

Chaque sortie réunit en moyenne 10 personnes. Deux cents personnes participent donc chaque année à ces sorties (pour une moyenne de 20 sorties par an).

- **L'Association des Naturalistes de la Vallée du Loing et du massif de Fontainebleau.** Cette association a pour objectif de faire découvrir l'intérêt écologique du site et plus particulièrement des propriétés du Conseil Général de Seine-et-Marne et de l'association Pro-Natura. Une quinzaine de sorties sont organisées chaque année sur la Bassée (dont une ornithologique mensuelle).
- **Un sentier d'interprétation** composé de panneaux naturalistes décrivant la faune et la flore du plan d'eau de Monteuil situé à la sortie est de Nogent sur Seine.
- **L'île Olive** à l'est de Nogent sur Seine accueillant une vingtaine de panneaux décrivant les différentes essences locales de cette île de 3 ha.

### - **La Réserve Naturelle<sup>89</sup>**

D'une superficie de 854 ha, la Réserve Naturelle Nationale de la Bassée a été créée le 21/10/2002, est gérée par l'AGRENABA (Association pour la Gestion de la Réserve Naturelle de la Bassée) depuis 2003, et regroupe les sept communes concernées par le périmètre de la réserve (Everly, Gouaix, Grisy, Jaulnes, Mouy, Noyen-sur-Seine, Les Ormes-sur-Voulzie). Ses missions premières sont la gestion et la conservation des habitats écologiques. S'ajoutent d'autres missions telles que l'accueil du public, qui représente une opportunité pour la Bassée de faire découvrir et de sensibiliser les visiteurs à leur environnement naturel. En 2009, 351 personnes ont bénéficié des sorties pédagogiques réalisées par la réserve naturelle. En 2010, ce chiffre s'élève à environ 200 à 250 personnes. La capacité d'accueil de la réserve naturelle devrait augmenter dans les années à venir.

Plusieurs zones ne faisant pas l'objet d'une protection particulière peuvent être visitées par le public (accompagnées ou non par l'association des Naturalistes de la Vallée du Loing et du massif de Fontainebleau). On citera notamment :

- La Réserve naturelle Volontaire de la Colline Saint Martin et des Rougeaux à Montereau-Fault-Yonne (77) ;
- Réserve ornithologique du Carreau-Franc à Marolles-sur-Seine (77) ;
- Coteau de Tréchy, commune de Saint-Germain-Laval et Courcelle-en-Bassée (77) ;
- L'espace naturel du Grand Marais à Varennes sur Seine ;
- Le plan d'eau de Balloy-Bazoches ;
- Etang du Grand Mort à Marnay-sur-Seine ;
- Plan d'eau de la Prée à Nogent sur Seine ;
- Prairies de Pont sur Seine (10).

Le nombre de personnes s'inscrivant aux sorties pédagogiques organisées par la réserve naturelle ou par les associations naturelles est d'environ 400 à 450 en 2010. Cependant, ce chiffre est largement

<sup>88</sup> Entretiens téléphoniques avec les maisons du tourisme de Montereau-Fault-Yonne, de Nogent sur Seine, de Bray sur Seine ; du Nogentais et de la vallée de la Seine.

<sup>89</sup> Entretien téléphonique avec l'association pour la Gestion de la Réserve Naturelle de la Bassée

sous-estimé, car les sorties scolaires dans les sites naturels non protégés (cf. liste ci-dessus) et les sorties individuelles dans un but de découverte de la nature n'ont pas pu être estimées.

Ce service n'a pas été monétarisé.

### ► Importance relative des services rendus

Le tableau suivant permet de mettre en évidence l'importance économique du service d'écrêtage des crues, de la pêche et de la chasse (Tableau 5.2.3). Ces résultats sont à relativiser puisque un certain nombre de services rendus par la zone humides n'ont pu être monétarisés.

Services	Valeur d'usage (€ <sub>2010</sub> .an <sup>-1</sup> )	Valeur d'usage par ha (€ <sub>2010</sub> .ha <sup>-1</sup> .an <sup>-1</sup> )
<b>Services d'approvisionnement</b>		
Production agricole	35 000 - 129 540€	304 - 1 126€ par ha de SAU
Production de bois	6 402 - 9 504€	97 - 144€ par ha de forêt
<b>Services de régulation</b>		
Autoépuration des eaux	0.5 - 2.5M€	358-1788€ <sub>2010</sub> par ha de l'ensemble du site
Ecrêtage des crues	0.77 - 1.1M€	118 - 170 € (par ha du champ d'expansion)
Soutien d'étiage	NC	NC
Régulation du climat global	28 800 - 70 000 €	30 - 74€ par ha de forêt
<b>Services socioculturels</b>		
Chasse de loisir	1.5M€	1088€ par ha de surface totale du site
Pêche de loisir	0.7- 0.9M€	NC
Sports et loisirs de nature	NC	NC
Développement des savoirs éducatifs	NC	NC

**Tableau 5.2.3** Synthèse des résultats obtenus pour l'évaluation des services écosystémiques sur la zone humide de la Bassée.

D'après les études citées ci-dessus, l'accroissement moyen en volume des forêts françaises est d'environ 1% depuis 2 à 3 décennies. L'absorption annuelle moyenne de carbone par ces forêts serait donc égale à environ 605 tonnes équivalent sur le marché du carbone à une fourchette comprise entre 28 800 €<sub>2010</sub>.an<sup>-1</sup> et 70 000€<sub>2010</sub>.an<sup>-1</sup>, soit à l'hectare 30 - 74€<sub>2010</sub>.an<sup>-1</sup>.

## 5.3. L'ÉTANG DE MAUGUIO

### *Les services d'approvisionnement*

#### ► Elevage terrestre

Les prés salés, les salicorniaies annuelles, les fourrés halophiles et les prairies humides constituent des lieux d'élevage de taureaux et de chevaux de Camargue. Ces élevages dénommés « manades » sont des élevages extensifs de bovins de race Camargue ou de combat élevés en plein air. Les manades ont un rôle économique, écologique et culturel majeur pour le département à travers la réalisation de corridas (taureaux de combat), de courses à la cocarde ou encore de visites d'élevages. Par ailleurs, la viande produite bénéficie du label « AOC taureau de Camargue ».

D'après le Conseil Économique et Social du Languedoc Roussillon, chaque manade comptait en moyenne, en 1997, 120 taureaux et disposait d'environ 200 ha de pâture. Des données plus récentes estiment à 1382 ha la surface occupée par les activités d'élevage (22 manades). Par ailleurs, environ

30 à 50 % des troupeaux sont abattus chaque année, soit 30 à 60 bêtes par manade. La valeur de la production de viande a été estimée sur la base des coefficients de marge brute standard pour la catégorie « bovins mâles de moins de 1 an ». Cette valeur ne tient donc pas compte des facteurs de production variable des exploitations. Il est par ailleurs important de noter que la valeur ajoutée liée à l'AOC « Taureaux de Camargue » n'a pas été prise en compte dans cette monétarisation.

**Tableau 5.3.1** Calcul de la valeur d'usage du service d'élevage issus des habitats présents sur le site Natura 2000 de la lagune de Mauguio.

Nombre d'exploitation	Estimation de l'effectif du cheptel (nombre de tête)	Estimation de l'effectif abattu (tête par an)	Coefficient MBS « 2000 » en Languedoc-Roussillon (€ <sub>2010</sub> / tête)	Valeur du service (€ <sub>2010</sub> )
22	2 640	792 - 1 320	186	147 312 – 245 520

Sur la base de ces chiffres, la valeur d'usage du service est comprise entre 147 312 et 245 520 €<sub>2010</sub>, soit entre 106.6 et 177.7 €<sub>2010</sub>/ha de surface occupée par les manades. Cette valeur est largement sous-estimée car elle ne prend pas en compte la valeur ajoutée liée à l'AOC « Taureaux de Camargue » ni les revenus issus du tourisme (corrida, courses, visites d'élevage). D'après les sources obtenues<sup>90</sup>, la boucherie représente désormais, selon les élevages, 30 à 50 % du chiffre d'affaire de la manade. Dans ce cas en considérant que 147 312 €<sub>2010</sub> en représente 30% et que 245 520 €<sub>2010</sub> en représente 50%, le chiffre d'affaires de la manade s'élève à 491 040 €<sub>2010</sub>.

La valeur d'usage du service avoisine donc 491 040 €<sub>2010</sub> soit 245€<sub>2010</sub> ha<sup>-1</sup>

### ► Production agricole

En 2006, 437 exploitations agricoles dont 187 professionnelles, salariant 1097 personnes ont été recensées sur les communes du site Natura 2000. Celles-ci sont majoritairement localisées sur les communes de Mauguio (179 exploitations), Marsillargues (113), Lansargues (85), Candillargues (21) et Saint Nazaire de Pézan (20). D'après le DOCOB, la surface agricole utilisée sur l'aire d'étude est de 2 086 ha<sup>91</sup>. Sur le site Natura 2000, les grandes cultures sont représentées par les oléagineux, le blé dur, les productions de semences maïs et céréales.

**Tableau 5.3.2** Surface agricole utilisée et nombre d'exploitations sur le site Natura 2000 de Mauguio (DOCOB FR 9101408/ FR 9112017, 2008). \* non pris en compte dans le calcul de la valeur d'usage du service.

Type d'agriculture	Surface (ha)	Nombre d'exploitations
<b>Grandes cultures</b>	274	7
<b>Arboriculture</b>	97	7
Maraichage	333	10
<i>dont melons</i>	100	
<b>Manades (STH)*</b>	1382	22
<b>Pâturage (STH)*</b>	169	pas d'exploitations professionnelles
<b>TOTAL</b>	<b>2086</b>	<b>66</b>

Dans le cadre de cette étude, l'évaluation du service s'est basée sur la valeur de la production agricole (la valeur de production variable est exclue du calcul). L'assolement au niveau des grandes cultures n'étant pas connu sur le site Natura 2000, les données fournies à l'échelle départementale ont été utilisées pour estimer les surfaces des différentes cultures (% de chaque type de culture à l'échelle de la SAU départementale, Statistiques Agricoles Annuelles 2010<sup>92</sup>). Ainsi, pour chaque type de production agricole, la valeur du service rendu est égale à la surface à l'hectare concerné par la filière,

<sup>90</sup> Sources :

- DOCOB FR9101408/FR9112017 « Étang de Mauguio » (2009). Syndicat Mixte de Gestion de l'Étang de l'Or (SMGEO).
- Site internet EVISE : Taureaux de Camargue <http://www.evise.fr/produits-emblematisques/le-taureau-de-camargue> (consulté le 24/06/11).
- Syndicat des éleveurs de Taureaux Camarguais : <http://www.alazard-roux.fr/filiere-taureau-syndicat.html> (consulté le 24/06/11).

<sup>91</sup> DOCOB FR9101408/FR9112017 « Étang de Mauguio » (2009). Syndicat Mixte de Gestion de l'Étang de l'Or (SMGEO)

<sup>92</sup> Site AGRESTE - [www.agreste.agriculture.gouv.fr](http://www.agreste.agriculture.gouv.fr), données en ligne DISAR pour le département de l'Hérault ; AGRESTE – Languedoc-Roussillon (2010). L'agriculture, l'agroalimentaire et la forêt. Mémento édition 2010. p.28

multipliée par le coefficient de Marge Brute Standard « 2000 »<sup>93</sup> de la filière pour la région d'intérêt. Seules les grandes cultures dominantes telles que déterminées par le DOCOB ont été prises en compte. Celles-ci incluent les céréales (blé, orge, maïs) et les oléagineux.

**Tableau 5.3.3** Calculs de la valeur d'usage du service de production agricole sur le site Natura 2000 de la lagune de Mauguio.

Type de culture	SAU estimée sur le site de Mauguio (ha)	Coefficient MBS « 2000 » en Languedoc-Roussillon (€ <sub>2010</sub> .ha <sup>-1</sup> )	Valeur du service (€ <sub>2010</sub> )
<b>Grandes cultures</b>	274		
<i>Blé dur</i>	237	1 000	237 000
<i>Mais</i>	8	1205	9 640
<i>Orge</i>	17	530	9 010
<i>Colza</i>	5	698	3 490
<i>Tournesol</i>	6	783	4 698
<b>Maraichage</b>	333	9 315	3 101 895
<b>Pommiers</b>	97	9448	916 456
<b>TOTAL</b>			<b>4 282 099</b>

Sur la base de ces chiffres, la valeur d'usage du service de production agricole s'élève à environ 4.3M €<sub>2010</sub>, soit 6 082 €<sub>2010</sub>.ha<sup>-1</sup> de SAU.

#### ► Pêche professionnelle

La pêche est une activité ancienne sur l'étang de Mauguio mais qui est en constante décroissance depuis le siècle dernier. Les espèces principalement prélevées sont l'anguille, la daurade, l'athérine, la sole, le bar, le muge et les crevettes. Les prélèvements sont fortement liés aux conditions météorologiques et peuvent largement varier d'une année à l'autre.

Très développée autrefois, la pêche professionnelle ne fait vivre aujourd'hui qu'une dizaine de professionnels. En 2007, seulement 11 pêcheurs professionnels étaient recensés sur l'étang. En 2006, le chiffre d'affaire total avoisinait les 568 939 €<sub>2010</sub> pour un prélèvement de près de 90 tonnes. Aucune donnée récente n'a pu être obtenue. Le calcul de la valeur du service s'est donc basé sur les chiffres d'affaire des années 2005 et 2006 actualisés pour l'année 2010 (voir l'ensemble des sources en note de bas de page<sup>94</sup>).

**Tableau 5.3.4** Récapitulatif des prélèvements en 2005 et en 2006 sur l'Étang de Mauguio (d'après DOCOB FR 9101408/ FR 9112017, données CEPRALMAR, 2006 et 2007).

Espèce	Quantité (tonnes)		Chiffre d'affaire en € <sub>2010</sub>	
	2005	2006	2005	2006
<b>Anguille</b>	100	70	548 500	414 812
<b>Athérine</b>	3	2	16 455	10 774
<b>Sole</b>	3	2	6 582	4 309
<b>Crevette rose</b>		0.5		2 693
<b>Muge</b>	2.6	3.1	1 426	1 670
<b>Bar</b>	10	12	164 550	134 679
<b>TOTAL</b>	<b>118.6</b>	<b>89.6</b>	<b>737 513</b>	<b>568 939</b>

Sur la base de ces chiffres, la valeur d'usage du service serait donc comprise entre 568 939 €<sub>2010</sub> et 737 513 €<sub>2010</sub>, soit 169 - 219€<sub>2010</sub>.ha<sup>-1</sup> d'étang.

<sup>93</sup> Coefficients de Marges Brutes Standards « 2000 » : Site AGRESTE - www.agreste.agriculture.gouv.fr.

<sup>94</sup> Sources :

- Syndicat Mixte du Bassin de Thau. **2009** Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux – Bassin versant de l'étang de Thau. Fiche 14 : Conchyliculture et pêche lagunaire. p.8.
- Bach P. **1985** La pêche dans l'étang de Thau. Application de quelques notions d'écologie théorique aux communautés de poissons et à leur exploitation. Stratégie de quelques populations ichthyologiques capturées. Thèse de 3ème cycle, USTL, Université de Montpellier II. 316 p.
- DOCOB FR9101408/FR9112017 « Étang de Mauguio » (2009). Syndicat Mixte de Gestion de l'Étang de l'Or (SMGEO).
- Entretien téléphonique avec CEPRALMAR le 30/05/11.



### ► Autoépuration des eaux

Les complexes lagunaires qui reçoivent du bassin versant des eaux douces chargées de matériaux en suspension, servent en premier lieu de bassins de décantation et de filtre à particules grâce aux roselières\*, à l'interface entre les milieux terrestres et aquatiques, ou aux herbiers aquatiques. Les zones humides et les étangs présentent des capacités significatives de réduction des flux polluants, de fait de leur activité biologique et de la saturation des sols en eau. Elles régulent les taux de nutriments (dénitrification), interceptent et dégradent les matières en suspension (MES) notamment organique, elles éliminent les micro-polluants (azote, phosphore) et réduisent ainsi le colmatage des cours d'eau.

Afin d'estimer la valeur de ce service, la méthode des coûts de remplacement a été utilisée. D'après l'étude publiée par Kuhfuss *et al.* (2011)<sup>95</sup>, la lagune (3 300 ha) permet d'autoépurer l'équivalent de 31 584 EH « nitrate ». Le coût d'investissement d'une station d'épuration de capacité équivalente au service d'épuration rendu par cette lagune est de 6 779 542 €<sub>2010</sub> soit 135 591 €<sub>2010</sub> par an (sur une période de 50 ans)<sup>96</sup>. La taille moyenne des stations d'épuration située autour de l'étang étant d'environ 30 000 EH, le coût d'abattement du nitrate peut être évalué à environ 226 €<sub>2010</sub> EH soit 4.52 €<sub>2010</sub> EH.an<sup>-1</sup>.

La valeur d'usage du service est donc égale à 142 760 €<sub>2010</sub>.an<sup>-1</sup> soit 43€<sub>2010</sub>.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>.

## Les services socio-culturels

---

### ► Tourisme balnéaire

Entre la lagune et la mer s'étend un lido sableux où ont été implantés deux pôles touristiques, la Grande-Motte à l'est, et Carnon à l'ouest. Les activités liées à la plage concentrent entre 4500 et 7000 personnes en période estivale (Beterem, 2006<sup>97</sup>). La fréquentation des plages du lido du Petit et Grand Travers est par ailleurs estimée à 1.5 millions de visiteurs par an<sup>98</sup>.

L'estimation du poids économique de ce service sur la zone s'est basée sur l'évaluation des dépenses effectuées par les touristes. Dans l'Hérault, la dépense moyenne journalière<sup>99</sup> par touriste est de 45€<sub>2010</sub>. On peut donc estimer la valeur de ce service à 67.5 M €<sub>2010</sub>

La valeur d'usage de ce service sur l'étang de Mauguio s'élèverait donc à 67M €<sub>2010</sub>.an<sup>-1</sup>.

### ► Chasse de loisir

La chasse au gibier d'eau est pratiquée sur l'étang et dans les marais par de nombreux chasseurs regroupés au sein d'associations communales, de l'Association de Chasse Maritime (ACM) des sociétés riveraines de l'étang de Mauguio, et de chasses privées<sup>100</sup>. Les pratiques de la chasse sont variées et très diverses notamment dans les zones humides. La présence de zones d'eau libre engendre une forte attractivité des oiseaux d'eau et plus particulièrement des anatidés et rallidés (colvert, nette rousse, sarcelle d'hiver, foulque macroule, poule sultane...). Les milieux propices pour la pratique de l'activité concernent plus précisément les points d'eau (eaux eutrophes, eaux saumâtres), les fourrés halophiles, les prés salés, les roselières et les ripisylves, soit environ 2000 ha

Aux chasseurs de gibier d'eau sur le site - qui sont également amateurs de la chasse à terre - il convient d'ajouter quelques dizaines de chasseurs qui ne pratiquent pas la chasse à l'eau. Ainsi le

---

<sup>95</sup> Kuhfuss L, Sourisseau E, Rey-Valette H. 2011 Evaluation des enjeux et dommages résultants de la submersion marine : le cas des zones humides et des lagunes en Languedoc Roussillon. Projet ANR MISEEVA Vulnérabilité sociale économique et environnementale de la zone côtière à l'aléa de submersion marine dans le cadre du changement global. 136 p.

<sup>96</sup> Par manque de données, les coûts de fonctionnement de la station d'épuration n'ont pas pu être pris en compte dans l'évaluation.

<sup>97</sup> Beterem. 2006 Étude d'impact de la RD59, aménagement du Lido entre le Petit Travers et le Grand Travers, Conseil Général de l'Hérault, 102p.

<sup>98</sup> Sources :

- DOCOB FR9101408/FR9112017 « Étang de Mauguio » (2009). Syndicat Mixte de Gestion de l'Étang de l'Or (SMGEO).

- Lecolle L. (2008). Pôle relais lagunes méditerranéennes – Conservatoire des Espaces Naturels du Languedoc-Roussillon. État des lieux du tourisme sur le littoral du Languedoc-Roussillon.

<sup>99</sup> <http://www.herault.fr/tourisme/economie-tourisme>.

<sup>100</sup> DOCOB FR9101408/FR9112017 « Étang de Mauguio » (2008). Syndicat Mixte de Gestion de l'Étang de l'Or (SMGEO).

nombre de chasseurs potentiels sur le site s'élève à environ 800 pratiquants (tous modes de chasse confondus). Ce chiffre est une estimation qu'il faut considérer comme un potentiel maximal. En effet, bon nombre de chasseurs ne pratiquent qu'occasionnellement leur activité au cours de la saison. Ainsi le nombre de chasseurs actifs sur le site se situe plutôt dans une fourchette de 500 à 700 chasseurs.

Les dépenses annuelles<sup>101</sup> moyennes d'un chasseur étant évaluées à environ 1 551 €<sub>2010</sub>, la valeur d'usage du service de chasse de loisir se situe donc entre 775 500 et 1.1 €<sub>2010</sub> soit entre 370 et 524 €<sub>2010</sub>.ha<sup>-1</sup>.

### ► Pêche de loisir

Au sein du site d'étude Natura 2000, un plan d'eau est utilisé pour la pêche de loisir sur la Commune de Lansargues (association « le carpillon lansarguais »)<sup>102</sup>. Il existe également deux associations de pêche qui se partagent les secteurs amont et aval de la Cadoule sur la Commune de Mauguio-Carnon. Par ailleurs, tous les cours d'eau du bassin versant de l'Étang de Mauguio sont classés en parcours de seconde catégorie. Enfin, des concours de pêche sont organisés sur le canal de Lunel par l'association agréée de pêche et de protection des milieux aquatiques « la Pescalune ».

L'association « Carpillon Lansarguais » compte aujourd'hui une centaine d'adhérents qui pratiquent sur la zone Natura 2000. Aucune donnée n'a pu être obtenue dans le cas des autres associations de pêche.

Dans l'Hérault, le prix d'une carte de pêche annuelle se situe entre 60 et 80 €<sub>2010</sub> (dépendant de l'âge et de l'étendue de la zone de pêche). De plus les dépenses annuelles moyennes sont d'environ 150€<sub>2010</sub> par pêcheur (voir les sources en note de bas de page<sup>103</sup>).

La valeur d'usage du service de pêche de loisir se situe donc entre 210 000 et 230 000 €<sub>2010</sub>. Cependant, cette valeur est largement sous-estimée puisque certains chiffres de fréquentation n'ont pu être obtenus.

### ► Sports et loisirs de nature

#### *Loisirs terrestres*

La fréquentation par les promeneurs de l'étang et de ses marges est relativement faible car l'accessibilité au milieu est réduite. Deux sentiers de randonnées sont à la disposition des marcheurs sur les berges nord de l'étang :

- Le chemin pédestre de la Baie de la Capoulière, sur la Commune de Mauguio-Carnon. Il propose une balade de 5 km aller retour le long de l'Étang de Mauguio ;
- Le sentier du Petit Marais, sur la Commune de Candillargues, de 2 km, entre le Bérange et le canal de Candillargues.

Ces deux sentiers font aussi l'objet de sorties pédagogiques dans le cadre des animations scolaires proposées par le SMGEO en partenariat avec les écoles locales. Il existe cependant d'autres lieux de promenade dans la zone Natura 2000. Ainsi, sont recensés<sup>104</sup> :

- Les marais de Lansargues, accessibles depuis le chemin du domaine de la Tartuguière ;
- La berge sud du canal du Rhône à Sète accessible depuis Carnon ou des cabanes du Roc sur la Commune de la Grande-Motte ;
- Les bordures du canal de Lunel, jusqu'au barrage anti-sel.

Ces chemins sont fréquentés préférentiellement en période estivale. Des manifestations de groupes sont ponctuellement programmées dans l'année (boucle verte de décathlon, Label Vie de Lunel Ecobike, la « course de cabanes » par le SIVOM de l'Étang de Mauguio). Ces sentiers et les marais auxquels ils conduisent, sont aussi les lieux privilégiés des animations liées aux fêtes traditionnelles taurines (abrivado, bandido, déjeunés aux prés).

#### *Loisirs nautiques*

---

<sup>101</sup> Enquête CSA. 2006 Les chasseurs : qui sont-ils ?

<sup>102</sup> DOCOB FR9101408/FR9112017 « Étang de Mauguio » (2009). Syndicat Mixte de Gestion de l'Étang de l'Or (SMGEO).

<sup>103</sup> Sources :

- Fédération de l'Hérault pour la pêche et la protection des milieux aquatiques, [www.pecheherault.com](http://www.pecheherault.com)
- Fédération de Seine et Marne pour la pêche et la Protection du Milieu Aquatique. « Argumentaire de synthèse sur les conséquences environnementales et halieutiques de l'ouverture en Seine-et-Marne de lots de pêche du domaine public à une pratique de pêche professionnelle »

<sup>104</sup> DOCOB FR9101408/FR9112017 « Étang de Mauguio » (2009). Syndicat Mixte de Gestion de l'Étang de l'Or (SMGEO).

De nombreuses activités nautiques sont pratiquées sur la portion littorale du lido entre Carnon et la Grande-Motte. L'Étang de Mauguio est aussi un lieu de divertissement pour quelques véliplanchistes au niveau des cabanes de Pérols. Une société, l'Échappée verte, propose des randonnées en kayak de mer durant toute l'année, avec un plus fort usage en période touristique.

Aucune enquête de fréquentation, ni d'évaluation contingente, n'ont été effectuées sur ce site jusqu'à présent. Nous n'avons donc pas pu évaluer la valeur économique de ce service écosystémique (valeur d'usage et de non usage). Toutefois, la pratique des activités nautiques étant faible, le flux économique généré devrait être également limité.

#### ► Importance relative des services rendus

D'un point de vue monétaire, les services écosystémiques les plus importants semblent être ceux associés au tourisme et à l'agriculture. Cependant, une analyse comparative basée sur la valeur d'usage de ces services est difficile à mettre en œuvre car certains services n'ont pu être valorisés (activité de loisirs, services de régulation).

**Tableau 5.3.5** Synthèse des résultats obtenus pour l'évaluation des services écosystémiques rendus par la lagune de Mauguio.

Services	Valeur d'usage (€ <sub>2010</sub> .an <sup>-1</sup> )	Valeur d'usage par ha (€ <sub>2010</sub> .ha <sup>-1</sup> .an <sup>-1</sup> )
<b>Services d'approvisionnement</b>		
Élevage terrestre	0.5M€	245€ par ha de STH
Production agricole	4.3 M€	6 082€ par ha de SAU
Pêche professionnelle	0.5 – 0.7M€	169 -219€ par ha de lagune
<b>Services de régulation</b>		
Autoépuration des eaux	0.1M€	43€ par ha de lagune
<b>Services socioculturels</b>		
Chasse de loisir	775 500 – 1.1M€	370 - 524€
Pêche de loisir	210 000 - 230 000€	NC
Sports et loisirs de nature	NC	NC
☐Tourisme balnéaire	67M€	NC

NC : non calculé car données insuffisantes.

## 5.4. LA LAGUNE DE THAU

### *Les services d'approvisionnement*

#### ► Production agricole

L'agriculture du site Natura 2000 de la lagune de Thau est caractérisée par une surface agricole utile (SAU) de 490 ha, dont 406 de vignes et 84 de cultures. Le vignoble, localisé majoritairement sur le lido de Sète, est dominé par la production de vin de Pays (72% des volumes) dans une gamme assez variée : Vins de Pays d'Oc, Côtes de Thau, vins de Pays de l'Hérault, Collines de la Mourre. Les vignes du Domaine Listel couvrent 270 ha, l'usine d'embouteillage emploie 120 personnes et traite l'ensemble de la production de Listel (42 millions de bouteilles.an<sup>-1</sup>). Sa cave de dégustation attire 7 000 visiteurs par an. Cette unité doit fermer à court terme, Listel envisageant de regrouper les fonctions d'embouteillage sur son unité gardoise. Le reste des surfaces viticoles sont cultivées sur les communes de Marseillan et Balaruc-Le-Vieux. On peut également noter la présence ponctuelle d'oliveraies sur moins d'un hectare.

L'estimation du service s'est basée sur la valeur de la production viticole annuelle.

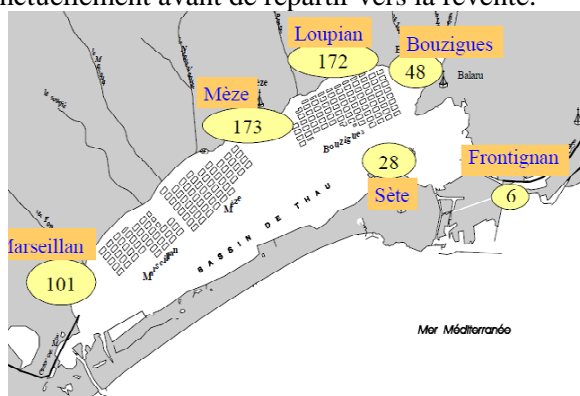
**Tableau 5.4.1** Calcul de la valeur du service de production viticole<sup>105</sup> sur le site Natura 2000 de la lagune de Thau.

Type de culture	SAU estimée sur le site de Thau (ha)	Coefficient de MBS "2000" en Languedoc-Roussillon (€ <sub>2010</sub> .ha <sup>-1</sup> )	Valeur du service (€ <sub>2010</sub> )
Vignes	406	4947	2 008 482
<b>TOTAL</b>			2 008 482

La valeur d'usage du service associée à la présence des vignes sur le lido s'élève donc environ à 2 M €<sub>2010</sub>, soit 4947 €<sub>2010</sub>/ha de SAU.

### ► Conchyliculture

Sur l'étang de Thau, 650 producteurs regroupés en plus de 566 exploitations conchylicoles ont été recensés<sup>106</sup>, générant 2079 emplois directs et autant d'emplois indirects. Le nombre maximum de tables que peut comporter la lagune de Thau est limité à 2 816 unités, réparties sur les 3 secteurs : Bouzigues-Loupian, Mèze et Marseillan<sup>107</sup>. L'activité de négoce (achat et revente de coquillages) est de plus en plus fortement représentée et constitue une activité structurante du milieu : les coquillages sont mis en stabulation ponctuellement avant de repartir vers la revente.



**Fig. 5.4.1** Répartition des mas exploités par communes (SMBT, 2009).

Thau est de loin la principale zone de production conchylicole de la méditerranée française, tant en nombre d'exploitations qu'en tonnage produit. La qualité des caractéristiques de l'étang de Thau (température élevée, forte production primaire, absence de marée) permet une croissance optimale inégalée des coquillages. Environ 13 000 t d'huîtres creuses (*Crassostera gigas*), soit 10 % de la production nationale et 90 % de la production conchylicole méditerranéenne française, et 3500 t de moules (*Mytilus galloprovincialis*) sont produites annuellement dans la lagune de Thau.

**Tableau 5.4.2** Production et chiffres d'affaires liés aux cultures marines sur la lagune de Thau (voir sources en note de bas de page<sup>108</sup>).

	Cultures marines	Sources
<b>Production (tonnes)</b>	Huîtres : 13 000 Moules : 3500 Négoce : 16 400	Section régionale de la conchyliculture de la méditerranée (2004)
<b>Chiffre d'affaire engendré</b>	33 528 502 € <sub>2010</sub>	SMBT (2009)

<sup>105</sup> Site de l'AGRESTE : [www.agreste.agriculture.gouv.fr](http://www.agreste.agriculture.gouv.fr).

<sup>106</sup> Sources :

- DOCOB FR 9112018 « Étang de Thau et lido de Sète à Agde » / FR9101411 « Herbières de l'étang de Thau » (2010) Syndicat Mixte du Bassin de Thau (SMBT), p.198
- Syndicat Mixte du Bassin de Thau. 2009 Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux – Bassin versant de l'étang de Thau. Fiche 14 : Conchyliculture et pêche lagunaire. p.8.

<sup>107</sup> Les mas de Sète et de Frontignan ne sont pas comptabilisés dans cette étude, car les conchyliculteurs exploitent des tables en mer et non celles de la lagune.

<sup>108</sup> Sources :

- Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc-Roussillon : bilan des résultats 2008, (Ifremer, Région Languedoc Roussillon, Agence de l'Eau, Cépralmar). Mars 2009.
- Évaluation de la qualité des zones de production conchylicoles. Départements : Hérault et Gard. (Ifremer). Juin 2008.

Sur la base du chiffre d'affaire 2009, la valeur d'usage associée à la production conchylicole s'élève à environ 33.5 M €<sub>2010</sub>, soit 4 470 €<sub>2010</sub>/ha (ramené à la surface de la lagune).

### ► Pêche professionnelle

La pêche est l'activité la plus ancienne sur la lagune de Thau. Activité artisanale et très variée selon les techniques mises en œuvre (pêche à la drague, à la vue, en apnée, au filet), elle porte principalement sur l'anguille (*Anguilla anguilla*) mais aussi sur les autres espèces telles que le Loup (*Dicentrarchus labrax*), la daurade (*Sparus aurata*), la sole (*Solea sp.*)... Hormis pour la pêche à l'Anguille, il n'y a pas d'obligation de déclaration des prises. Les pêcheurs professionnels de l'étang sont des "Marins de la Marine Marchande" (anciennement "Inscrits Maritimes"). Ils sont adhérents des différentes prud'homies (Bouzigues, Mèze, Marseillan, Sète ; regroupées dans la Prud'homie générale du Bassin de Thau) qui sont chargées de faire appliquer les réglementations. Une évolution dans l'abondance des espèces piscicoles est constatée. Si certaines espèces semblent se maintenir (loup, sole), d'autres deviennent plus rares (muges) ou se caractérisent par une taille plus faible probablement pour des raisons de surexploitation (daurades). En ce qui concerne les coquillages « sauvages » (hors cultures marines), les productions sont très variables d'une année sur l'autre. Les causes majeures sont sans doute un appauvrissement des gisements coquilliers, les malaïgues, la lenteur de reconstitution des stocks, et l'abandon du rejet d'eaux usées (baisse de la quantité de matière organique).

Dans le cadre de cette étude, la quantification de la pêche professionnelle s'est basée sur la valeur de la production aquacole (voir les sources<sup>109</sup> en note de bas de page). Les chiffres de production en 2009 s'élèvent à 4 600 tonnes de coquillages (coques, palourdes...) et 1000 tonnes de poissons pêchés dans l'étang de Thau. En 2009, 280 licences ont été accordées pour la pêche professionnelle sur l'étang de Thau contre 296 en 2008. Le nombre de licences a été limité à 300 pour gérer l'accès à la ressource tout en permettant un accès aux nouveaux professionnels. En 2009, le chiffre d'affaires de la pêche professionnelle sur l'étang de Thau s'élève à 4 572 068 M €<sub>2010</sub> an<sup>-1</sup> pour les coquillages et 3 556 053 M €<sub>2010</sub> an<sup>-1</sup> pour les poissons.

La valeur d'usage associée à la pêche professionnelle de l'étang de Thau s'élève donc à 8.1M €<sub>2010</sub> an<sup>-1</sup>, soit 1 083 €<sub>2010</sub>ha<sup>-1</sup> (ramené à la surface de la lagune).

## Les services de régulation

---

### ► Autoépuration des eaux

Le site Natura 2000 de la lagune de Thau ne comprend pas de grandes surfaces de zones humides hors lagune (moins de 100 ha). D'est en ouest, seules les zones humides de la crique de l'Angle, de l'embouchure du Pallas, de la conque et des salins de Mèze, du Mourre blanc, des prés du Baugés et les prés de Soupié au nord du site pourraient avoir une fonction épuratrice (respectivement la Vène, le Pallas, le ruisseau de Front-Fras, le ruisseau d'Aygues-Vaques, le ruisseau de Nèques-vaques et le Soupié). Cependant, la qualité des affluents est globalement très mauvaise. Compte tenu de la faible surface de ces zones humides périphériques et face à l'abondance et à la mauvaise qualité des cours d'eau en amont de la lagune, les fonctions épuratrices des habitats naturels humides sont largement limitées<sup>110</sup>.

Néanmoins, la lagune présente des capacités de rétention des matières en suspension, de l'azote et du phosphore.

---

<sup>109</sup> Sources :

- DOCOB FR 9112018 « Étang de Thau et lido de Sète à Agde » / FR9101411 « Herbiers de l'étang de Thau » (2010) Syndicat Mixte du Bassin de Thau (SMBT).p.198
- Syndicat Mixte du Bassin de Thau. **2009** Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux – Bassin versant de l'étang de Thau. Fiche 14 : Conchyliculture et pêche lagunaire. p.8.

<sup>110</sup> Sources :

- Merceron M., Piriou JY, Coïc D. **1997** La dénitrification dans un marais littoral pour lutter contre la prolifération des algues vertes (Kervigen, baie de Douarnenez). p 8.
- Kadlec RH, Knight RL. **1996** Treatment wetlands. CRC Press, Florida, USA. p. 890.
- Syndicat Mixte de la Vallée de la Veyre (2008). Contrat de Rivière « Vallée de la Veyre – Lac d'Aydat » - Aménagement d'une roselière à l'arrivée de son ruisseau tributaire principal (la Veyre). Dossier de Déclaration d'Utilité Publique (DUP). p 27.

Afin d'estimer la valeur de ce service, nous nous sommes basées sur la méthode des coûts de remplacement mise en œuvre par Kuhfuss *et al.* (2011)<sup>111</sup>. D'après ces travaux, la lagune permettrait d'autoépurer l'équivalent de 403 775 EH « nitrate ». Le coût d'investissement d'une station d'épuration de capacité équivalente au service d'épuration rendu par cette lagune est de 6 779 542 €<sub>2010</sub> soit 135 591 €<sub>2010</sub> par an (sur une période de 50 ans)<sup>112</sup>. La taille moyenne des stations d'épuration située autour de l'étang étant d'environ 30 000 EH, le coût d'abattement du nitrate peut être évalué à environ 226 €<sub>2010</sub> EH soit 4.52 €<sub>2010</sub> EH.an<sup>-1</sup>.

La valeur d'usage du service est donc égale à 1.8 M€<sub>2010</sub>.an<sup>-1</sup> soit 240 €<sub>2010</sub>.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>.

### *Les services socioculturels*

---

#### ► **Tourisme balnéaire**

L'étang de Thau constitue un pôle d'attraction touristique important : baignade, sports nautiques, pêche, promenade, visites des installations conchylicoles sont autant d'activités qui drainent un nombre croissant de vacanciers (53% des français qui viennent sur le littoral héraultais séjournent sur le bassin de Thau).

La fréquentation touristique du Bassin de Thau a été estimée entre 1.2 et 1.3 millions de touristes par an ce qui représente entre 12 et 14 millions de nuitées (voir les sources<sup>113</sup> en note de bas de page). D'après une étude économique du tourisme sur le bassin de Thau (Pages, 2003<sup>114</sup>), le budget moyen quotidien d'un touriste en haute saison s'élève à 34 €<sub>2010</sub>. Sur la base des chiffres de fréquentation présentés ci-dessus, la valeur d'usage associé au tourisme balnéaire se situerait donc entre 40.8 et 44.2M€<sub>2010</sub>.an<sup>-1</sup>.

#### ► **Tourisme de plaisance**

Le tourisme de plaisance est également très important sur l'étang de Thau<sup>115</sup>. La lagune possède 11 ports de plaisance avec une capacité totale d'accueil réglementé de 2267 bateaux. Les ports et appontements dans l'étang de Thau ainsi que les canaux de Sète accueillent essentiellement une clientèle locale (>80%) disposant de petites unités à moteur (<8 m) et pratiquant la pêche / promenade. Quelques voiliers de plus grande taille (>7m) sont présents dans les ports de Marseillan, Mèze Bouzigues et Balaruc-les-Bains (Suttel). Ces voiliers pratiquent régulièrement la régata sur l'étang (le Challenge de Thau réunit 400 régatiers qui naviguent toute l'année) et effectuent quelques croisières en mer en période estivale (8 associations de propriétaires et pratiquants qui organisent l'activité touristique des régates, des formations, etc.). Enfin, l'étang de Thau est le siège d'un trafic important de pénichettes transitant entre le canal du Midi et le canal du Rhône à Sète (environ 8 000 passages.an<sup>-1</sup>, dont une partie s'arrête dans les ports de l'étang)<sup>116</sup>.

D'après l'étude de Pages<sup>117</sup> (2003), le tourisme de plaisance génère un chiffre d'affaires de 785 610 €<sub>2010</sub>.an<sup>-1</sup> sur la zone de l'étang de Thau (en tenant compte de l'économie générée par les ports de l'étang par la location annuelle des emplacements et de la dépense moyenne des plaisanciers durant leur escale).

La valeur d'usage associée au tourisme de plaisance serait donc d'environ 785 610 €<sub>2010</sub> soit 113 €<sub>2010</sub>.ha<sup>-1</sup> (ramené à la surface de la lagune).

#### ► **Chasse de loisir**

---

<sup>111</sup> Kuhfuss L, Sourisseau E, Rey-Valette H. 2011 Evaluation des enjeux et dommages résultants de la submersion marine : le cas des zones humides et des lagunes en Languedoc Roussillon. Projet ANR MISEEVA Vulnérabilité sociale économique et environnementale de la zone côtière à l'ala de submersion marine dans le cadre du changement global. 136 p.

<sup>112</sup> Par manque de données, les coûts de fonctionnement de la station d'épuration n'ont pas pu être pris en compte dans l'évaluation.

<sup>113</sup> Sources :

- DOCOB FR 9112018 « Étang de Thau et lido de Sète à Agde » / FR9101411 « Herbiers de l'étang de Thau » (2010) Syndicat Mixte du Bassin de Thau (SMBT);
- Entretien avec la responsable de l'Office du Tourisme de Mèze, membre de la CCNBT (Communauté de Communes du Nord du Bassin de Thau) le 2/03/11.

<sup>114</sup> Pages. 2003 Étude sectorielle du tourisme et des activités récréatives du Bassin de Thau

<sup>115</sup> DOCOB FR 9112018 « Étang de Thau et lido de Sète à Agde » / FR9101411 « Herbiers de l'étang de Thau » (2010) Syndicat Mixte du Bassin de Thau (SMBT).p.198

<sup>116</sup> Voies Navigables de France, 2005, Fréquentation du canal du Rhône à Sète, 2p.

<sup>117</sup> Pages. 2003 Étude sectorielle du tourisme et des activités récréatives du Bassin de Thau

La chasse est pratiquée de manière restreinte sur le territoire étudié (bordures d'étangs, zones terrestres inondables). La pression de chasse sur l'étang de Thau et son pourtour est donc modérée<sup>118</sup>. La chasse au gibier d'eau effectuée à partir de postes de chasse fixe disséminés autour de l'étang est le mode de chasse le plus pratiqué. On peut estimer la surface de territoires propices à l'activité (prés salé, prairies humides, roselières, plan d'eau et fourrés halophiles) à 720 ha (surface des habitats naturels du site hors lagunes, hors cordon dunaire ou plages).

Le petit gibier sédentaire fréquente aussi le site Natura 2000 du Bassin de Thau : lapin, lièvre, perdrix rouge et faisán de colchide... Le sanglier est la seule espèce de grand gibier présente. Sa chasse n'est qu'occasionnelle sur le site.

La tendance constatée concernant l'évolution du nombre de chasseurs dans l'Hérault est à la baisse. Le total des effectifs au sein des associations de chasse de la lagune de Thau est d'environ 1300 chasseurs pour la saison de chasse 2009-2010, parmi lesquels 500 chasseurs se dédient à la chasse au gibier d'eau (Tableau 5.4.3). Le total des effectifs au sein des associations de chasse du site est de 1322 chasseurs pour la saison de chasse 2009-2010.

**Tableau 5.4.3** Synthèse du nombre de chasseurs pratiquant l'activité sur la zone d'étude (DOCOB « Étang de Thau »).

Dénomination des associations de chasse	Type	Nombre de chasseurs (en 2010)
Association des Chasseurs de Mèze	Association de chasse	253
Syndicat des Chasseurs Propriétaires de Marseillan	Association de chasse	214
Association Intercommunale de Chasse Maritime (ACM du bassin de Thau)	ACM	300
Syndicat des Chasseurs Propriétaires de Loupian	Association de chasse	51
Syndicat des Propriétaires Chasseurs de Bouzigues	Association de chasse	45
Syndicat des Chasseurs de Balaruc	Association de chasse	149
Association des Propriétaires Chasseurs de Frontignan	Association de chasse	310
<b>TOTAL</b>		<b>1322</b>

Le revenu de la chasse est généré par les dépenses des chasseurs sur la zone (cotisation, matériel etc). En moyenne, on peut estimer ces dépenses annuelles<sup>119</sup> à 1551 €<sub>2010</sub> par chasseur.

La valeur d'usage associée à la chasse de loisir est donc égale à 2M €<sub>2010</sub> soit 2778 €<sub>2010</sub>.ha<sup>-1</sup> (ramené à la surface du site hors lagune).

### ► Pêche de loisir

Diverses techniques de pêche en mer sont pratiquées sur l'étang de Thau : la pêche de loisir embarquée (ou pêche plaisancière) qui se pratique en bateau (pêche de promenade ou pêche sportive), la pêche à pied sur les bords de la lagune et la pêche sous-marine interdite au niveau des espaces conchylicoles. Les zones les plus populaires pour la pêche sont Balaruc-les-Bains (près du gouffre de la Bise) car les eaux sont plus profondes et la présence de relief offre un habitat de prédilection pour les daurades.

D'après l'étude effectuée par Pages<sup>120</sup> (2003), deux associations de pêche pratiquent sur la zone. Pour l'une d'elle, la plus importante, la pratique de ses 857 adhérents dont 60 bénévoles se fait uniquement sur l'étang ; tandis que l'autre, de taille beaucoup plus modeste (80 adhérents dont 13 bénévoles) pratique également en mer. Afin de ne pas surestimer la valeur du service, seule l'activité de la première association a été prise en compte dans cette étude (voir les sources<sup>121</sup> en note de bas de page).

<sup>118</sup> DOCOB FR 9112018 « Étang de Thau et lido de Sète à Agde » / FR9101411 « Herbiers de l'étang de Thau » (2010) Syndicat Mixte du Bassin de Thau (SMBT).p.198

<sup>119</sup> Enquête CSA, 2006 « Les chasseurs : qui sont-ils ? »

<sup>120</sup> Pages. 2003 Étude sectorielle du tourisme et des activités récréatives du Bassin de Thau

<sup>121</sup> Sources :

- DOCOB FR 9112018 « Étang de Thau et lido de Sète à Agde » / FR9101411 « Herbiers de l'étang de Thau » (2010) Syndicat Mixte du Bassin de Thau (SMBT).p.198
- Fédération de l'Hérault pour la pêche et la protection des milieux aquatiques, www.pecheherault.com

Sur la base du prix annuel d'une carte de pêche (60 et 80 €<sub>2010</sub> dépendant de l'âge et de l'étendue de la zone de pêche), la valeur d'usage associée à la pêche de loisir sur le site de l'étang de Thau se situe donc entre 51 420 et 68 560 €<sub>2010</sub> soit entre 10 et 14 €<sub>2010</sub> ha<sup>-1</sup> (surface de la lagune hors zones conchylicoles).

### ► Sports et loisirs de nature

De nombreux clubs et centres nautiques municipaux ou privés offrent des prestations d'activités nautiques sur le bassin de Thau (voir sources<sup>122</sup> en base de page). La plupart de ces clubs sont situés sur le littoral de l'étang et disposent généralement d'un bâtiment et de dispositifs de mise à l'eau (cale). Les activités principales concernent la voile, l'aviron ou encore la plongée. Les deux sites de plongée les plus fréquentés sont la Vise et le ponton de la Bordelaise. Enfin, de nombreux sentiers de randonnée permettent par ailleurs de se balader autour de l'étang.

L'étude de Pages<sup>123</sup> réalisée en 2003 recense le nombre d'associations ou clubs permettant la pratique des activités de nature sur l'étang de Thau, et a repartie ces clubs par activité (Tableau 5.4.4). La voile est l'activité la plus pratiquée sur l'étang (plus de 18 clubs présents sur le site).

En ce qui concerne les activités terrestres, la fréquentation des circuits de randonnée représente environ 500 personnes par an.

**Tableau 5.4.4** Estimation des chiffres d'affaires des activités récréatives de la lagune de Thau (Pages, 2003).

Activités	Associations/clubs sur l'étang de Thau	Chiffre d'affaire en € <sub>2010</sub>
<b>Activités nautiques</b>		
Aviron	5	50 017
Bateaux de promenades	4	972 515
Jet ski	1	59 880
Kit surf	□	336 273
Plongée	6.60	176 227
Ski Nautique	□	6 851
Voile, navigation	18	1 671 085
<b>Activités terrestres</b>		
Randonnées à pied ou à vélo*	1.25	1 239
Randonnées équestres	6	239 014
<b>TOTAL</b>		<b>3 513 104</b>

\* Pour les entités ayant une pratique mixte (mer et étang) nous supposons que l'étang représente 50% de l'activité, afin de ne prendre en compte que les activités de la lagune de Thau (pour plus de détails sur la méthode voir Pages, 2003).

Les autres retombées économiques, notamment celles liées aux activités qui se pratiquent de manière autonome sont par contre très délicates à évaluer.

Ainsi, d'après les chiffres présentés dans le Tableau 5.4.4, la valeur d'usage du service s'élève à 3.5 M €<sub>2010</sub> soit 452 €<sub>2010</sub>/ha (pour l'ensemble du site).

### ► Importance relative des services rendus

#### Les résultats présentés dans le

**Tableau 5.4.5 mettent en évidence l'importance économique du tourisme balnéaire et de la conchyliculture sur la lagune de Thau. Il faut cependant noter une incertitude importante sur ces chiffres. De plus, certains services n'ont pu être monétarisés limitant la portée de ces résultats.**

<sup>122</sup> Sources :

- DOCOB FR 9112018 « Étang de Thau et lido de Sète à Agde » / FR9101411 « Herbiers de l'étang de Thau » (2010) Syndicat Mixte du Bassin de Thau (SMBT).p198
- Entretien avec la responsable de l'Office du Tourisme de Mèze, membre de la CCNBT (Communauté de Communes du Nord du Bassin de Thau, le 2/03/11).

<sup>123</sup> Pages. 2003 Étude sectorielle du tourisme et des activités récréatives du Bassin de Thau



**Tableau 5.4.5** Synthèse des résultats obtenus pour l'évaluation des services écosystémiques des lagunes de Thau.

Services	Valeur d'usage (€ <sub>2010</sub> .an <sup>-1</sup> )	Valeur d'usage par ha (€ <sub>2010</sub> .ha <sup>-1</sup> .an <sup>-1</sup> )
<b>Services d'approvisionnement</b>		
Pêche professionnelle	8.1€M	1 083€ par ha lagune
Production agricole (viticulture)	2 M€	4947€ par ha de SAU
Conchyliculture	33.5 M€	4 470€ par ha de lagune
<b>Services de régulation</b>		
Autoépuration des eaux	1.8 M€	240€par ha de lagune
<b>Services socioculturels</b>		
Chasse de loisir	2M€	2 778€ par ha du site hors lagune
Pêche de loisir	51 420- 68 560€	10 – 14€ par ha de lagune
Sports et loisirs de nature	3.5 M€	452€par ha du site
Tourisme balnéaire	40.8 – 44.2 M€	NC
Tourisme de plaisance	785 610€	113€ par ha de lagune

NC : Non calculé car données insuffisantes.

## 6. VULNÉRABILITÉ DES ZONES HUMIDES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

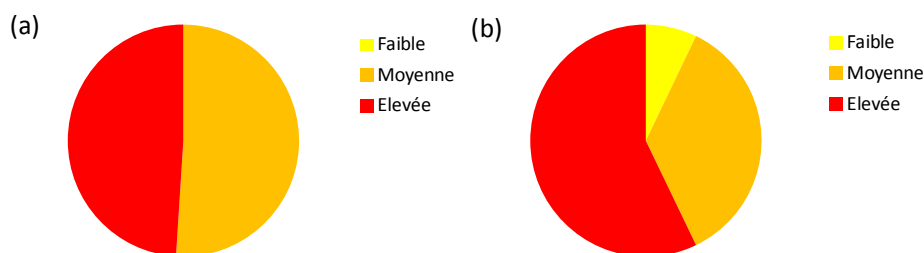
### 6.1. ZONES HUMIDES DES PLAINES INTÉRIEURES

Dans le cadre de l'étude des zones humides des plaines intérieures, seuls les risques d'assèchement liés à la diminution des précipitations et à l'augmentation de l'évapotranspiration ont été évalués. L'impact direct de l'augmentation des températures sur les communautés végétales et animales n'a pas été étudié.

#### 6.1.1. SENSIBILITÉ AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les indices de sensibilité liés à la menace d'assèchement ont été construits sur des données d'expert (voir la section méthodologique pour plus de précisions). Aucune donnée cartographique précise n'étant disponible sur la Dombes, la Sologne et la Brenne, nous sommes basés sur les chiffres fournis par l'Inventaire National du Patrimoine Naturel pour estimer la surface de chacun des habitats naturels humides.

Pour un même habitat, qu'il soit présent en Brenne, en Dombes ou en Sologne, les indices de sensibilité convergent (Tableau 12 en annexe). Seuls les habitats associés aux dépôts d'alluvions fluviales limoneuses sont caractérisés par une sensibilité faible car ces milieux sont généralement favorisés par un assèchement plus long. Les autres habitats présentent tous une sensibilité moyenne à forte à la menace d'assèchement. Ces résultats s'expliquent par l'incapacité des espèces végétales en place à tolérer une diminution de l'hydromorphie sur des périodes prolongées. Les aulnaies-frênaies, les dépressions tourbeuses à *Rhynchospora alba*, les landes humides, les prairies à Molinie, les mégaphorbiaies, les prairies humides, à Molinie, les roselières, les tourbières et la végétation à *Cladium mariscus* sont caractérisées par un niveau de sensibilité élevé. Le reste des habitats humides recensés sur les différentes zones sont moyennement sensibles. En Brenne, 51% de la surface des habitats naturels humides inventoriés est en sensibilité moyenne et 49% en sensibilité élevée (Fig. 6.1.1). **A l'échelle de la zone humide, l'indice de sensibilité agrégé est égal à 2.5 sur une échelle de 1 à 3 (3 étant le niveau de sensibilité le plus élevé).** En Sologne, 7% de la surface totale des habitats naturels humides sur la zone inventoriée sont en sensibilité faible, 36% en sensibilité moyenne et 57% en sensibilité élevée (Fig. 6.1.1). **A l'échelle de la zone humide, l'indice de sensibilité agrégé est égal à 2.5.** En Dombes, les données surfaciques fournies sur le site de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN) n'étant pas suffisamment précises, il n'a pas été possible d'estimer l'indice de sensibilité agrégé à l'échelle de la zone humide.



**Fig. 6.1.1** Proportion des habitats humides présents en Brenne (a) et en Sologne (b) caractérisés par un indice de sensibilité faible (1), moyenne (2) et élevée (3) face à la menace d'assèchement du milieu.

## 6.1.2. EXPOSITION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les projections climatiques et hydrologiques (eaux de surface) ont été obtenues sur la base des données issues des stations énumérées dans le tableau 19 en annexe (sur la base du scénario A1b du GIEC, période 2046-2065). Dans le cas de la Brenne, les données hydrologiques concernent des projections réalisées pour 7 stations hydrologiques situées sur l'Indre, la Creuse, l'Anglin et la Claise. L'ensemble des bassins versants de ces cours d'eau drainent la Brenne. En Dombes, seules deux stations ont permis d'obtenir des informations sur l'évolution des débits de surface à 2070. Elles incluent la Veyle à Vonnas et la Saône à Mâcon. La Saône n'est que l'exutoire des cours d'eau de la Dombes, l'évolution des débits de ce cours d'eau ne permet donc pas d'apporter une information précise sur l'évolution des débits des cours d'eau situés en Dombes. Enfin, dans le cas de la Sologne, 8 stations hydrologiques ont été sélectionnées et touchent la Loire, le Cher, le Fouzon, le Beuvron, le Cosson, la grande Sauldre. Seuls les trois derniers drainent la Sologne.

Les projections climatiques et hydrologiques moyennées sur la base des données simulées pour chacune des stations hydrologiques sont présentées dans les tableaux ci-dessous:

	ACTUEL	FUTUR		
	Valeur moyenne annuelle observée	Delta entre présent et futur (en % pour les précipitations ou l'évapotranspiration et en °C pour la température)		
		min	med	max
<b>La Brenne</b>				
Précipitations (mm)	<b>824.0</b> (121.9)	-15.6 (1.1)	<b>-4.3 (1.0)</b>	0.3 (0.5)
Température (°C)	<b>10.5</b> (0.6)	1.6 (0.1)	<b>2.3 (0.1)</b>	2.8 (0.0)
Evapotranspiration potentielle (mm)	<b>662.7</b> (17.5)	15.0 (0.6)	<b>22.9 (0.7)</b>	31.9 (0.7)
<b>La Dombes</b>				
Précipitations (mm)	<b>1018.5</b> (54.4)	-15.5 (0.7)	<b>-4.0 (0.0)</b>	-0.5 (0.7)
Température (°C)	<b>9.9</b> (0.7)	1.8 (0.0)	<b>2.4 (0.0)</b>	2.9 (0.0)
Evapotranspiration potentielle (mm)	<b>611.0</b> (39.6)	17.0 (1.4)	<b>24.5 (0.7)</b>	31.5 (2.1)
<b>La Sologne</b>				
Précipitations (mm)	<b>766.9</b> (84.5)	-12.4 (1.4)	<b>-2.3 (1.4)</b>	2.3 (1.5)
Température (°C)	<b>10.0</b> (0.7)	1.7 (0.1)	<b>2.3 (0.0)</b>	2.8 (0.0)
Evapotranspiration potentielle (mm)	<b>639.9</b> (17.1)	15.3 (0.5)	<b>22.9 (0.9)</b>	32.1 (1.1)

**Tableau 6.1.1** ACTUEL : Moyenne (écartype) des précipitations<sup>124</sup>, des températures<sup>125</sup> et de l'évapotranspiration<sup>126</sup> moyennes annuelles observées au niveau de l'ensemble des stations listées dans le tableau 19 (en annexe). FUTUR : moyenne des deltas entre présent et futur des précipitations (évolution en % de la valeur moyenne actuelle), des températures (variation de la température en °C par rapport aux températures moyennes actuelles) et de l'évapotranspiration (évolution en % de la valeur moyenne actuelle). Les valeurs présentées correspondent à la moyenne des deltas minima (min), médians (med) et maxima (max) projetés par 7 modèles climatiques pour chacune des stations hydrologiques étudiées.

Les projections concernant la température annuelle moyenne de l'air sont similaires pour les trois zones humides étudiées (Tableau 6.1.1). L'augmentation est comprise entre 1.6 et 2.8°C, la médiane étant de l'ordre de 2.3°C. Les précipitations annuelles moyennes assez variables selon les zones géographiques devraient subir une réduction de l'ordre de 2 à 4.3% selon les zones humides. Bien que la variance associée à ces valeurs moyennes soit importante (min et max compris entre -15% et +2.3%), la

<sup>124</sup> Moyennes interannuelles calculées à partir des réanalyses Safran sur la période entre le 1er août 1961 et le 31 juillet 1991

<sup>125</sup> Moyennes interannuelles calculées à partir des réanalyses Safran sur la période entre le 1er août 1961 et le 31 juillet 1991

<sup>126</sup> Moyennes interannuelles calculées à partir des réanalyses Safran selon la formule de Penman sur la période entre le 1er août 1961 et le 31 juillet 1991

tendance observée est clairement une réduction des précipitations à l'horizon 2070 (selon le scénario A1b). En parallèle et du fait d'une augmentation des températures, l'évapotranspiration devrait subir une augmentation comprise entre 23 et 24.5% bornée par des valeurs minimales de l'ordre de 15% et maximales proche de 32%.

Les débits annuels moyens des affluents présents en amont ou sur le territoire de la Dombes, de la Brenne et de la Sologne devraient subir une réduction comprise entre - 15.3 et - 23.3% (Tableau 6.1.2). La Sologne serait la moins affectée (réduction de l'ordre de - 15% [-26.7%; -8%]). Les débits secs observés sur 5 ans devraient également être fortement réduits (compris entre -21 et -23%). Des variations importantes des projections entre stations hydrologiques nuancent cependant ces résultats notamment dans le cas de la Dombes et de la Sologne.

	Delta entre présent et futur (%)		
	min	med	max
<b>La Brenne</b>			
<b>Débits moyens annuels</b>	-37.0 (8.3)	<b>-20.6 (5.6)</b>	-12.0 (4.1)
<b>Débits secs sur 5 ans</b>	-47.9 (14.5)	<b>-21.3 (4.8)</b>	-6.1 (4.6)
<b>La Dombes</b>			
<b>Débits moyens annuels</b>	-43.5 (9.2)	<b>-23.5 (9.2)</b>	-15.5 (4.9)
<b>Débits secs sur 5 ans</b>	-56.0 (12.7)	<b>-23.0 (11.3)</b>	-9.0 (1.4)
<b>La Sologne</b>			
<b>Débits moyens annuels</b>	-26.7 (9.1)	<b>-15.3 (5.9)</b>	-8.0 (5.9)
<b>Débits secs sur 5 ans</b>	-39.9 (21.4)	<b>-23.3 (14.4)</b>	-4.9 (8.0)

**Tableau 6.1.2** Moyenne des deltas entre présent et futur pour les débits moyens annuels et les débits secs sur 5 ans (évolution en % des débits actuels moyens annuels<sup>127</sup> et secs sur 5 ans<sup>128</sup>) concernant les cours d'eau présents ou aux abords de la zone étudiée. Les valeurs présentées correspondent à la moyenne des deltas minimas (min), médians (med) et maximas (max) projetés pour chacune des stations hydrologiques étudiées sur la base d'un modèle hydrologique.

### 6.1.3. VULNÉRABILITÉ DES ZONES HUMIDES

#### *La Brenne*

La Brenne, du fait de la nature argileuse des sols, est déconnectée des nappes souterraines (notamment de la masse d'eau « sables et argiles éocène de la Brenne »). Bien que quelques sources contribuent à alimenter le réseau hydrographique, l'alimentation en eau est majoritairement de type pluvial. Les précipitations contribuent à alimenter différents cours d'eau, tous affluents du bassin versant de la Creuse, de la Vienne et enfin de la Loire (bassin versant de la Claise, et du Sin).

Les projections prévoient une diminution des précipitations de l'ordre de 4% [- 15.6% - +0.3%] associée à une forte augmentation de l'évapotranspiration (proche de 23%) notamment durant les mois de mai à septembre. Ces changements d'ordre climatique auront un impact sur les débits des cours d'eau : les débits moyens annuels des affluents prenant leurs sources en Brenne (uniquement l'Anglin et la Claise) devraient subir une

<sup>127</sup> Moyennes interannuelles calculées à partir des données disponibles dans la banque HYDRO entre le 1er août 1962 et le 31 juillet 1991.

<sup>128</sup> Débits annuels de fréquence de non dépassement 0,2 de la loi log-normale ajustée sur les échantillons de données disponibles dans la banque HYDRO entre le 1er août 1962 et le 31 juillet 1991.

diminution de l'ordre de 23%. De même en ce qui concerne les débits secs sur 5 ans dont la diminution avoisinerait -15%.

Au vu de ces différents éléments, les étangs de la Brenne devraient subir une diminution de la lame d'eau en raison principalement d'une augmentation de l'évapotranspiration. Associés à une augmentation de la température de l'air et de l'eau, les risques d'eutrophisation devraient être accrus dans le futur. En effet, bien que la qualité de l'eau soit de manière générale satisfaisante, la pratique de la pisciculture tend peu à peu à modifier la qualité des effluents. Enfin, les menaces climatiques pourraient favoriser des espèces invasives au détriment des espèces locales. On citera notamment la Jussie, responsable en Brenne d'une très forte desoxygénation des eaux, ou encore l'Ecrevisse rouge responsable de la disparition d'un grand nombre d'espèces. **Sur la base de ces éléments et compte-tenu du fait que 49% de la zone est considérée comme très sensible à l'assèchement, la vulnérabilité des étangs de Brenne vis-à-vis du changement climatique est donc considérée comme moyenne.** Il est par ailleurs important de noter que les étangs interceptant les cours d'eau des principaux bassins versants devraient renforcer l'impact du changement climatique sur les débits des cours d'eau (réduction des débits d'étiage, augmentation des risques d'assec) et sur la continuité écologique mettant en péril la biodiversité aquatique du domaine salmonicole.

Les mesures à préconiser permettant de limiter la vulnérabilité de cette zone vis-à-vis du changement climatique incluent :

- L'interdiction de construction de nouveaux étangs notamment lorsqu'ils sont mis en connexion avec le réseau hydrographique de la zone (réduction des débits d'étiage, augmentation des risques d'assec dus à l'augmentation de l'évapotranspiration) ;
- La lutte contre les espèces invasives dont le risque de prolifération est susceptible de s'accroître avec le changement climatique (maintien des campagnes d'arrachage de la Jussie, réduction de leur capacité d'extention et/ou de prolifération via des mesures de confinement) ;
- La lutte contre l'eutrophisation des eaux dont les effets risquent de s'accroître avec la diminution de la lame d'eau et l'augmentation de la température (gestion piscicole extensive, implantation de dispositifs enherbés en bordure des étangs afin de piéger les polluants, etc..) ;
- Le maintien ou la reconstitution des ripisylves permettant de limiter l'augmentation de la température des eaux et donc les pertes par évapotranspiration.

### *La Sologne*

---

Le fonctionnement hydrologique des étangs de Sologne, tout comme ceux situés en Brenne ou en Dombes, est majoritairement de type pluvial. En effet, bien que les cours d'eau soient en lien avec la nappe libre des sables et argiles de Sologne, les étangs sont généralement déconnectés du réseau hydrographique (absence de résurgence de nappe et de source, implantation en dehors du réseau hydrographique). Le bilan hydrologique se résume donc (1) aux apports météoriques et par ruissellement et (2) aux pertes au niveau des exutoires et liés à l'évapotranspiration.

Les projections prévoient une diminution des précipitations de l'ordre de 2% [-12.4% - +2.3%] associée à une forte augmentation de l'évapotranspiration (proche de 23%). Du point de vue des débits et en se concentrant uniquement sur les stations localisées au niveau des affluents traversant la Sologne (le Beuvron, le Cosson et la grande Sauldre),

les débits moyens annuels devraient subir une diminution comprise entre 9% (Beuvron, Cosson) et 13% (grande Sauldre). Cette réduction serait particulièrement marquée durant les mois d'été atteignant 43% pour la Grande Sauldre au mois de mai. Les débits d'étiage (VCN10 pour un temps de retour de deux ans) seraient réduits d'environ 3% pour l'ensemble de ces trois cours d'eau.

Les étangs Solognots, au même titre que les étangs de Brenne, devraient subir une réduction de la lame d'eau. Les menaces pesant sur ces systèmes incluent également des risques d'invasion par les espèces exogènes (jussie, ragondin, etc.) ainsi que le renforcement de l'eutrophisation, même si la pratique de la pisciculture est plus limitée en Sologne qu'en Brenne. Les prélèvements dans les cours d'eau dans le but de remplir les étangs sont pour l'instant peu développés en Sologne. Néanmoins, l'impact de l'évaporation sur les écoulements semble relativement important au vu d'une étude réalisée dans le cadre du schéma d'aménagement et de gestion des eaux du bassin de la Sauldre (2009). La présence des étangs, *a fortiori* lorsqu'ils sont situés dans les bassins collecteurs, intensifiera probablement les ruptures d'écoulement et la vulnérabilité des espèces inféodées aux eaux courantes et fraîches. Néanmoins, les étangs Solognots sont pour la plupart déconnectés du réseau hydrographique à la différence des étangs de la Dombes (voir ci-dessous). **Ainsi, sur la base de ces éléments et compte tenu du fait que 57% de la zone est considérée comme sensible à l'assèchement, la vulnérabilité de la Sologne au changement climatique est donc considérée comme moyenne.** Notons néanmoins que des incertitudes importantes demeurent concernant les projections climatiques et hydrologiques de part (1) les limites inhérentes aux modèles utilisés et (2) le nombre réduit de stations hydrologiques.

Comme dans le cas de la Brenne, les mesures à préconiser permettant de limiter la vulnérabilité des milieux humides vis-à-vis du changement climatique incluent :

- L'interdiction de construction de nouveaux étangs notamment lorsqu'ils sont mis en connexion avec le réseau hydrographique de la zone (réduction des débits d'étiage, augmentation des risques d'assec dus à l'augmentation de l'évapotranspiration) ;
- La lutte contre les espèces invasives dont le risque de prolifération est susceptible de s'accroître avec le changement climatique (maintien des campagnes d'arrachage de la Jussie, réduction de leur capacité d'extension et/ou de prolifération via des mesures de confinement) ;
- La lutte contre l'eutrophisation des eaux dont les effets risquent de s'accroître avec la diminution de la lame d'eau et l'augmentation de la température (implantation de dispositifs enherbés en bordure des étangs afin de piéger les polluants, etc.). Notons néanmoins qu'à la différence de la Brenne, la pisciculture y est plus extensive limitant les risques de pollution des eaux ;
- Le maintien ou la reconstitution des ripisylves permettant de limiter l'augmentation de la température des eaux et donc les pertes par évapotranspiration.

### *La Dombes*

---

La Dombes présente un fonctionnement de type pluvial, excepté pour quelques étangs qui sont alimentés par des résurgences de la nappe glaciaire. Le bilan hydrologique se résume donc (1) aux apports météoriques et par ruissellement et (2) aux pertes au niveau des exutoires et liées à l'évapotranspiration.

Les projections prévoient une diminution des précipitations de l'ordre de 4% [-15.5% - -0.5%] associée à une forte augmentation de l'évapotranspiration (proche de 24.5%). Du point de vue des débits et en se concentrant uniquement sur la station localisée en Dombes (la Veyle à Vonnas), les débits moyens annuels devraient subir une diminution comprise entre 16 et 30% (selon les deux modèles hydrologiques disponibles pour cette station). Cette réduction est excessivement forte durant l'été atteignant des valeurs de l'ordre de 50 à 70% durant les mois d'été. Les débits d'étiage (VCN10 pour un temps de retour de deux ans) seraient réduits d'environ 100% (risque d'assec temporaire élevé).

**Contrairement à la Brenne ou à la Sologne, les étangs et les cours d'eau de la Dombes sont interconnectés.** Une réduction des niveaux d'eau des étangs impacterait plus fortement, par voie de conséquence, les débits des cours d'eau et notamment la fréquence des asssecs. Ce phénomène est d'ores et déjà observé puisque les débits d'étiage de la plupart des cours d'eau (e.g, la Chalaronne) sont déjà bien inférieurs au débit réservé durant les mois d'été (actuellement égal au 10<sup>ème</sup> du module), soulignant la vulnérabilité de la ressource en eau durant cette période. Ainsi, dans l'avenir, la réduction des précipitations durant l'été et l'augmentation de l'évapotranspiration accentueront probablement les ruptures de continuité sur de nombreux cours d'eau. En outre, la diminution importante des niveaux d'eau associée à l'augmentation de la température pourrait aboutir à une dégradation de la qualité de l'eau, enjeu majeur au vu des activités piscicoles et agricoles très largement répandues en Dombes. Le changement climatique favorisera également l'implantation et le développement des espèces invasives. **Ainsi, et bien que l'indicateur agrégé de sensibilité n'ait pu être produit pour la Dombes, la vulnérabilité de la zone humide vis-à-vis du changement climatique semble particulièrement forte.** Notons néanmoins que des incertitudes importantes demeurent concernant les projections climatiques et hydrologiques de part (1) les limites inhérentes aux modèles utilisés et (2) le nombre réduit de stations hydrologiques (une seule station concernant directement la zone d'étude).

Au-delà du maintien ou de la reconstitution des ripisylves dans l'objectif de limiter l'augmentation de la température de l'eau, le comblement de certains étangs pourraient être une alternative afin d'assurer le maintien quantitatif (niveau d'eau) et qualitatif des ressources en eau et donc la fonctionnalité des zones maintenues en eau. Le cycle d'assec-évolage pourrait par exemple être revu limitant ainsi le nombre d'étangs en eau de manière simultanée. Néanmoins, cette mesure ne doit pas en contrepartie encourager l'agriculture intensive de plus en plus présente sur le territoire. En effet, les cultures de maïs ou la populiculture, fortement consommatrices en eau et à l'origine d'une dégradation importante de la qualité des eaux (fertilisants), accentueront les conséquences du réchauffement climatique (eutrophisation et réduction de la lame d'eau) mettant en péril la biodiversité et les autres usages observés dans cette zone d'étude (pisciculture, chasse, tourisme). Dans ce contexte, la lutte contre l'eutrophisation des eaux (gestion piscicole extensive, agriculture extensive, implantation de dispositifs enherbés en bordure des étangs afin de piéger les polluants, etc..) et contre les espèces invasives (campagnes d'arrachage) doit être maintenue et même renforcée dans cette perspective de changement climatique.

## **6.2. ZONES HUMIDES DES VALLES ALLUVIALES**

Dans le cadre de l'étude des zones humides des vallées alluviales, seuls les risques d'assèchement liés à la diminution des précipitations et à l'augmentation de l'évapotranspiration ont été évalués. Ces derniers ont été estimés sur la base de projections climatiques (précipitations, évapotranspiration) et hydrologiques (eaux de surface et eaux souterraines) réalisées à l'horizon 2070. Notons que dans le cas des Barthes de l'Adour, seule l'hydrologie de surface a été prise en compte, les données concernant l'évolution de la nappe alluviale à l'horizon 2070 n'étant pas disponibles. Par ailleurs, l'impact direct de

l'augmentation des températures sur les communautés végétales et animales n'a pas été étudié.

### 6.2.1. SENSIBILITE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

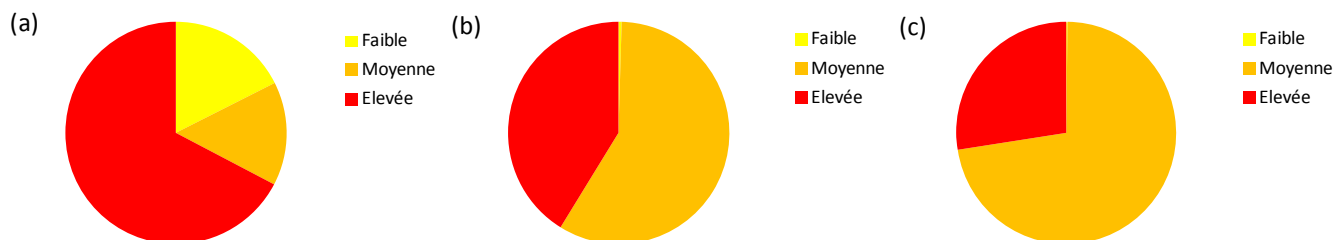
Les indices de sensibilité liés à la menace d'assèchement ont été construits sur direx d'experts (voir la section méthodologique pour plus de précisions). Aucune donnée cartographique précise n'étant disponible dans le cas de la vallée alluviale du Rhin-Ried-Bruch, nous nous sommes basés sur les chiffres fournis par l'Inventaire National du Patrimoine Naturel pour estimer la surface de chacun des habitats naturels humides.

De manière générale, seuls les forêts mixtes caducifoliées (hêtraie, alignements d'arbre, chênaies) et les habitats associés aux dépôts d'alluvions fluviales limoneuses sont caractérisés par une sensibilité faible, ces derniers étant favorisés par un assec plus long. L'ensemble des autres habitats humides sont moyennement à fortement sensibles à la menace d'assèchement (Cartes 19 à 21, Tableau 13 en annexe). Ces résultats s'expliquent par l'incapacité des espèces végétales en place à tolérer une diminution de l'hydromorphie sur des périodes prolongées.

Dans le secteur des Barthes de l'Adour, 18% et 15% de la surface totale des habitats naturels humides sont en sensibilité faible et moyenne respectivement. Plus de 67% de la surface totale des habitats naturels humides est en sensibilité élevée (Fig. 6.2.1). Au sein des Barthes de l'Adour, l'ensemble des habitats caractérisés par une forte valeur patrimoniale (classés par surface décroissante : Aulnaies marécageuses, Aulnaies-Frênaies, Tourbières, Roselières et Communautés amphibies) présentent une sensibilité élevée au changement climatique. Ils représentent environ 10% de la surface du site Natura 2000 (soit 794 hectares). **A l'échelle de la zone humide, l'indice de sensibilité agrégé est égal à 2.5 sur une échelle de 1 à 3 (3 étant le niveau de sensibilité le plus élevé).**

Dans le cas de la zone humide du Rhin-Ried-Bruch, plus de 58% de la surface totale des habitats naturels du site est en sensibilité moyenne et 41% en sensibilité élevée (Fig. 6.2.1). Dans le secteur du Rhin, tous les habitats patrimoniaux (classés par surface décroissante : Aulnaies-Frênaies, Prairie à Molinie, Tourbières) présentent une sensibilité élevée. Ils représentent environ 30% de la surface du site Natura 2000 (soit 2878 ha). **A l'échelle de la zone humide, l'indice de sensibilité agrégé est égal à 2.4.**

Enfin, en Bassée, plus de 72% de la surface totale des habitats naturels du site est en sensibilité moyenne et 27% en sensibilité élevée (Fig. 6.2.1). Les habitats présentant une forte patrimonialité et une forte sensibilité au changement climatique représentent environ 26% de la surface du site Natura 2000 (soit 305.4 ha). **A l'échelle de la zone humide, l'indice de sensibilité agrégé est égal à 2.3.**



**Fig. 6.2.1** Proportion des habitats humides présents au niveau des Barthes de l'Adour (a), du Rhin-Ried-Bruch (b) et de la Bassée (c) caractérisés par un indice de sensibilité faible (1), moyenne (2) et élevée (3) face à la menace d'assèchement du milieu.

### 6.2.2. EXPOSITION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les projections climatiques et hydrologiques (eaux de surface) ont été obtenues sur la base des données issues des stations énumérées dans le tableau 20 en annexe (selon le scénario A1b du GIEC, période 2046-2065). Dans le cas des Barthes de l'Adour, les



données hydrologiques concernant 4 stations hydrologiques situées sur le Midour, l'Adour et le Luy. Pour le Rhin, ce sont 11 stations qui ont été intégrées, situées sur le Rhin, l'Ill, la Fecht, La Bruche et la Zorn. Enfin pour la Bassée, 5 stations hydrologiques ont été considérées et sont situées sur la Seine, la Superbe et la Voulzie.

Les projections climatiques moyennées sur la base des données simulées pour chacune des stations hydrologiques sont présentées dans le tableau ci-dessous (Tableau 6.2.1):

	ACTUEL	FUTUR		
	Valeur moyenne annuelle observée	Delta entre présent et futur (en % pour les précipitations ou l'évapotranspiration et en °C pour la température)		
		min	med	max
<b>Les Barthes de l'Adour</b>				
Précipitations (mm)	<b>968.8</b> (125.9)	-17.3 (1.3)	<b>-10.5 (1.0)</b>	-2.8 (1.5)
Température (°C)	<b>12.2</b> (0.2)	1.5 (0.0)	<b>2.1 (0.1)</b>	2.5 (0.0)
Evapotranspiration potentielle (mm)	<b>654.8</b> (3.0)	10.5 (6.4)	<b>20.0 (0.0)</b>	26.5 (0.6)
<b>Le Rhin-Ried-Bruch</b>				
Précipitations (mm)	<b>1019.8</b> (131.7)	-16.5 (1.4)	<b>-2.9 (0.9)</b>	0.6 (1.7)
Température (°C)	<b>8.5</b> (0.9)	1.9 (0.0)	<b>2.5 (0.0)</b>	3.0 (0.0)
Evapotranspiration potentielle (mm)	<b>566.8</b> (9.8)	17.2 (0.4)	<b>23.1 (0.5)</b>	31.5 (0.9)
<b>La Bassée</b>				
Précipitations (mm)	<b>763.4</b> (42.9)	-13.8 (2.2)	<b>-5.0 (1.4)</b>	2.4 (0.5)
Température (°C)	<b>9.7</b> (0.1)	1.7 (0.1)	<b>2.4 (0.0)</b>	2.9 (0.0)
Evapotranspiration potentielle (mm)	<b>596.2</b> (7.0)	17.0 (0.0)	<b>24.2 (0.8)</b>	32.8 (0.8)

**Tableau 6.2.1** ACTUEL : Moyenne (écartype) des précipitations<sup>129</sup>, des températures<sup>130</sup> et de l'évapotranspiration<sup>131</sup> moyennes annuelles observées au niveau de l'ensemble des stations listées dans le tableau 20 (en annexe). FUTUR : moyenne des deltas entre présent et futur des précipitations (évolution en % de la valeur moyenne actuelle), des températures (variation de la température en °C par rapport aux températures moyennes actuelles) et de l'évapotranspiration (évolution en % de la valeur moyenne actuelle). Les valeurs présentées correspondent à la moyenne des deltas minimas (min), médians (med) et maximas (max) projetés par 7 modèles climatiques pour chacune des stations hydrologiques étudiées.

Les projections concernant la température annuelle moyenne de l'air sont très proches pour ces trois zones humides, avec une augmentation comprise entre +1.5°C et +3.0°C, les valeurs moyennes se situant autour de 2.4°C (selon scénario A1b). Les variations des précipitations annuelles moyennes sont contrastées selon les zones géographiques, avec des réductions de 2.9%, 5.0% et 10.5% respectivement pour le Rhin, la Seine et l'Adour. Bien que la variance associée à ces valeurs soit importante (min et max compris entre -17.3% et -0.6%), la tendance observée reste clairement une réduction des précipitations dans ces trois zones à l'horizon 2070. Du fait de l'augmentation des températures, l'évapotranspiration devrait subir une augmentation comprise entre 20 et 24.2%, bornée par des valeurs minimales de l'ordre de 10.5% et maximales de 32.8%.

Les projections hydrologiques moyennées sur la base des données simulées pour chacune des stations hydrologiques sont présentées dans le tableau ci-dessous (Tableau 6.2.2):

**Delta entre présent et futur (%)**

<sup>129</sup> Moyennes interannuelles calculées à partir des réanalyses Safran sur la période entre le 1er août 1961 et le 31 juillet 1991

<sup>130</sup> Moyennes interannuelles calculées à partir des réanalyses Safran sur la période entre le 1er août 1961 et le 31 juillet 1991

<sup>131</sup> Moyennes interannuelles calculées à partir des réanalyses Safran selon la formule de Penman sur la période entre le 1er août 1961 et le 31 juillet 1991

	min	med	max
<b>Les Barthes de l'Adour</b>			
<b>Débits moyens annuels</b>	-51.3 (6.0)	<b>-38.5 (4.1)</b>	-22.8 (2.9)
<b>Débits secs sur 5 ans</b>	-64.8 (4.8)	<b>-45.8 (7.0)</b>	-18.8 (1.7)
<b>Le Rhin-Ried-Bruch</b>			
<b>Débits moyens annuels</b>	-38.4 (5.4)	<b>-14.9 (4.9)</b>	-9.3 (5.1)
<b>Débits secs sur 5 ans</b>	-49.8 (6.1)	<b>-19.7 (6.9)</b>	-6.0 (5.9)
<b>La Bassée</b>			
<b>Débits moyens annuels</b>	-44.8 (8.2)	<b>-27.2 (8.2)</b>	-12.6 (5.5)
<b>Débits secs sur 5 ans</b>	-56.0 (10.5)	<b>-34.6 (7.3)</b>	-13.8 (7.1)

**Tableau 6.2.2** Moyenne des deltas entre présent et futur pour les débits moyens annuels et les débits secs sur 5 ans (évolution en % des débits actuels moyens annuels<sup>132</sup> et secs sur 5 ans<sup>133</sup>) concernant les cours d'eau présents sur la zone ou aux abords de ces zones. Les valeurs présentées correspondent à la moyenne des deltas minimas (min), médians (med) et maximas (max) projetés pour chacune des stations hydrologiques étudiées sur la base d'un modèle hydrologique.

L'évolution des débits annuels moyens des cours d'eau alimentant les trois zones humides diffère fortement à l'horizon 2070. Les cours d'eau alimentant la zone humide du Rhin-Ried-Bruch devraient être les moins affectés (-15% [-9% - -38%]), suivi par la Bassée (-27% [-13% - -27%]) et enfin l'Adour dont les débits devraient subir une réduction proche de 40% [-18% - -64%]. La tendance concernant les débits secs sur 5 ans est similaire.

### 6.2.3. VULNÉRABILITÉ DES ZONES HUMIDES

#### *La vallée alluviale des Barthes de l'Adour*

Le fonctionnement hydrologique de l'Adour est de type nivo-pluvial. En d'autres termes, son fonctionnement est fortement lié à la fonte printanière des neiges du massif pyrénéen (où il prend sa source), et aux eaux météoriques (précipitations) qui arrosent l'ensemble du bassin versant d'une surface de 17 000 hectares. L'alimentation en eau de l'Adour est également étroitement liée à la nappe alluviale mais sa contribution à l'alimentation du cours d'eau n'est pas connue actuellement.

Ainsi en comparant d'une part les données d'évolution du débit (Brunet et Astin, 1999<sup>134</sup>) et d'autre part les données d'évolution de la pluviométrie annuelle (Avila, 2007<sup>135</sup>) sur la période 1975-1996 (soit un peu plus de 20 ans), on constate une baisse d'environ 12% du débit de l'Adour et en parallèle une diminution de 10% des précipitations.

Les projections à l'horizon 2070 prévoient une diminution des précipitations de l'ordre de 10.5% [-17.3 - -2.8%] associée à une forte augmentation de l'évapotranspiration notamment entre septembre et décembre (médiane +20%). Les précipitations baisseraient sur l'ensemble de l'année, avec une baisse plus marquée à la fin du printemps, tandis que le

<sup>132</sup> Moyennes interannuelles calculées à partir des données disponibles dans la banque HYDRO entre le 1er août 1962 et le 31 juillet 1991.

<sup>133</sup> Débits annuels de fréquence de non dépassement 0,2 de la loi log-normale ajustée sur les échantillons de données disponibles dans la banque HYDRO entre le 1er août 1962 et le 31 juillet 1991.

<sup>134</sup> Brunet RC, Astin KB. 1999 Spatio-temporal variation in some physical and chemical parameters over a 25-year period in the catchment of the river Adour. *Journal of Hydrology* 220:209-221.

<sup>135</sup> Avila F. 2007 Climat local, changements climatiques, et impact économique : trente-six ans d'observations météorologiques à Aire-Sur-L'Adour. *Climatologie*, 4:167-190.

mois de juillet serait un peu plus arrosé. Dans le même temps, les projections prévoient une réduction des débits de l'ordre de 38.5%, et des débits secs d'environ 46%, avec là encore une saisonnalité marquée : les baisses étant plus marquées d'octobre à décembre et de mai à juin. Enfin, les débits d'étiage connaîtraient une tendance à la réduction avec des disparités très fortes selon les modèles hydrologiques et climatologiques considérés, et selon la localisation des stations hydrologiques (amont et aval des Barthes). A l'horizon 2070, ces périodes d'étiages devraient avoir lieu plus tôt en saison bien que ces projections soient particulièrement incertaines.

Au vu de ces différents éléments, les Barthes de l'Adour devraient connaître à l'horizon 2070 une réduction très importante des niveaux d'eau en raison d'une réduction des précipitations, eaux de ruissellement et une augmentation de l'évapotranspiration. Cette tendance serait dans la continuité des tendances déjà observées sur les 20 dernières années. Des périodes d'assec prolongées et vraisemblablement sur des tronçons plus longs qu'actuellement sont à prévoir. Cette situation pourrait poser des problèmes temporaires de connectivité des milieux ou entraîner la disparition de certains habitats sensibles à l'assèchement tels que les forêts alluviales, les phragmitaies ou les milieux tourbeux. Cette réduction des niveaux d'eau devrait s'accompagner d'une baisse des débits qui, s'ils deviennent trop faibles, peuvent entraîner une mortalité chez certaines espèces qui ont besoin d'une ventilation minimale pour survivre (ex. moules). L'existence de débits minimaux permet de diminuer la température de l'eau (paramètre non modélisé dans le cadre de cette étude), évitant un risque d'eutrophisation plus important, un colmatage des fonds et une baisse de la concentration en oxygène. C'est donc un facteur essentiel permettant de limiter la vulnérabilité des milieux naturels.

Enfin, les menaces climatiques pourraient favoriser le développement d'espèces invasives au détriment d'espèces locales. En effet, le constat actuel au niveau des Barthes fait état d'une dégradation accrue de la qualité des eaux, d'une réduction des débits en été, de la perte de biomasse piscicole dans les canaux, perte ou régression d'espèces patrimoniales ou emblématiques (sangues, amphibiens), de l'apparition d'espèces exotiques invasives animales ou végétales (Ecrevisse de Louisiane et Jussie en particulier). Les projections réalisées dans le cadre de cette étude à l'horizon 2070 ne feraient qu'accentuer ce bilan.

Bien que le fonctionnement hydrologique des Barthes de l'Adour dépende directement des eaux de ruissellement, il est également fortement régulé par l'homme à travers la présence de digues, de canaux, d'esteys etc... Son fonctionnement, tel qu'il a été conçu, peut répondre à de fortes saisonnalités, pouvant stocker le trop plein des crues dans les Barthes et la restituer progressivement. Les esteys (canaux transversaux) contribuent également à l'alimentation de l'Adour en canalisant les eaux de ruissellement au pied des coteaux (limitant ainsi la baisse de niveau de l'Adour). Ainsi, le système tel qu'il est conçu actuellement devrait permettre de limiter l'amplitude saisonnière du niveau de l'Adour. Cependant, ceci est conditionné par le maintien de ces aménagements et leur entretien.

**Ainsi, sur la base de ces éléments et compte-tenu du fait que 67% de la zone est considérée comme particulièrement sensible à l'assèchement, la vulnérabilité de cette zone au changement climatique est donc considérée comme très forte.** Notons néanmoins que des incertitudes importantes demeurent concernant les projections climatiques et hydrologiques de part (1) les limites inhérentes aux modèles utilisés, (2) le faible nombre de stations hydrologiques (quatre stations seulement concernant directement la zone d'étude) et (3) la non-prise en compte de l'évolution des ressources en eau souterraine.

Pour maintenir les habitats patrimoniaux humides, il sera nécessaire de maintenir et même renforcer l'alimentation en eau de ces zones. Ceci implique le respect d'un débit minimum biologique au niveau des barrages situés en amont, la pérennisation/l'entretien des aménagements hydrauliques et la limitation des usages qui conduisent à un assèchement (populiculture/maïssiculture). Ces mesures sont d'autant plus importantes que la gestion hydraulique actuelle, en sus des activités agricoles et arboricoles (peupleraies),

tendent d'ores et déjà à favoriser l'eutrophisation des eaux. Enfin, sur les zones les moins larges, il est recommandé de maintenir et/ou réhabiliter les ripisylves afin de limiter la hausse de la température des eaux et donc les pertes par évapotranspiration.

### *La vallée alluviale du Rhin-Ried-Bruch*

---

Le fleuve Rhin se caractérise dans sa partie supérieure par un régime de type nival avec des tendances pluviales glaciaires en lien avec les conditions climatiques du haut bassin situé dans les Alpes suisses. Le fonctionnement du Rhin est également fortement dépendant de la nappe alluviale ello-rhénane sur laquelle il repose. D'une capacité de 32 milliards de m<sup>3</sup> en Alsace, cette nappe se renouvelle au rythme de 3 km<sup>3</sup> par an grâce aux apports du Rhin et de ses affluents. Le niveau de la nappe varie en fonction des précipitations et de la dynamique du réseau hydrographique et connaît une période basse (janvier à avril) et une période haute (mai à septembre). Cependant, la canalisation du Rhin a énormément réduit l'influence du fleuve sur le niveau de la nappe.

Les projections à l'horizon 2070 prévoient une diminution des précipitations de l'ordre de 2.9% [-16.5% - +0.6%] associée à une forte augmentation de l'évapotranspiration. Les précipitations baisseraient au total sur l'année, avec une baisse beaucoup plus marquée en juillet/août, tandis que durant les mois de janvier à avril, les précipitations seraient sensiblement plus importantes qu'actuellement. Dans le même temps, les projections prévoient une réduction des débits de l'ordre de 14.7% et des débits secs d'environ 19.7% avec, là encore, une saisonnalité marquée : baisse particulièrement marquée en octobre, et au contraire une augmentation modérée des débits en hiver (janvier à mars). Enfin, les débits d'étiage connaîtraient une tendance à la réduction avec des disparités très fortes selon les modèles hydrologiques considérés. A l'horizon 2070, ces périodes d'étiages devraient avoir lieu significativement plus tôt en saison mais les incertitudes sur ces données sont particulièrement fortes.

La zone du Rhin-Ried-Bruch devrait connaître une réduction limitée de son niveau d'eau compte-tenu d'une baisse relativement modérée des précipitations et des débits (comparativement à la zone humide des Barthes de l'Adour). D'autre part, la nappe alluviale ne devrait subir qu'un abattement limité (voir cartes 43 à 58 en annexe). Enfin, contrairement aux autres zones humides alluviales, ce secteur devrait connaître saisonnièrement une hausse des débits (hiver) ce qui pourrait compenser les effets d'une baisse générale des débits. Il est également important de souligner la présence de nombreux ouvrages régulateurs (digues, canaux, centrales hydroélectriques, barrages) tout le long du cours d'eau réduisant le battement de la nappe alluviale et imposant un débit réservé et un contrôle artificiel du marnage. Les zones humides ont donc évolué ces dernières décennies vers des peuplements plus secs (moins dépendants vis-à-vis de la ressource en eau).

**Ainsi, du fait d'un niveau de sensibilité modéré (41% de la zone est considérée comme particulièrement sensible à l'assèchement), d'une faible exposition vis-à-vis du changement climatique et de la présence d'ouvrages régulateurs, la vulnérabilité de la zone humide semble relativement limitée (niveau faible). Néanmoins, la problématique des espèces invasives (Robinier, Renouée du Japon) demeure une menace importante qui pourrait être renforcée par une augmentation de la température de l'air et de l'eau.**

Les mesures à préconiser permettant de préserver les habitats naturels humides incluent :

- Le maintien et/ou la réhabilitation des ripisylves afin de (1) limiter l'augmentation de la température des eaux notamment au niveau des zones les moins larges et (2) favoriser l'autoépuration des eaux ;
- La limitation des rejets thermiques afin de limiter la hausse de la température des eaux ;
- Une « tolérance » vis-à-vis de l'extension du lit fluvial afin de favoriser les espaces

de liberté des cours d'eau et favoriser les échanges entre eaux fluviales et eaux souterraines ;

- Le maintien de la lutte contre les espèces invasives.

### *La vallée alluviale de la Bassée*

---

La Bassée se caractérise par un régime pluvial-océanique. Le fonctionnement hydrologique de cette zone dépend :

- Des échanges avec la nappe alluviale de la Seine et avec la nappe crayeuse (les échanges se font à une vitesse plus réduite en raison de la faible transmissivité de la craie) à hauteur de 75% de son alimentation en eau ;
- Des eaux météoriques à hauteur de 25% de son alimentation en eau.

En été ou en période d'inondation (40% du temps), l'eau circule depuis la Seine vers la zone humide. En dehors de ces périodes (60% du temps), ce fonctionnement s'inverse. La zone humide joue donc un rôle tampon vis-à-vis des variations du niveau d'eau de la Seine et de la régulation des barrage-réservoirs situés en amont.

Les projections à l'horizon 2070 prévoient une diminution des précipitations de l'ordre de 5% [-13.8 - +2.4%] associée à une très forte augmentation de l'évapotranspiration (de l'ordre de 24%). Les précipitations baisseraient sur l'ensemble de l'année avec une diminution marquée en été (mai à septembre) et au contraire une hausse en hiver et au début du printemps. Dans le même temps, les projections prévoient une réduction des débits de l'ordre de 27% et des débits secs sur 5 ans d'environ 35% avec, là aussi, une saisonnalité marquée : la baisse des débits serait moindre en hiver et au printemps et plus fortement marquée à la fin de l'été, début de l'automne. Enfin, les débits d'étiage diminueraient de l'ordre de 25% (valeur minimale) avec des disparités fortes selon les modèles hydrologiques et climatologiques considérés. Néanmoins, contrairement aux Barthes de l'Adour, l'ensemble des stations présentent un profil d'évolution similaire. A l'horizon 2070, ces périodes d'étiages devraient avoir lieu plus tard en saison mais ces données restent particulièrement incertaines. Concernant les aquifères, les modèles projettent un abatement limité au niveau de la vallée alluviale de quelques dizaines de cm (scénario A1b, voir cartes 39 à 42 en annexe).

Au vu de ces différents éléments, la zone humide de la Bassée devrait voir son fonctionnement changer à l'horizon 2070. Il est possible que la période de temps de circulation de l'eau depuis la zone humide vers la Seine soit réduite dans le temps et qu'au contraire la période de circulation de l'eau depuis la Seine vers la zone humide se prolonge, notamment pour compenser l'augmentation du phénomène d'évapotranspiration. La réduction des débits est susceptible d'accélérer le colmatage des milieux en eau, ces zones connaissant déjà un important atterrissement. Les menaces climatiques pourraient par ailleurs favoriser le développement d'espèces invasives au détriment d'espèces locales, qui sont déjà présentes sur le secteur (notamment la Grande élodée), et enfin augmenter le phénomène d'eutrophisation constaté sur le secteur (en raison d'apports excessifs en azote). **Sur la base de ces éléments et compte-tenu du fait que 27% de la zone est considérée comme sensible à l'assèchement, la vulnérabilité de cette zone au changement climatique semble donc modérée.** En outre, il est important de souligner que le fonctionnement de la Bassée est fortement menacé par les activités anthropiques. Cette zone alluviale constitue donc un cas particulier dans le cadre de cette étude, car son fonctionnement hydrologique est menacé à très court-terme par deux grands projets d'aménagement : la mise en grand gabarit de la Seine et la construction de casiers de surstockage. Ainsi, si différents mesures d'adaptation visant à réduire la vulnérabilité de cette zone humides peuvent être préconisées comme par exemple le maintien et le respect d'un débit minimum biologique au niveau des barrages situés en amont, celles-ci doivent être élaborées conjointement avec celles proposées dans le cadre de l'aménagement actuel de la zone (*e.g.*, gestion hydro-écologique de la zone impliquant une mise en eau régulière au niveau de deux casiers pour maintenir une flore et une faune typique des milieux

humides).

Dans le cas de cette zone humide, les principales incertitudes, au-delà de celles inhérentes aux modèles climatiques et hydrologiques, concernent donc son aménagement dans les décennies à venir.

### **6.3. ZONES HUMIDES DU LITTORAL MÉDITERRANÉEN**

Dans le cadre de l'étude des lagunes du littoral du Languedoc-Roussillon, seuls les risques associés à l'élévation du niveau de la mer ont été étudiés. Ils incluent la submersion temporaire lors des tempêtes (basée sur les données enregistrées lors de la tempête de 1982), la submersion permanente (élévation du niveau de la mer de 50 cm à l'horizon 2070) et la salinisation des sols en lien avec la remontée du biseau salé. Les effets de la réduction des débits des cours d'eau situés dans le bassin versant ont été, dans la mesure du possible, pris en compte dans l'analyse finale de vulnérabilité. Notons par ailleurs que si le changement climatique affectera probablement la durée de vie des lagunes, la limite entre le scénario de comblement et celui de submersion est très étroite et demeure particulièrement difficile à évaluer (voir page 12 pour plus de précision sur le fonctionnement des lagunes). Des incertitudes importantes demeurent également quant à l'influence d'une réduction des débits des cours d'eau ou des événements extrêmes (feux de forêt à l'origine de l'érosion des sols, crues etc ...) sur la vitesse de sédimentation. Enfin, il est important de souligner que des incertitudes importantes demeurent concernant (1) les projections climatiques et hydrologiques de part les limites inhérentes aux modèles utilisées et le nombre de stations hydrologiques et (2) le niveau d'élévation de la mer à l'horizon 2070. Enfin, l'impact direct d'une augmentation de la température des eaux reste un point non abordé dans le cadre de ce projet.

#### **6.3.1. SENSIBILITÉ AU CHANGEMENT CLIMATIQUE**

##### **Sensibilité à la salinisation des sols (remontée du biseau salé).**

Les habitats les plus sensibles à une augmentation de la salinité des sols sont présentés dans le Tableau 6.3.1. Ils concernent l'ensemble des habitats présents sur le cordon dunaires, les dépôts d'alluvions fluviatiles limoneuses, les saulaies, les frênaies, les prairies humides, les roselières et les typhaies ainsi que les milieux d'eau douce (eaux eutrophes à végétation flottante libre ou enracinée). Cette sensibilité est liée à l'incapacité des espèces végétales en place à tolérer une augmentation même légère de la salinité des sols. Notons que les espèces végétales dunaires sont relativement sensibles à la remontée du biseau salé car elles s'approvisionnent dans les nappes d'eau douce piégées au sein des dunes.

##### **Sensibilité à la submersion temporaire :**

Dans le cas de la menace de submersion temporaire, les habitats sont pour la plupart caractérisés par une sensibilité moyenne. Les dunes fixées à *Crucianelle* ou *Ephedra* et à végétation annuelle, les prairies humides, les typhaies et les eaux eutrophes sont les habitats les plus sensibles à la submersion temporaire. Les roselières sont, dans ce cas de figure, peu sensibles car les espèces qui les composent sont équipées de systèmes de clapnet au niveau des racines leur permettant de survivre à une immersion temporaire en eau salée.

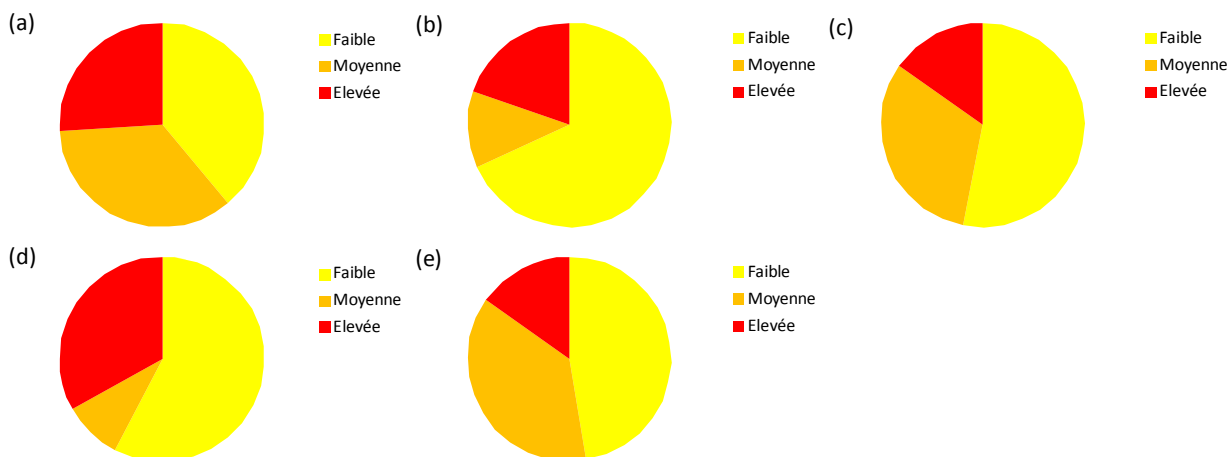
##### **Sensibilité à la submersion permanente :**

Tous les habitats, excepté les eaux saumâtres, sont particulièrement sensibles à une submersion permanente.

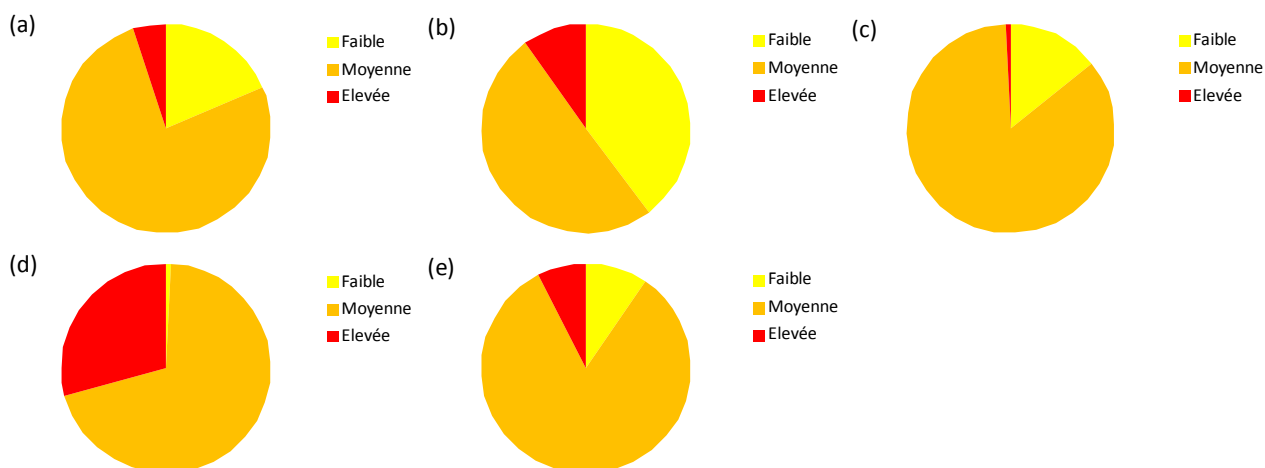
Menace	Salinisation des sols (remontée du biseau salé)	Submersion temporaire	Submersion permanente
<b>Sensibilité faible</b>	Eaux saumâtres sans végétation, Eaux saumâtres végétalisées, Formations annuelles sur laisses de lagune Fourrés halophiles à Limoniastrum, Fourrés halophiles à salicornes vivaces, Fourrés de Tamaris ouest-Méditerranéens, Gazons pionniers halonitrophiles Plages de sable avec groupements annuels Prés salés halo-psammophiles, Prés salés à Aelurop et Puccinellia, Salicorniaies annuelles Steppes salées	Eaux saumâtres végétalisées Roselières	Eaux saumâtres végétalisées
<b>Sensibilité moyenne</b>	Scirpaies halophiles, Prés salés à Jonc subulé, Prés salés à Jonc maritime, Prés salés à Chiendent, Prés salés à Carex divisa Plages de sable sans végétation Gazons méditerranéens amphibies halonitrophiles	Steppes salées Scirpaies halophiles Salicorniaies annuelles Prés salés à Jonc subulé, Prés salés à Jonc maritime, Prés salés à Chiendent, Prés salés à Carex divisa, Prés salés à Aelurop et Puccinellia, Prés salés halo-psammophiles Plages de sable sans végétation, Plages de sable avec groupements annuels Fourrés halophiles à salicornes vivaces, Fourrés halophiles à Limoniastrum, Fourrés de Tamaris ouest-méditerranéens, Gazons méditerranéens amphibies halonitrophiles, Gazons pionniers halonitrophiles Formations annuelles sur laisses de lagune Dunes mobiles, Dunes embryonnaires, Peupleraies, Formation riveraine de saules	
<b>Sensibilité forte</b>	Dunes embryonnaires, Dunes fixées à Crucianelle ou Ephedra, Dunes mobiles Eaux eutrophes à végétation flottante libre et/ou enracinée immergée Roselières, Typhaies Prairies humides (améliorées), Frênaies, Peupleraies, Formations riveraines de saule	Dunes fixées à Crucianelle ou Ephedra Eaux eutrophes à végétation flottante libre et/ou enracinée immergée Typhaies Prairies humides (améliorées)	L'ensemble des habitats naturels humides

**Tableau 6.3.1** Liste des habitats (semi)naturels humides en sensibilité faible, moyenne et forte vis-à-vis des menaces de salinisation des sols, de submersion temporaire et permanente (voir tableaux 14 à 18 en annexe pour le détail par zone humide).

La lagune de Mauguio ou l'étang de Canet présentent une sensibilité marquée à la salinisation des sols car les frênaies et les roselières ou encore les groupements dunaires (dans le cas de Canet) sont relativement répandus sur ces sites (Tableau 6.3.2, Fig. 6.3.1, Fig. 6.3.2, tableaux 14 à 18 en annexe). A l'inverse, l'étang de Thau présente une surface importante de groupements halophiles expliquant un niveau de sensibilité plus faible. Concernant la submersion temporaire, l'étang de Canet se caractérise par le degré de sensibilité le plus élevé s'expliquant par la présence importante de fourrés halophiles à salicorne vivace. La lagune de Thau présente l'indice agrégé de sensibilité le plus faible. Enfin, l'indice de sensibilité à la submersion permanente est maximal (i.e, 3) pour l'ensemble des zones humides puisqu'aucun des habitats terrestres décrits ici ne tolèreraient une mise en eau permanente.



**Fig. 6.3.1** Proportion des habitats humides présents au niveau de la lagune de Mauguio (a), de la lagune de Thau (b) des étangs de la Narbonnaise (c), de l'étang de Canet (d) et de la grande Maire (e) caractérisés par un indice de sensibilité faible (1), moyenne (2) et élevée (3) vis-à-vis de la menace de salinisation des sols.



**Fig. 6.3.2** Proportion des habitats humides présents au niveau de la lagune de Mauguio (a), de la lagune de Thau (b) des étangs de la Narbonnaise (c), de l'étang de Canet (d) et de la grande Maire (e) caractérisés par un indice de sensibilité faible (1), moyenne (2) et élevée (3) vis-à-vis de la menace de submersion temporaire.

Zones humides	Salinisation des sols	Submersion temporaire	Submersion permanente
Lagune de Mauguio	1.9	1.9	3
Lagune de Thau	1.5	1.7	3
Les étangs de la Narbonnaise	1.6	1.9	3
L'étang de Canet	1.8	2.3	3
La grande Maire	1.7	2.0	3

**Tableau 6.3.2** Indice de sensibilité agrégé à l'échelle de chacune des zones humides vis-à-vis des menaces de salinisation des sols, de submersion temporaire et de submersion permanente.

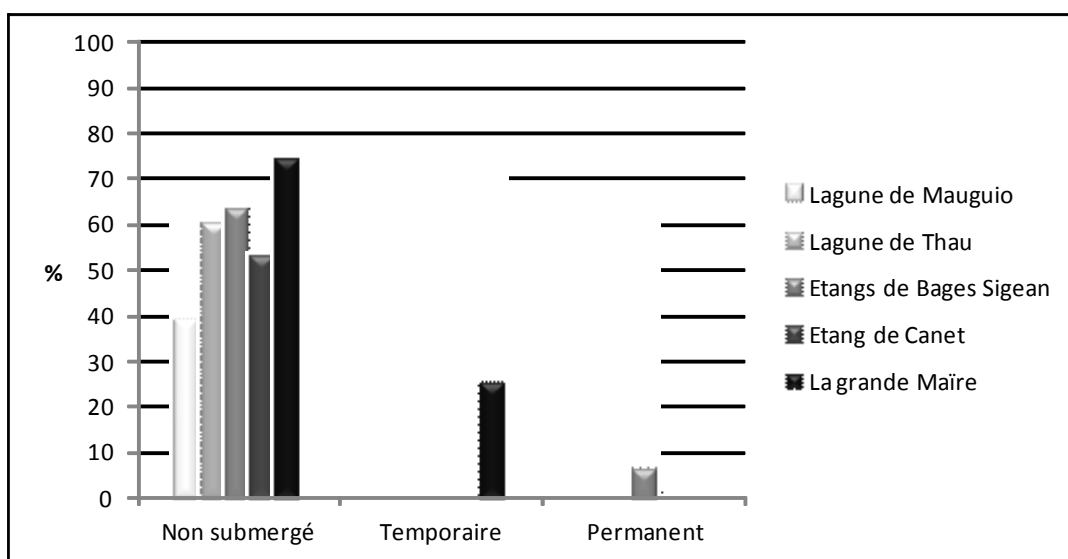


## 6.3.2. EXPOSITION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

### 6.3.2.1. SUBMERSION TEMPORAIRE ET PERMANENTE

L'analyse du risque de submersion s'est basée sur la cartographie des zones submergées réalisée par le BRGM. Cette cartographie permet d'évaluer la superficie des zones submergées de manière permanente (100% du temps, correspondant à la hauteur d'eau lors des plus basses marées astronomiques) ou de manière temporaire (lors de tempêtes) pour une élévation du niveau de la mer de 50 cm à l'horizon 2070, scénario A1b). L'élévation du niveau d'eau dans les lagunes a été considérée comme égale à celle de la mer. Il s'agit là d'une hypothèse simplificatrice car du fait de l'action du vent et des courants, la hauteur d'eau peut différer. De même lorsque des actions de régulation sont mises en place au travers de la gestion des graus.

Afin de connaître la superficie des habitats naturels humides submergés, cette couche SIG a été croisée avec la couche d'occupation des sols actuelle (IGN 25) et la cartographie des habitats recensés au sein des sites Natura 2000.



**Fig. 6.3.3** Proportion (%) des surfaces non submergées, submergées de manière temporaire ou de manière permanente par rapport aux surfaces actuelles à l'horizon 2070 dans le cas de l'étang de Mauguio, de la lagune de Thau, des étangs de la Narbonnaise, de l'étang de Canet et de la grande Maire (augmentation du niveau de la mer : 50 cm - scénario A1b, hors superficie en eau).

Zone humide	Non submergé	Submersion temporaire	Submersion permanente
Lagune de Mauguio	39%	<b>61%</b>	0%
Lagune de Thau	60%	34%	6%
Etangs de Bages-Sigean	63%	30%	<b>7%</b>
Etang de Canet	53%	47%	0%
La grande Maire	<b>74%</b>	26%	0%

**Tableau 6.3.3** Proportion des surfaces non submergées, submergées de manière temporaire ou de manière permanente à l'horizon 2070 par rapport aux surfaces actuelles (hors surface en eau).

D'après les projections réalisées, la menace de submersion permanente devrait concerner uniquement la lagune de Thau et les étangs de la Narbonnaise (respectivement 6% et 7% de la superficie totale, hors surface déjà en eau saumâtre). La lagune de Mauguio et l'étang de Canet seraient, d'après les résultats obtenus, impactés en cas de fortes tempêtes à hauteur respectivement de 61% et 47% de la superficie totale des deux sites (hors surface en eau saumâtre). Ainsi, compte-tenu des surfaces impactées de manière permanente, il semble que l'augmentation du niveau de la mer de 50 cm ait des conséquences

limitées. Ces résultats sont confirmés par les travaux de Kufhuss *et al.* (2011)<sup>136</sup> qui indiquent un enjeu fort uniquement en cas d'une augmentation du niveau de la mer de 1 m (à l'horizon 2100). Les habitats naturels humides majoritairement impactés en cas de submersion temporaire ou permanente sont présentés dans le Tableau 6.3.4.

Zones humides	Submersion temporaire	Submersion permanente
Etang de Mauguio	Quasiment l'ensemble des habitats seront touchés excepté certains prés salés et les typhaies	-
Lagune de Thau	Dunes fixées à Crucianella ou Ephedra Gazons pionniers halonitrophiles Les prés salés de manière générale	Les prés salés, les dunes mobiles ou embryonnaires, les peupleraies
Etangs de la Narbonnaise	Eaux eutrophes, les fourrés halophiles, certains prés salés, plage de sable sans végétation, les scirpaies halophiles	Formations annuelles sur laisses de mer, les typhaies et les plages de sable sans végétation
Etang de Canet	Les dunes fixées ou mobiles	-
La grande Maïre	Eaux eutrophes, les gazons pionniers halonitrophiles	-

**Tableau 6.3.4** Tableau présentant les habitats naturels humides les plus impactés par la submersion temporaire et permanente proportionnellement à leur superficie actuelle (élévation du niveau de la mer de 50 cm). Voir détails en annexes – tableaux 14 à 18.

**De manière générale, notons que la remontée du biseau salé et la submersion temporaire pourraient affecter les habitats les plus sensibles entraînant le développement d'une végétation tolérant une salinité plus élevée. Le remplacement d'habitats naturels par d'autres, pourrait donc être important sans que cela entraîne une perte nette d'habitats terrestres.**

### 6.3.2.2. DONNÉES CLIMATIQUES ET HYDROLOGIQUES

Les projections climatiques et hydrologiques (eaux de surface) ont été obtenues sur la base des données issues des stations hydrologiques énumérées dans le tableau 21 en annexe. Les projections climatiques moyennées sur la base des données simulées pour chacune des stations hydrologique sont présentées dans le tableau ci-dessous (Tableau 6.3.5). Notons que ces éléments sont donnés à titre indicatif car ils concernent des cours d'eau situés à proximité des étangs sans qu'il y soit pour autant situés dans le bassin versant des différents étangs étudiés.

	ACTUEL	FUTUR		
	Valeur moyenne annuelle observée	Delta entre présent et futur (en % pour les précipitations ou l'évapotranspiration et en °C pour la température)		
		min	med	max
<b>Etang de Mauguio</b>				
Précipitations (mm)	836.9 (119.5)	-14.9 (2.5)	<b>-1.7 (1.9)</b>	3.3 (1.4)
Température (°C)	13.7 (0.3)	1.5 (0.1)	<b>2.1 (0.1)</b>	2.5 (0.1)
Evapotranspiration potentielle (mm)	1036.1 (48.1)	8.1 (0.7)	<b>12.6 (1.1)</b>	18.7 (1.0)
<b>Etang de Thau</b>				
Précipitations (mm)	905.0 (250.0)	-20.8 (2.1)	<b>-8.0 (4.7)</b>	0.3 (3.2)
Température (°C)	13.2 (1.3)	1.5 (0.1)	<b>2.0 (0.1)</b>	2.5 (0.1)

<sup>136</sup> Kufhuss L, Sourisseau E, Rey-Valette H. 2011 Evaluation des enjeux et dommages résultants de la submersion marine : le cas des zone humides et des lagunes en Languedoc Roussillon. Projet ANR MISEEVA Vulnérabilité sociale économique et environnementale de la zone côtière à l'aléa de submersion marine dans le cadre du changement global. 136 p.

<b>Evapotranspiration potentielle (mm)</b>	<b>963.3</b> (96.6)	8.5 (1.7)	<b>12.5 (2.9)</b>	19.8 (2.6)
<b>Etang de Bages-Sigean</b>				
<b>Précipitations (mm)</b>	<b>604.3</b> (30.6)	-23.7 (0.6)	<b>-14.0 (0.0)</b>	-6.0 (0.0)
<b>Température (°C)</b>	<b>14.0</b> (0.5)	1.5 (0.0)	<b>2.0 (0.0)</b>	2.5 (0.1)
<b>Evapotranspiration potentielle (mm)</b>	<b>1024.0</b> (39.3)	8.3 (0.6)	<b>11.7 (0.6)</b>	19.3 (0.6)
<b>Etang de Canet</b>				
<b>Précipitations (mm)</b>	<b>669.0</b> -	-17.0	<b>-9.0</b>	1.0
<b>Température (°C)</b>	<b>14.4</b> -	1.4	<b>1.9</b>	2.4
<b>Evapotranspiration potentielle (mm)</b>	<b>1115.0</b> -	7.0	<b>11.0</b>	18.0
<b>La grande Maire</b>				
<b>Précipitations (mm)</b>	<b>669.0</b> -	-17.0	<b>-9.0</b>	1.0
<b>Température (°C)</b>	<b>14.4</b> -	1.4	<b>1.9</b>	2.4
<b>Evapotranspiration potentielle (mm)</b>	<b>1115.0</b> -	7.0	<b>11.0</b>	18.0

**Tableau 6.3.5 ACTUEL** : Moyenne (écartype) des précipitations<sup>137</sup>, des températures<sup>138</sup> et de l'évapotranspiration<sup>139</sup> moyennes annuelles observées au niveau de l'ensemble des stations listées dans le tableau 21 (en annexe). **FUTUR** : moyenne des deltas entre présent et futur des précipitations (évolution en % de la valeur moyenne actuelle), des températures (variation de la température en °C par rapport aux températures moyennes actuelles) et de l'évapotranspiration (évolution en % de la valeur moyenne actuelle). Les valeurs présentées correspondent à la moyenne des deltas minimas (min), médians (med) et maximas (max) projetés par 7 modèles climatiques pour chacune des stations hydrologiques étudiées.

Selon le scénario A1b, l'augmentation moyenne de la température serait en moyenne égale à 2.0°C dans le sud de la France (Tableau 6.3.5). Les précipitations subiraient une réduction de l'ordre de 1 à 14% selon les zones, les étangs de la Narbonnaise étant les plus touchés. L'augmentation de l'évapotranspiration en lien avec l'accroissement des températures serait d'environ 12%. De manière générale, l'augmentation des températures estivales devrait être plus marquée que celle des températures hivernales et printanières. Conjointement, la saisonnalité des précipitations devrait être plus prononcée, caractérisée par des précipitations plus marquées en période humide et par des périodes sèches plus longues et plus intenses. La fréquence des événements extrêmes devrait également s'accroître : les canicules seraient plus fréquentes et les crues plus marquées, entraînant l'augmentation des apports en sédiments au niveau des lagunes (accroissement du risque de comblement)<sup>140</sup>.

**Dans le cadre du projet Explore 2070, aucune projection hydrologique n'a pu être produite pour les affluents des différentes lagunes excepté le ruisseau de Pallas et de la Berre (affluent de l'étang de Thau et de Bages-Sigean). Les données présentées dans le Tableau 6.3.6 concernent des cours d'eau situés à proximité des lagunes. Ces résultats sont donc donnés uniquement à titre indicatif.**

La réduction moyenne des débits des cours d'eau situés à proximité des différents étangs devrait être comprise entre -5 et -21% selon le scénario A1b à l'horizon 2070. Cette baisse est particulièrement marquée dans le cas du ruisseau de Pallas, affluent de l'étang de Thau. Des tendances similaires sont observées concernant les débits secs sur 5 ans avec une réduction maximale moyenne de 32% pour les cours d'eau proches de l'étang de Thau. Ces projections varient fortement au cours de l'année avec une augmentation légère des débits durant la période hivernale et une forte réduction en été et durant l'automne lors des pluies cévenoles.

	<b>Delta entre présent et futur (%)</b>		
	<b>min</b>	<b>med</b>	<b>max</b>
<b>Etang de Mauguio</b>			
<b>Débits moyens annuels</b>	-32.0 (4.9)	<b>-5.1 (5.2)</b>	18.0 (7.0)

<sup>137</sup> Moyennes interannuelles calculées à partir des réanalyses Safran sur la période entre le 1er août 1961 et le 31 juillet 1991

<sup>138</sup> Moyennes interannuelles calculées à partir des réanalyses Safran sur la période entre le 1er août 1961 et le 31 juillet 1991

<sup>139</sup> Moyennes interannuelles calculées à partir des réanalyses Safran selon la formule de Penman sur la période entre le 1er août 1961 et le 31 juillet 1991

<sup>140</sup> L'ensemble de ces éléments constituent une synthèse de différentes sources disponibles (ADEME, 2011 ; MEDCIE, 2008 ; GIEC, 2007 ; Météo France dans le cadre du projet Explore 2070, 2012).

Débits secs sur 5 ans	-27.6 (4.6)	<b>-18.4 (3.1)</b>	17.9 (17.4)
<b>Etang de Thau</b>			
Débits moyens annuels	-45.0 (5.7)	<b>-21.3 (12.3)</b>	-1.5 (6.9)
Débits secs sur 5 ans	-46.8 (14.2)	<b>-32.8 (16.3)</b>	2.3 (14.0)
<b>Etang de Bages-Sigean</b>			
Débits moyens annuels	-44.7 (5.9)	<b>-29.0 (4.4)</b>	-12.3 (2.1)
Débits secs sur 5 ans	-44.0 (12.5)	<b>-29.7 (12.5)</b>	-5.3 (2.1)
<b>Etang de Canet</b>			
Débits moyens annuels	-39.0	<b>-16.0</b>	3.0
Débits secs sur 5 ans	-34.0	<b>-27.0</b>	13.0
<b>La grande Maire</b>			
Débits moyens annuels	-39.0	<b>-16.0</b>	3.0
Débits secs sur 5 ans	-34.0	<b>-27.0</b>	13.0

**Tableau 6.3.6** Moyenne des deltas entre présent et futur pour les débits moyens annuels et les débits secs sur 5 ans (évolution en % des débits actuels moyens annuels<sup>141</sup> et secs sur 5 ans<sup>142</sup>) concernant les cours d'eau présents sur la zone ou aux abords de ces zones. Les valeurs présentées correspondent à la moyenne des deltas minimas (min), médians (med) et maximas (max) projetés pour chacune des stations hydrologiques étudiées sur la base d'un modèle hydrologique.

### 6.3.2.3. PROCESSUS DE COMBLEMENT

Les lagunes subissent naturellement un processus de comblement. Ce phénomène pourrait être accentué par le changement climatique à l'origine d'une augmentation des apports terrigènes (événements extrêmes favorisant la dégradation des sols, incendie de forêt, etc.) et biogènes (eutrophisation, accroissement de la température). Le degré de comblement et le taux de sédimentation des différents étangs doivent être pris en compte dans l'analyse de vulnérabilité puisqu'ils sont en mesure de compenser l'effet d'une augmentation du niveau de la mer.

Un certain nombre d'études ont déjà été menées sur les lagunes du Languedoc-Roussillon et une synthèse bibliographique a été produite en 2008 (Castaings, 2008)<sup>143</sup>. Ces travaux ont permis d'établir un diagnostic de tendances concernant l'échéance de comblement de certains étangs (Tableau 6.3.7).

	L'étang de Mauguio	La lagune de Thau	Les étangs de la Narbonnaise	Etang de Canet
Comblement (an)	<b>600</b>	<b>3000</b>	<b>700</b>	<b>20</b>

**Tableau 6.3.7** Estimation des durées de comblement des étangs de Mauguio, de Thau, des étangs de la Narbonnaise et de Canet (Girard, 1992 tiré de Castaings, 2008).

L'étang de Canet est sans nul doute le plus vulnérable vis-à-vis du phénomène de comblement puisqu'il pourrait être amené à disparaître en moins de 20 ans. La réduction des débits des affluents, l'augmentation de la fréquence des pluies intenses pourraient encore accélérer ce processus. Aucune donnée n'a pu être obtenue dans le cas de la grande Maire. Néanmoins, la faible profondeur de cet étang, les apports terrigènes importants, ainsi que l'ouverture irrégulière du grau naturel laissent à penser que la vitesse de comblement de cet étang sera relativement rapide, au même titre que l'étang de Canet. L'élévation du niveau de la mer devrait uniquement ralentir ce phénomène de comblement.

A l'inverse, la durée de vie de l'étang de Mauguio, de la lagune de Thau et des étangs de la Narbonnaise est élevée. Les taux de sédimentation sont relativement faibles au regard de la superficie des lagunes et de leur profondeur (notamment Thau) et pourraient donc ne pas compenser l'élévation du niveau de la mer. Notons néanmoins que les étangs d'Ayrolles et de Campagnol du complexe de la Narbonnaise pourraient subir un comblement relativement important (Kufhuss *et al.* 2011<sup>144</sup>).

<sup>141</sup> Moyennes interannuelles calculées à partir des données disponibles dans la banque HYDRO entre le 1er août 1962 et le 31 juillet 1991.

<sup>142</sup> Débits annuels de fréquence de non dépassement 0,2 de la loi log-normale ajustée sur les échantillons de données disponibles dans la banque HYDRO entre le 1er août 1962 et le 31 juillet 1991.

<sup>143</sup> Castaings J 2008 Etat de l'art des connaissances du phénomène de comblement des milieux lagunaires. Rapport de phase 1 – Réseau de suivi lagunaire.

<sup>144</sup> Kuhfuss L, Sourisseau E, Rey-Valette H. 2011 Evaluation des enjeux et dommages résultants de la submersion marine : le cas des zones humides et des lagunes en Languedoc Roussillon. Projet ANR MISEEVA Vulnérabilité sociale économique et environnementale de la zone côtière à l'aléa de submersion marine dans le cadre du changement global. 136 p.

Dans la partie suivante, nous sommes attachés à prendre en compte l'ensemble des éléments disponibles (projection climatiques, hydrologiques, scénario de comblement, pressions anthropiques, etc.) afin d'évaluer la vulnérabilité des différentes zones humides vis-à-vis de la menace de submersion marine.

**Il doit néanmoins être souligné que le problème de comblement reste également une menace forte pour certains de ces systèmes car il entraîne des changements importants en termes de dynamique des communautés végétales et animales. Ainsi, un faible niveau de vulnérabilité vis-à-vis d'une remontée du niveau marin ne signifie pas pour autant le maintien des communautés végétales et animales actuelles.**

### **6.3.3. VULNÉRABILITÉ DES ZONES HUMIDES**

#### *L'étang de Mauguio*

L'étang de Mauguio est séparé de la mer méditerranéenne par un mince lido sableux en grande partie occupée par les constructions balnéaires de Carnon à l'ouest et de la Grande-Motte à l'est. La seule communication de l'étang avec la mer se fait au niveau du grau de Carnon. La lagune est alimentée en eau douce par différents cours d'eau dont les plus importants sont situés à l'extrémité est. La problématique de comblement est présente sur la zone du fait d'apports terrigènes importants (cours d'eau et canal de Lunel) et d'une forte production biologique (cascaill). Cependant, au vu de la vaste étendue de l'étang, le risque est mesuré.

Les projections climatiques indiquent une augmentation de l'évapotranspiration modérée comparativement aux zones humides étudiées dans le cadre de cette étude (12% [+8.1, 18.7%]). De manière similaire, les précipitations devraient subir une réduction relativement réduite (entre -14% et +3.3% par rapport aux précipitations actuelles). La réduction des débits moyens annuels et des débits secs sur 5 ans suivent des tendances similaires. Les cartes de submersion indiquent un risque faible vis-à-vis du recouvrement par la mer. Ce risque est cependant plus élevé dans les cas des menaces de submersion temporaire, puisque plus de 60% de la superficie de la zone (hors surface en eau) pourrait être touchée lors des tempêtes. En outre, le lido est soumis à un double risque : risque de submersion marin par rupture du cordon dunaire et risque d'érosion littorale. Une étude menée par SOGREAH (2003)<sup>145</sup> a montré que le littoral au niveau du Petit Travers avait reculé de 30 m entre 1992 et 2002. Tendances qui devraient se poursuivre dans les années à venir. Les étangs Palavasiens en connexion avec l'étang de Mauguio sont également considérés comme particulièrement vulnérables au phénomène d'érosion-submersion (Durand et Heurtefeux, 2006<sup>146</sup>). Le lido au niveau des étangs de Pierre Blanche et Vic pourrait subir des pertes en surface non négligeables (estimés à 15 ha) sur sa face interne. Parallèlement, il reculerait sur lui-même de plusieurs dizaines de mètres.

L'ensemble de ces éléments soulignent donc clairement une vulnérabilité élevée du lido séparant les étangs Palavasiens de la mer, notamment lors de fortes tempêtes. Les conséquences sont difficiles à évaluer car elles peuvent aboutir à (1) la maritimisation de la lagune via l'ouverture de graus sur le lido mais n'entraînant qu'une submersion limitée des habitats terrestres ou à l'inverse (superficie submergée de manière permanente réduite du fait de la topographie de la zone) (2) le roulement du lido vers l'intérieur des terres renforçant le phénomène de comblement (en absence d'aménagements en « dur »). Ce dernier scénario est néanmoins peu probable car le recul du lido est généralement accompagné d'un phénomène de fragmentation (apparition d'îles barrières reliée aux étangs situés en arrière par des graus permanents) (Durand et Heurtefeux, 2006).

Ainsi, en dépit des incertitudes fortes quant à l'évolution de cet étang, deux tendances peuvent être soulignées :

- (1) Un accroissement du niveau de salinité des eaux (maritimisation du fait d'une forte vulnérabilité du lido) et des sols (lié à la remontée du biseau salé et aux phénomènes de submersion temporaire lors des tempêtes) favorisant les habitats naturels dominés par des espèces halophiles ;

<sup>145</sup> SOGREAH 2003 Etudes générales pour la protection et l'aménagement du Golfe d'Aigues-Mortes.

<sup>146</sup> Durand P, Heurtefeux H. 2006 Impact de l'élévation du niveau marin sur l'évolution future d'un cordon littoral lagunaire : une méthode d'évaluation. Exemple des étangs de Vic et de Pierre Blanche (littoral méditerranéen, France). Zeitschrift Fur Geomorphologie. 221-244.

- (2) Une perte de surface terrestre limitée en réponse à l'élévation passive du niveau marin (scénario A1b, élévation de 50 cm) du fait de la topographie de la zone.

**Sur la base de ces éléments et en dépit d'un niveau de sensibilité limité (Tableau 6.3.2), le niveau de vulnérabilité de l'étang de Mauguio est considéré comme modéré à fort.** Notons néanmoins que des incertitudes importantes demeurent concernant les projections climatiques et hydrologiques.

Etant donné les enjeux socioéconomiques forts régnant sur le pourtour de l'étang de Mauguio, de nombreux aménagements ont été mis en place depuis une cinquantaine d'années. On dénombre plus d'une trentaine d'ouvrages de protection « durs » (épis, brise-lames, digues) sur le littoral de Palavas et une vingtaine à Carnon limitant localement le transit sans pour autant enrayer l'érosion. D'autres mesures plus adaptées ont été mises en œuvre en 2008 incluant le dragage et le rechargement des plages, l'aménagement du cordon dunaire au petit-travers et l'allongement d'un brise-lame à Carnon. Enfin le Contrat Plan Etat de la Région Languedoc-Roussillon 2007 – 2013 prévoit une liste de mesures à mettre en œuvre tenant compte des risques d'érosion-submersion du lido à différents horizons temporels. Ces mesures prévoient la suppression de la circulation motorisée en arrière de la plage, l'aménagement du stationnement et de manière générale la renaturation du site. Des mesures d'adaptation sont donc d'ores et déjà mises en œuvre et s'inscrivent dans le cadre d'une stratégie de recul.

### *La lagune de Thau*

---

L'étang de Thau est alimenté par une dizaine de cours d'eau, par des résurgences karstiques, notamment celle de la Vise, et par les entrées maritimes au niveau de différents graus et canaux. D'une profondeur importante, cet étang subit un taux de sédimentation relativement réduit du fait d'apports terrigènes limités à l'exception de la crique de l'angle où les apports sont plus importants. Les menaces de comblement sont donc faibles à l'inverse des étangs Palavasiens situés plus à l'est.

Selon le scénario A1b, les projections climatiques indiquent à l'horizon 2070 une réduction des précipitations de l'ordre de 8% par rapport aux précipitations actuelles [-20.8%, +0.3%] tandis que l'évapotranspiration pourrait augmenter de 12%. En ce qui concerne les débits moyens annuels, une réduction de l'ordre de 20% [-45% - -12%] est prédite par les modèles. Cette réduction serait encore plus marquée dans le cas des débits secs sur 5 ans (réduction d'environ 30%). Les valeurs obtenues sont similaires lorsque l'on se concentre uniquement sur le ruisseau de Pallas, un des affluents directs de l'étang de Thau. Concernant les risques liés à l'élévation du niveau de la mer, ceux-ci sont relativement élevés puisque plus de 6% de la superficie (hors surface en eau) seraient submergés de manière permanente, et 34% de manière ponctuelle lors de tempêtes. Cette élévation du niveau marin entraînerait donc une extension de la surface de la lagune par immersion des bordures les plus basses provoquant l'apparition de nouvelles zones peu profondes. En outre, certaines communautés végétales devraient évoluer vers des groupements plus halophiles.

Le lido, comme dans le cas des étangs Palavasiens, est le lieu d'importants phénomènes d'érosion-submersion. L'érosion de la plage a été évaluée à 45 ha pour la période allant de 1953 à 2000<sup>147</sup>, essentiellement au nord près de Sète et au sud près de Marseillan. Actuellement, la superficie de cette bande de sable diminue en moyenne de 1 ha tous les ans (érosion d'un mètre en moyenne jusqu'à cinq mètres par endroit)<sup>148</sup>. L'option du recul stratégique s'est imposée comme la seule solution susceptible de préserver durablement le littoral et les activités prenant place sur le Lido (recul de la route littorale en arrière du cordon dunaire). D'autres mesures comme le remblaiement des plages sont également largement utilisées.

Les tendances observées sont donc doubles :

- (1) La réduction des débits des cours d'eau du bassin versant associée à l'élévation passive du niveau marin devraient entraîner la maritimisation de la lagune. Ce point doit néanmoins être nuancé car

---

<sup>147</sup> Préfecture de région Languedoc-Roussillon 2008 Étude sur le changement climatique en Languedoc-Roussillon. Quelles conséquences économiques et sociales Rapport final 10-2008.

<sup>148</sup> Préfecture de région Languedoc-Roussillon 2008 Étude sur le changement climatique en Languedoc-Roussillon. Quelles conséquences économiques et sociales Rapport final 10-2008.

certain auteurs soulignent que pour une lagune de cette taille, l'impact de la submersion sur la salinité devrait rester limité (Carreno *et al.*, 2007<sup>149</sup>) ;

- (2) L'élévation du niveau marin devrait entraîner la disparition d'une superficie relativement élevée d'habitats naturels terrestres par immersion des bordures de l'étang mais également du fait de l'amincissement progressif du lido. Ce processus pourrait par ailleurs être accentué par la présence d'aménagements sur le lido empêchant le dépôt de sédiments du coté intérieur du lido et donc sa migration.

En outre, l'augmentation de la température des eaux pourraient favoriser l'eutrophisation et donc l'apparition de plus en plus fréquente de phénomènes de malaïgues menaçant la faune et la flore aquatique ainsi que certaines activités économiques (conchyliculture et pêche professionnelle).

**Sur la base de ces éléments et compte-tenu du fait que 19.5% et 10% des habitats naturels présentent une sensibilité élevée à la salinisation des sols et à la submersion temporaire, le niveau de vulnérabilité de la lagune de Thau est considéré comme modéré à fort.** Notons néanmoins que des incertitudes importantes demeurent concernant les projections climatiques et hydrologiques.

Un certain nombre de mesures ont d'ores et déjà été mises en œuvre dans l'objectif de combattre les phénomènes d'érosion-submersion au niveau du lido (voir ci-dessus). Elles incluent le recul de la route en amont des dunes, le rechargement des plages en sable et la mise en place de ganivelles, de drains de plage et d'ouvrages atténuateur de houle. D'autres mesures peuvent être préconisées dans le sens des directives actuelles et concernent notamment la lutte contre l'eutrophisation.

### *Les étangs de la Narbonnaise*

---

Le complexe lagunaire de la Narbonnaise regroupe les étangs de Bages-Sigean, Gruissan, Campagnol et de l'Ayrolles. Le réseau hydrographique qui participe à l'alimentation de ces étangs draine un bassin versant dont la superficie totale est de 550 km<sup>2</sup>. Excepté Gruissan et Campagnol, le confinement de ces étangs est relativement limité et le temps de renouvellement des eaux court. Les apports terrigènes se sont restreints depuis l'arrêt des apports de l'Aude, bien que la Berre draine encore des flux importants de sédiments. Les apports marins sont négligeables, l'orientation des étangs favorisant même l'évacuation des sédiments par les graus lors des épisodes de tramontane. Néanmoins la forte production biologique tend à accroître le taux de sédimentation d'origine biogène. Ainsi, contrairement à l'étang de Canet ou de la grande Maïre, ce chapelet d'étangs n'évolue que lentement vers le comblement.

Les projections climatiques indiquent une réduction moyenne des précipitations de 14% comparativement aux précipitations actuelles et une augmentation de l'évapotranspiration d'environ 12%. La diminution des débits des cours d'eau proche du complexe apparait relativement importante en comparaison avec les autres lagunes. Au niveau de la Berre, il est attendu une réduction annuelle de 32% des débits [- 49% - -14%] notamment durant l'automne. Les débits secs sur 5 ans subiraient quant à eux une réduction de l'ordre de 42% selon le scénario A1b [-57% - -6%]. Enfin les cartes de submersion indiquent que plus de 7% de la superficie de la zone pourrait être submergée à l'horizon 2070 de manière permanente (pour une augmentation de 50 cm du niveau de la mer, scénario A1b) et 30% de manière temporaire. L'exposition à la menace de submersion est donc relativement élevée. Néanmoins, dans le cas des étangs de Gruissan, Ayrolle et Campagnol, il est peu probable que cette élévation permette de compenser le processus de comblement<sup>150</sup>.

**Ceci associé à une sensibilité faible des habitats naturels humides à la salinisation des sols (15% de la superficie des étangs) et à la submersion temporaire (0.7% de la superficie), le niveau de vulnérabilité du complexe de la Narbonnaise est donc considéré comme modéré. Seuls les habitats terrestres situés sur le pourtour des étangs de Bages-Sigean pourraient être affectés (transition vers des habitats halophiles et/ou submersion).** Notons cependant que l'augmentation de la température des eaux contribuera à accroître les problèmes liés à l'eutrophisation. L'ensemble des mesures actuellement

---

<sup>149</sup> Carreno M, Belair C, Romani M 2008 Répondre à l'élévation du niveau de la mer en Languedoc-Roussillon. La lettre des lagunes, hors série 1.

<sup>150</sup> Kuhfuss L, Sourisseau E, Rey-Valette H. 2011 Evaluation des enjeux et dommages résultants de la submersion marine : le cas des zone humides et des lagunes en Languedoc Roussillon. Projet ANR MISEEVA Vulnérabilité sociale économique et environnementale de la zone côtière à l'aléa de submersion marine dans le cadre du changement global. 136 p.

mises en œuvre font cependant espérer une forte amélioration de la qualité des eaux dans quelques années<sup>151</sup>.

### *L'étang de Canet*

---

L'étang de Canet, d'une surface de 630 ha et d'une hauteur moyenne de 40 cm est aujourd'hui en fin de comblement. Le Réart, le principal affluent, est responsable d'un apport important de matériaux terrigènes qui s'accumulent dans la lagune du fait d'échanges limités avec la mer au niveau du grau des basses.

Les projections climatiques et hydrologiques soulignent une augmentation du phénomène d'évapotranspiration (11% en moyenne [+7% - +18%] selon le scénario A1b), une réduction des précipitations (moyenne de -9% [-17% - +1%]) et des débits moyens annuels des cours d'eau dans la zone considérée (-16% [-39% - +3%]). Ces facteurs, associée à l'augmentation de la fréquence d'événements pluvieux intenses pourraient favoriser (1) la réduction du niveau d'eau et (2) l'apport de matériaux terrigènes accélérant le comblement de l'étang. Les cartes de projection de submersion marine (50 cm, selon le scénario A1b) indiquent quant à elles une exposition nulle aux phénomènes de submersion permanente et une exposition moyenne aux phénomènes de submersion temporaire (47% de la superficie hors surface en eau). La surféquentation de la zone s'est par ailleurs traduite ces dernières années par une fragilisation des milieux conduisant à l'accélération de l'érosion du lido (route D81a, aires de stationnement, accès non maîtrisés aux plages et aux berges de l'étang) et potentiellement à l'ouverture de brèches. Le Contrat Plan Etat de la Région Languedoc-Roussillon 2007 – 2013 a engagé des travaux de réhabilitation (restauration du cordon dunaire, rationalisation des cheminements piétons, aménagement du stationnement et des déplacements par mode doux).

Ainsi, il faut donc retenir :

- Un risque de submersion temporaire élevé et la fragilisation du lido. Ce phénomène devrait cependant se stabiliser du fait des mesures de restauration en cours ;
- Une vitesse de comblement difficilement compensable par la hausse du niveau marin. Il demeure néanmoins difficile d'évaluer l'impact du changement climatique sur le transport de matériaux terrigènes et donc sur la vitesse de comblement (accélération du fait d'événements pluvieux intenses par exemple ou ralentissement en lien avec une diminution des débits des cours d'eau ?).

Ainsi, bien que le niveau de sensibilité agrégé de la zone aux différentes menaces étudiées soit élevé par rapport aux autres zones humides (33% de la superficie sensible à l'augmentation de la salinité des sols, 29% à la submersion temporaire), l'exposition de l'étang de Canet aux menaces de salinisation des sols ou de submersion reste faible. **Le niveau de vulnérabilité est donc considéré comme faible à modéré.** L'élévation du niveau marin permettra seulement de ralentir le processus de comblement<sup>152</sup> comme souligné par Castaings (2008)<sup>153</sup> et Schmittner (1996)<sup>154</sup>.

Notons néanmoins que ce phénomène entrainera très certainement un changement dans la structuration des communautés végétales et animales (transformation d'une lagune en marais avec probablement une forte colonisation par les roselières).

### *La grande Maire*

---

D'une superficie de 50 ha et d'une profondeur moyenne de 0.7 m, la grande Maire est tout comme l'étang de Canet un système en voie de comblement. Le bassin versant n'est constitué que de petits cours d'eau et de canaux qui alimentent l'étang. Un seul grau, en partie géré de façon mécanique, permet les échanges avec la mer.

---

<sup>151</sup> Contrat pour les étangs du Narbonnais. 2010 Bilan et évaluation 2005-2009. L'équipe du Parc naturel régional de la Narbonnaise en Méditerranée

<sup>152</sup> Evaluation de différents scénarios de comblement selon différentes hauteurs de surcôte (+0.5, +1, +1.5m NGF)

<sup>153</sup> Castaings J. 2008 Etat de l'art des connaissances du phénomène de comblement des milieux lagunaires. Rapport de phase 1 – Réseau de suivi lagunaire.

<sup>154</sup> Schmittner KE. 1996 Scénarios de comblement de l'étang de Canet-St Nazaire - Laboratoire de Sédimentologie et Géochimie Marine de Perpignan, Centre d'Etudes de Projets et Centre Régional de la Productivité et des Études Économiques de l'Université de Montpellier 1. 30p.



Les projections climatiques et hydrologiques soulignent une augmentation du phénomène d'évapotranspiration (11% en moyenne [+7% - +18%]), une réduction des précipitations (moyenne de -9% [-17% - +1%]) et des débits moyens annuels des cours d'eau environnants (-16% [-39% - +3%]). L'exposition à la submersion temporaire et permanente est très limitée (26% et 0% de la superficie totale respectivement hors surface en eau). Les dunes situées sur le lido semblent par ailleurs assurer une protection suffisante limitant les risques de recouvrement des terres<sup>155</sup>. Néanmoins, deux zones d'intrusion potentielle ont été identifiées lors de l'élaboration du plan local d'urbanisme de la commune de Portiragnes<sup>156</sup>.

**La sensibilité des habitats naturels humides aux différentes menaces étant par ailleurs relativement limitée (Tableau 6.3.2), la vulnérabilité de cette zone à la submersion marine est considérée comme faible.** Néanmoins les risques de comblement demeurent importants entraînant potentiellement dans l'avenir une modification des milieux naturels humides.

---

<sup>155</sup> Etat des lieux de la commune de Portiragnes. 2010. Première partie du diagnostic communal en vue de la mise en œuvre d'un Agenda 21 local.

<sup>156</sup> Adele SFI 2009. Plan local d'urbanisme commune de Portiragnes. Rapport de présentation. Nîmes. ADELE SFI.

## 7. DISCUSSION GÉNÉRALE ET PROPOSITION DE MESURES D'ADAPTATION

### 7.1. INCERTITUDES LIEES AUX RÉSULTATS DE CETTE ÉTUDE

L'ensemble de ces résultats sont assortis d'un niveau d'incertitudes élevées à prendre en compte lors de l'interprétation des résultats. Ces incertitudes sont présentées dans le tableau ci-dessous (Tableau 7.1.1).

<b>Incertitudes liées à la construction des indices de sensibilité</b>		<b>Niveau</b>
<b>Elaboration des indices de sensibilité</b>	Biais liés à la subjectivité des experts auditionnés. Une étude comparative a néanmoins été réalisée afin de vérifier que pour un même milieu (mais situé dans des zones humides différentes) le niveau de sensibilité était similaire.	Faible
<b>Données de répartition des habitats</b>	Dans le cas de la Brenne, la Sologne et la vallée alluviale du Rhin-Ried-Bruch, seules les données fournies sur le site de l'INPN ( <a href="http://www.natura2000.fr/">http://www.natura2000.fr/</a> ) ont pu être utilisées. Ces données sont très peu précises. A noter que dans le cas de la Dombes, aucune donnée sur la répartition des habitats terrestres et humides n'a pu être obtenue.	Fort
<b>Cartographie des habitats</b>	Selon les sites Natura 2000, la qualité et le niveau de précision des éléments cartographiques diffèrent fortement. Nous avons néanmoins tenté au maximum d'homogénéiser et corriger les éventuelles erreurs. Notons par ailleurs que les sites Natura 2000 de la Dombes, de la Brenne, de la Sologne et du Rhin-Ried-Bruch n'ont pas été cartographiés lors de l'élaboration des DOCOB. Les données ne sont donc pas disponibles.	Moyen
<b>Incertitudes liées à l'évaluation des niveaux d'exposition</b>		
<b>Identification et prise en compte des différentes menaces climatiques</b>	L'ensemble des menaces climatiques n'ont pu être prises en compte dans le cadre de cette étude. L'impact d'une augmentation des températures de l'air et de l'eau n'a pas été abordé bien que ces variables puissent avoir un effet significatif sur le fonctionnement des écosystèmes. Similairement, dans le cas des Barthes de l'Adour, seule la réduction des débits des eaux de surface a été évaluée, bien que la diminution du niveau piézométrique puisse également avoir un impact sur la zone humide. Enfin, dans le cas des lagunes, les informations relatives à l'évolution des débits des affluents étaient limitées.	Fort
<b>Projections climatiques et hydrologiques</b>	Les projections climatiques et hydrologiques sont obtenues au moyen de modèles numériques, qui cherchent à simuler de la manière la plus réaliste possible les phénomènes et interactions complexes qui régissent le climat. Les résultats restent cependant entachés d'une forte incertitude, issue des forçages (scénarios d'émission), des imprécisions inhérentes aux calculs numériques, et de la prise en compte, toujours perfectible, par les modèles de certains mécanismes des systèmes climatiques et hydrologiques.	Fort
<b>Faible résolution des Modèles Numériques de Terrain</b>	Dans le cas des lagunes du Languedoc-Roussillon, les surfaces submergées ponctuellement ou de manière permanente ont été estimées sur la base du MNT issu de la BD TOPO® de l'IGN. La faible résolution de ce MNT (pixel de 50 m, résolution de 2 m au niveau altitudinal), associée aux erreurs de topographie, conduisent à des résultats qui ne semblent pas toujours en adéquation avec la réalité sur certains sites.	Fort
<b>Manque de connaissances</b>	Le fonctionnement des zones humides est généralement peu connu. Il est de fait difficile de déterminer l'importance des eaux souterraines vs.	Fort

<b>concernant le fonctionnement hydrologique des zones humides</b>	eaux de surface dans l'alimentation en eau des zones humides des vallées alluviales. Concernant les lagunes du Languedoc-Roussillon, l'importance des rivières dans l'alimentation en eau de la lagune reste difficile à déterminer (rôle important vis à vis de la salinité de l'eau), de même en ce qui concerne la dynamique naturelle de l'étang (comblement versus océanification). Ces éléments limitent la portée des résultats obtenus. Seule une étude plus précise réalisée pour chacune des zones humides permettra de valider les résultats présentés ici.	
<b>Incertitudes liées à l'importance de la gestion anthropique</b>		
<b>Interactions entre menace climatique et gestion anthropique</b>	La gestion anthropique actuelle et future modifiera la réponse des différentes zones humides au changement climatique. Ces interactions ont été prises en compte dans l'analyse de vulnérabilité mais leur évolution demeure difficile à appréhender.	Modéré
<b>Incertitudes liées à l'analyse de vulnérabilité et du coût environnemental des services écosystémiques</b>		
<b>Evaluation des services écosystémiques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les données recueillies concernent généralement les services d'approvisionnement. Les services de régulation et socioculturels sont plus difficiles à quantifier, entraînant un biais dans l'analyse comparative ;</li> <li>- Un certain nombre de services n'ont pu être quantifiés par manque de données disponibles. La valeur d'usage totale des services rendus par chacune des zones humides est donc largement sous-estimée ;</li> <li>- Les valeurs de non usage n'ont pas été évaluées entraînant là également une sous-estimation de la valeur des services rendus par les différentes zones humides.</li> </ul>	Fort

**Tableau 7.1.1** Présentation des sources d'incertitudes associées aux résultats présentés dans cette étude.

## **7.2. ANALYSE DE VULNERABILITE**

Dans le cadre de cette étude, trois catégories de zones humides ont été distinguées sur la base de leur fonctionnement hydrologique (nomenclature ONZH) :

- ▶ Les zones humides des plaines intérieures caractérisées par un régime pluvial ;
- ▶ Les zones humides des vallées alluviales de type nival, pluvio-nival, ou pluvial océanique ;
- ▶ Les zones humides du littoral méditerranéen.

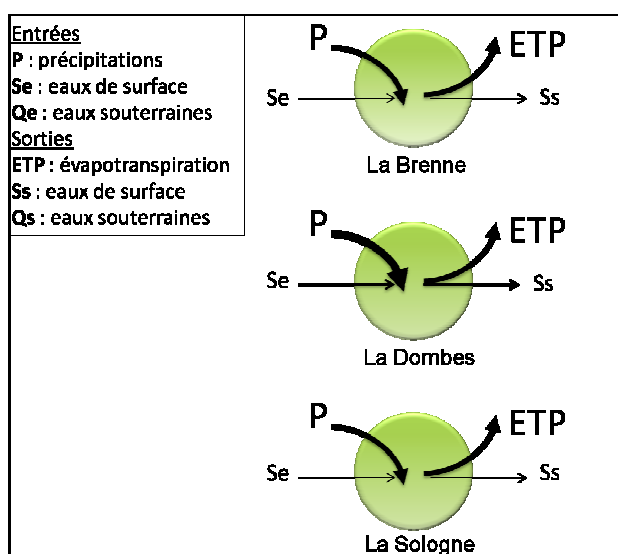
Les résultats de cette étude ont mis en exergue des variations importantes en termes de réponse au changement climatique. La présence d'habitats naturels plus ou moins sensibles, des niveaux d'exposition hétérogènes ou encore la présence d'aménagements hydrauliques et/ou d'ouvrages régulateurs expliquent les variations observées entre les différentes zones humides. Néanmoins, des tendances générales ont pu être identifiées au sein de chacune des catégories.

**Dans le cadre de cette étude, une approche comparative entre zones humides d'importance nationale a été favorisée. Certaines devraient être peu impactées par rapport aux autres, mais une comparaison avec des milieux plus secs les positionnerait de manière certaine comme particulièrement sensibles à une augmentation de l'évapotranspiration ou à une diminution des précipitations. En outre, les zones humides de taille plus restreinte ou situées en tête de bassin versant devraient sans aucun doute présenter des niveaux de vulnérabilité encore plus marqués que celles étudiées dans le cadre de ce projet.**

## 7.2.1. LES ZONES HUMIDES DES PLAINES INTERIEURES

La Dombes, la Brenne et la Sologne présentent des caractéristiques hydrologiques, écologiques et socio-économiques relativement similaires. Anciens marécages, les étangs ont généralement été construits par l'homme soit pour développer la pisciculture soit pour limiter les risques de maladie en lien avec la prolifération de moustiques. En Dombes, la pisciculture a été directement associée à l'agriculture céréalière à travers la mise en place des cycles d'assecs et d'évolage.

Aujourd'hui, la dynamique de ces systèmes tend à diverger : les plans d'eau en Brenne et en Sologne se multiplient en raison de l'attrait cynégétique de ces zones. Cette mutation dans l'usage des sols se fait au dépend des terres agricoles. A l'inverse, la problématique des cormorans en Dombes favorise le développement d'une agriculture intensive entraînant l'assèchement progressif des plans d'eau.



**Fig. 7.2.1** Régime hydrologique de la Brenne, la Dombes et la Sologne (modifié d'après Lent *et al.*, et Poinso, 2002<sup>157</sup>).

caractéristiques l'exposant tout particulièrement au changement climatique. La connexion des étangs au réseau hydrographique accentuera probablement la vulnérabilité des milieux d'eau courante en aval des bassins. Des étiages sévères sont d'ailleurs d'ores et déjà observés sur certains cours d'eau durant la période estivale. Les différents usages très développés sur le territoire (piscicultures, agriculture) accentueront les phénomènes d'eutrophisation en lien avec la réduction de la lame d'eau. En outre, le contexte socio-économique de la zone (grande diversité d'usages), entrainera probablement des difficultés importantes dans la mise en œuvre des mesures d'adaptation.

Le contexte socio-économique de la Brenne est relativement proche puisque la pisciculture y est fortement développée (risque d'eutrophisation). Néanmoins, la quasi-absence de connexion avec le réseau hydrographique, une activité économique en perte de vitesse (pisciculture) au profit des activités cynégétiques limitent la vulnérabilité de cette zone. En Sologne, une proportion plus importante d'étangs est connectée au réseau hydrographique, néanmoins, les problématiques d'eutrophisation sont moindres car les activités piscicoles ou agricoles ont peu à peu laissé la place aux activités cynégétiques moins polluantes.

L'ensemble des habitats naturels humides excepté ceux associés aux dépôts d'alluvions

<sup>157</sup> Poinso C. 2002 Fonctionnement hydrologique de zone shumides du bassin de la Seine : Conception d'une méthode de suivi et d'évaluation de l'impact des politiques publiques. Thèse du Museum National d'Histoire Naturelle. 542 p.

Lent R.M., Weiskel P.K., Lyford F.P., Armstrong D.S. 1997. Hydrologic indices for nontidal wetlands. *Wetland* 17(1) :19 - 30.

fluviatiles limoneuses seront affectés par un assèchement progressif des sols du fait de l'incapacité des espèces végétales en place à tolérer une diminution de l'hydromorphie sur des périodes prolongées. Selon le niveau de sensibilité et d'exposition des habitats, les groupements hygrophiles évolueront probablement vers des habitats méso à xérophiles engendrant des modifications importantes dans la structuration des communautés animales et dans la fonctionnalité des écosystèmes.

Dans le cadre de ce projet, les services écosystémiques ont été évalués uniquement en Dombes. Cependant, une étude publiée<sup>158</sup> récemment par Acteon et Ecovia a identifié l'ensemble des services écosystémiques rendus par les écosystèmes de la grande Brenne. L'analyse de vulnérabilité a donc porté sur ces deux zones humides (Tableau 7.2.1).

Les services d'approvisionnement en lien avec la pisciculture seront les premiers touchés, bien qu'une réduction de l'humidité des sols puisse également affecter la production agricole ou la production de bois (notamment la populiculture). Les services de régulation tels que l'autoépuration des eaux seront vulnérables si certaines espèces végétales venaient à disparaître (phragmitaies). Notons que ces habitats sont parmi les plus sensibles à l'assèchement. Les fonctions de soutien d'étiage sont dans le cas de la Brenne et de la Dombes d'ores et déjà mises à mal puisque les étangs tendent à accentuer les assècs durant la période estivale. Ce phénomène devrait s'accroître dans le futur. A l'inverse, les capacités de stockage des étangs augmentant (réduction du niveau d'eau moyen), les services d'écrêtage des crues devraient être favorisés. L'impact sur les services socioculturels reste difficile à évaluer mais il est probable que l'effet soit relativement limité excepté dans le cas de la chasse. Cette activité très prisée dans les trois régions étudiées pourrait être impactée si le changement climatique entraînait (1) une modification de la structure des communautés animales mais également végétales (en lien avec les zones de nidification) mais également (2) des changements dans le comportement migratoire des oiseaux d'eau.

La Dombes			La Brenne		
Services écosystémiques	Vulnérabilité	Coût	Services écosystémiques	Vulnérabilité	Coût
<b>Services d'approvisionnement</b>					
Aquaculture	Forte	Moyen	Aquaculture	Forte	Fort
Élevage terrestre	Faible	Faible	Élevage terrestre	Faible	Faible
Production agricole	Moyenne	Fort	Production agricole	Moyenne	Fort
Production de bois	Faible (excepté peupleraie)	Faible	-	-	-
<b>Services de régulation</b>					
Autoépuration des eaux	Forte	Fort	Autoépuration des eaux	Forte	NC
Ecrêtage des crues	Faible	NC	-	-	-
Soutien d'étiage	Forte	NC	-	-	-
Régulation du climat global	Faible	Faible	-	-	-
<b>Services socioculturels</b>					
Chasse de loisir	Moyenne	Fort	Chasse de loisir	Moyenne	Fort
Pêche de loisir	Faible	Faible	Pêche de loisir	Faible	Faible
Sports et loisirs de nature	Faible	Faible	Tourisme rural	Faible	Faible
Tourisme rural	Faible	Faible	Valeur scientifique	Faible	Faible
-	-	-	Valeur éducative	Faible	Faible
-	-	-	Valeur spirituelle	Faible	Faible

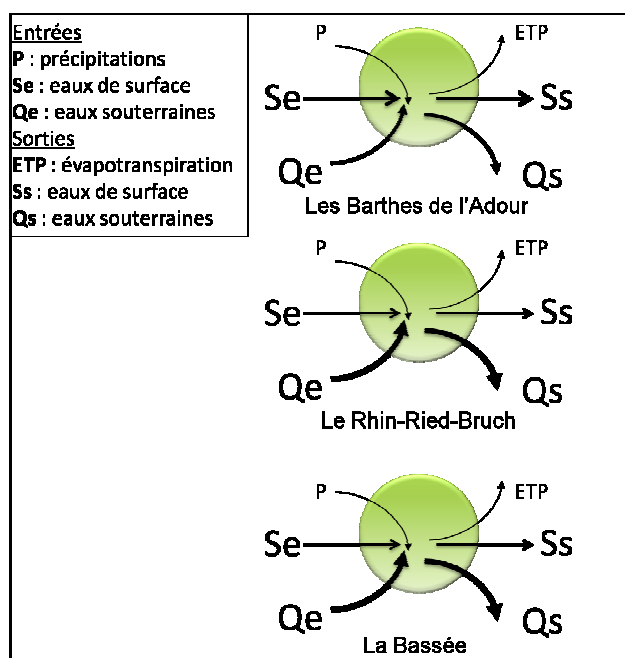
**Tableau 7.2.1** Vulnérabilité des services écosystémiques rendus par les étangs de la Dombes et de la Brenne vis-à-vis du changement climatique. Dans les deux cas, la liste des services telle que présentée ici n'est pas exhaustive. Certains services difficiles à appréhender et à quantifier n'ont pas été évalués en Brenne comme en

<sup>158</sup> Acteon, EcoVia 2012 Amélioration des connaissances sur les fonctions et usages des zones humides : le cas des étangs de la grande Brenne.

Dombes bien qu'ils puissent effectivement être présents sur ces sites (ex : pollinisation, régulation du climat global pour la Brenne). La liste des services concernant la Brenne est issue de l'étude réalisée par Actéon et EcoVia. L'analyse des coûts environnementaux s'est basée sur les valeurs d'usage et de non usage des services étudiés. NC : non estimé car service non évalué monétairement.

## 7.2.2. LES ZONES HUMIDES DE VALLÉES ALLUVIALES

A la différence des zones humides des plaines intérieures, les zones humides des vallées alluviales de type nival, pluvio-nival, ou pluvial océanique dépendent en premier lieu des échanges avec la nappe alluviale (eau souterraine, eau de surface) et en second lieu des apports météoriques. De ce point de vue, les vallées alluviales des Barthes de l'Adour, de la Bassée et du Rhin-Ried-Bruch présentent un fonctionnement similaire. Néanmoins, les aménagements hydrauliques, les pressions anthropiques et le régime climatique sont à l'origine de variations importantes dans leur réponse au changement climatique.



**Fig. 7.2.2** Régime hydrologique des vallées alluviales des Barthes de l'Adour, de la Bassée et du Rhin-Ried-Bruch (modifié d'après Lent *et al.*, et Poinot, 2002<sup>159</sup>).

Les résultats obtenus dans le cadre de ce travail indiquent un niveau de vulnérabilité faible pour la vallée alluviale du Rhin-Ried-Bruch, modéré pour la Bassée et élevée pour les Barthes de l'Adour.

En effet, les vallées alluviales de la Bassée et du Rhin-Ried-Bruch ne devraient subir qu'une réduction modérée des précipitations assorties d'un abattement limité de la nappe alluviale. La variation des débits devrait également être réduite d'autant plus que de nombreux ouvrages situés en amont imposent un marnage régulier et un débit minimum. La Bassée est néanmoins plus vulnérable que la vallée du Rhin-Ried-Bruch car les projets d'aménagement (mise en grand gabarit, casiers de surstockage) accentueront très probablement les effets du changement climatique.

Dans le cas des Barthes de l'Adour, la réduction très prononcée des précipitations et l'augmentation de l'évapotranspiration à l'horizon 2070 pourraient être à l'origine d'une diminution importante des débits des cours d'eau. Bien qu'aucune donnée ne permette d'informer sur l'évolution des nappes alluviales, l'évolution des eaux de

surface laisse présager une tendance similaire dans le cas des eaux souterraines. La présence de nombreux aménagements (digues, canaux, esteyes et barrages en amont) devrait permettre de limiter l'amplitude saisonnière du niveau de l'Adour et donc l'impact d'une réduction des débits sur les milieux humides. Néanmoins, l'augmentation de la demande en eau liée à la croissance démographique importante dans la région, viendra probablement aggraver le phénomène. Le niveau de

<sup>159</sup> Poinot C. 2002 Fonctionnement hydrologique de zone humides du bassin de la Seine : Conception d'une méthode de suivi et d'évaluation de l'impact des politiques publiques. Thèse du Museum National d'Histoire Naturelle. 542 p.  
Lent R.M., Weiskel P.K., Lyford F.P., Armstrong D.S. 1997. Hydrologic indices for nontidal wetlands. *Wetland* 17(1) : 19 - 30.

vulnérabilité de cette zone est donc considéré comme très fort.

De manière générale, l'ensemble des habitats naturels humides seront affectés par un assèchement progressif des sols excepté les forêts mixtes caducifoliées et les habitats associés aux dépôts d'alluvions fluviales limoneuses. Comme dans le cas des zones humides des plaines intérieures, les groupements hygrophiles évolueront probablement vers des habitats méso à xérophiles impactant les communautés animales et la fonctionnalité des écosystèmes.

Concernant les services écosystémiques, seule la zone alluviale de la Bassée a été étudiée. A notre connaissance, aucune étude n'a porté sur les zones humides du Rhin-Ried-Bruch ou sur les Barthes de l'Adour.

Les services écosystémiques qui devraient être impactés concernent principalement les cultures et le populiculture qui, sans une augmentation de l'irrigation, pourraient subir une réduction des rendements. Le service d'autoépuration des eaux pourrait également être affecté puisque les milieux les plus vulnérables à une réduction des niveaux d'eau concernent principalement les phragmitaies (voir Tableau 13 en annexe). La baisse des niveaux d'eau devrait également affecter le service de soutien d'étiage. Enfin, la chasse, activité très prisée dans la région, pourrait être compromise si les habitats humides refuges de nombreux oiseaux d'eau venaient à évoluer vers des groupements méso-xérophiles. Les autres services ne devraient qu'être faiblement impactés et parfois même favorisés comme par exemple le service d'écrêtage des crues. En effet, la lame d'eau s'abaissant, les surfaces permettant l'écrêtement des inondations devraient être accrues dans le futur.

Il est néanmoins important de noter que la vulnérabilité de cette zone humide reste modérée dans son ensemble et que les projets d'aménagement prévus sur ce territoire modifieront probablement le fonctionnement de la zone humide bien avant que les effets du changement climatique se fassent ressentir.

La vallée alluviale de la Bassée		
Services écosystémiques	Vulnérabilité	Coût
<b>Services d'approvisionnement</b>		
Production agricole	Moyenne	Moyen
Production de bois	Faible (excepté peupleraie)	Faible
<b>Services de régulation</b>		
Autoépuration des eaux	Moyenne	Fort
Ecrêtage des crues	Faible	Faible
Soutien d'étiage	Moyenne	NC
Régulation du climat global	Faible	Faible
<b>Services socioculturels</b>		
Chasse de loisir	Moyenne	Fort
Pêche de loisir	Faible	Faible
Sports et loisirs de nature	Faible	NC
Développement des savoirs éducatifs	Faible	NC

**Tableau 7.2.2** Vulnérabilité des services écosystémiques rendus par la Bassée vis-à-vis du changement climatique. La liste des services telle que présentée ici n'est pas exhaustive. Certains services difficiles à appréhender et à quantifier n'ont pas été évalués bien qu'ils puissent effectivement être présents sur la zone (ex : pollinisation). NC : non estimé car service non évalué monétairement.

### **7.2.3. LES LAGUNES DU LITTORAL MÉDITERRANÉEN**

Comme précisé en introduction, les lagunes sont des systèmes paraliques, c'est-à-dire en communication directe ou épisodique avec la mer. Peu profondes, elles sont séparées de la mer par un cordon littoral constitué de sédiments.

Leur évolution dépend de deux processus antagonistes :

- La remontée du niveau marin ;
- La vitesse de sédimentation dans le milieu.

L'augmentation du niveau de la mer pourrait progressivement accentuer l'érosion du lido, favoriser la submersion du cordon dunaire lors des tempêtes et élargir les graus entraînant une maritimisation des lagunes. A l'inverse, si la vitesse de transgression est inférieure à la vitesse de sédimentation, les systèmes lagunaires devraient tendre vers un confinement progressif. Les résultats obtenus sur les lagunes du Languedoc-Roussillon montrent une forte disparité vis-à-vis des vitesses de comblement, variant de quelques décennies (étang de Canet) à plusieurs millénaires (lagune de Thau). La prise en compte de ces éléments est indispensable puisque selon la vitesse de transgression marine, le changement climatique compensera ou non le comblement des lagunes.

Dans le cas de cette étude, deux tendances apparaissent clairement :

(1) La grande Maïre et l'étang de Canet devraient peu à peu se combler, processus qui ne sera que ralenti par le changement climatique. Cette évolution dépendra néanmoins de l'augmentation effective du niveau de la mer. En cas d'une élévation de 1 m, la vitesse de comblement pourrait être compensée par la transgression marine (Kuhfuss *et al.*, 2011<sup>160</sup>);

(2) Les lagunes de Mauguio, Thau et des étangs de la Narbonnaise (excepté les étangs de l'Ayrolle et de Campagnol) seront confrontées à un risque de maritimisation variable selon le fonctionnement hydrologique et la mise en place d'aménagements permettant de réduire les phénomènes d'érosion-submersion. L'élévation du niveau de la mer pourrait ainsi compenser les processus de comblement.

Les résultats obtenus dans cette étude indiquent donc un niveau de vulnérabilité faible pour l'étang de Canet et la grande Maïre vis à vis des menaces de submersion et un niveau de vulnérabilité modéré à fort pour l'étang de Mauguio, la lagune de Thau et les étangs de la Narbonnaise.

Dans le cas de l'étang de Canet et de la grande Maïre, les conséquences sur la biodiversité seront limitées. Notons néanmoins que le problème de comblement entraînera des changements importants vis-à-vis de la structuration des milieux naturels. Dans le cas des étangs de Mauguio, Thau et de la Narbonnaise, l'élévation du niveau marin devrait entraîner la disparition d'une superficie relativement élevée des bordures des lagunes mais également de fait de l'amincissement des lidos. Ce phénomène sera amplifié si aucune zone de recul n'est disponible ou si la présence d'aménagements sur le lido empêche le dépôt des sédiments du côté intérieur du lido. Ainsi les habitats naturels situés en bordure pourraient peu à peu être submergés, les autres devraient évoluer vers des groupements plus halophiles (cas des dunes, phragmitaies, prairies humides, eaux eutrophes). La migration des habitats telles que les phragmitaies, prairies humides dépendra de l'existence de zones de recul. Dans ce contexte, les conséquences du changement climatique sur les habitats naturels humides seront clairement fonction des choix d'adaptation (voir section suivante).

Les services écosystémiques n'ont été étudiés que dans le cas des étangs de Mauguio et de Thau. Ces résultats ont été enrichis d'une étude réalisée par Kuhfuss *et al.* (2011) portant sur l'ensemble des lagunes du Languedoc-Roussillon. Un certain nombre de services ne devraient pas être affectés par l'élévation du niveau de la mer. C'est le cas de la chasse de loisir. En effet, si la salinisation des terres peut entraîner la disparition des phragmitaies en absence de zones de recul, la submersion des berges pourrait engendrer une multiplication des points d'eau et serait donc favorable à l'installation d'espèces d'intérêt cynégétique (au détriment d'autres espèces comme les larolimicoles). Similairement, le tourisme de plaisance et les sports de nature ne devraient être que faiblement affectés puisque ni la salinisation des sols ni les phénomènes de submersion ne représentent un frein à la pratique de ces activités. Enfin la conchyliculture, la pêche professionnelle et de loisir

---

<sup>160</sup> Kuhfuss L, Sourisseau E, Rey-Valette H. 2011 Evaluation des enjeux et dommages résultants de la submersion marine: le cas des zone humides et des lagunes en Languedoc Roussillon. Projet ANR MISEEVA Vulnérabilité sociale économique et environnementale de la zone côtière à l'aléa de submersion marine dans le cadre du changement global. 136 p.



présentent également un niveau de vulnérabilité faible. La salinisation des eaux devrait même favoriser l'activité conchylicole car les coquillages apprécient des niveaux de salinité très importants (jusqu'à 35 g.l<sup>-1</sup>). En outre, l'augmentation du volume de la lagune pourrait constituer un atout en termes de production (allongement des cordes sur lesquelles sont fixés les coquillages). Concernant les pêcheries, on peut supposer que les adaptations naturelles des milieux permettront de conserver un gradient similaire de profondeur et de salinité (Kuhfuss *et al.*, 2011) permettant aux différentes espèces (anguilles, loups, daurades, soles) de se maintenir. Néanmoins, l'augmentation de la température des eaux, et donc des risques d'eutrophisation, pourraient à long-terme être fortement préjudiciable à ces activités à travers (1) l'apparition de plus en plus fréquente des malaïgues, (2) le développement des algues toxiques (dinoflagellés toxiques) et (3) la présence du virus herpès OsHV1 très nocif pour les juvéniles (huitres).

A l'inverse de nombreux services présentent un niveau de vulnérabilité élevé en réponse au changement climatique. L'élevage, pratiqué en majorité sur les berges nord et est de l'étang de Mauguio (prés salés, salicorniaies annuelles, prairies humides, fourrés halophiles) pourrait être ponctuellement pénalisé par une accessibilité réduite aux près lors des phénomènes de submersion temporaire. En outre, la salinisation progressive des sols pourrait réduire la capacité fourragère de ces terres (le déplacement des troupeaux sur d'autres terrains n'étant pas forcément possible). Il en est de même pour les surfaces cultivées présentes à la fois sur Mauguio (grandes culture, pâturage) et sur Thau (viticulture – domaine de Listel) dont l'augmentation de la salinité des sols pourrait compromettre les rendements futurs. Concernant les services de régulation, les services d'autoépuration des eaux dépendent en grande partie de l'évolution des roselières, habitats fortement vulnérables vis-à-vis de la remontée du biseau salé. Néanmoins, si des zones de recul sont envisageables, les phragmitaies devraient migrer vers des zones qui leur sont plus favorables. En outre, l'augmentation du volume de la lagune devrait favoriser les phénomènes de dilution des nutriments réduisant les besoins en termes d'autoépuration. Enfin, l'activité biologique des eaux de la lagune devrait demeurer et même être amplifiée du fait de l'augmentation de la température des eaux. Ce service est donc considéré comme moyennement vulnérable à la menace de submersion marine. Les activités touristiques devraient être également menacées par le changement climatique. En effet, les risques élevés de submersion temporaire au niveau des lidos du Petit et du Grand Travers et de Sète pourraient engendrer une régression de certains habitats ainsi que l'amincissement progressif du cordon dunaire. Notons néanmoins que le tourisme balnéaire contribue fortement à accroître la vulnérabilité des milieux dunaires (piétinement, dérangement, aménagement, etc.).

D'autres services ont été évalués dans le cadre de l'étude réalisée par Kuhfuss *et al.* (2011), incluant la qualité des eaux, la protection contre l'érosion, l'alimentation en eau, le rôle joué par les lagunes en tant que puits de carbone ou en tant que tampon thermique. Il semblerait que le service de régulation permettant l'évacuation des crues soit fortement vulnérable vis-à-vis des risques de submersion marine puisque, d'après leur calcul, les volumes supplémentaires dans les lagunes liés à l'élévation du niveau marin sont systématiquement supérieurs aux volumes issus des bassins versants en période de crue (Kuhfuss *et al.*, 2011).

L'étang de Mauguio			La lagune de Thau		
Services écosystémiques	Vulnérabilité	Coût	Services écosystémiques	Vulnérabilité	Coût
<b>Services d'approvisionnement</b>					
Elevage terrestre	Forte	Moyen	-	-	-
Production agricole	Forte	Fort	Production agricole	Forte	Fort
Pêche professionnelle	Faible	Faible	Pêche professionnelle	Faible	Faible
-	-	-	Conchyliculture	Faible	Faible
<b>Services de régulation</b>					
Autoépuration des eaux	Moyen	Faible	Autoépuration des eaux	Moyen	Faible

<b>Ecrêtage des crues</b>	-	-	<b>Ecrêtage des crues</b>	-	-
<b>Services socioculturels</b>					
<b>Chasse de loisir</b>	Moyen	Moyen	<b>Chasse de loisir</b>	Moyen	Fort
<b>Pêche de loisir</b>	Faible	Faible	<b>Pêche de loisir</b>	Faible	Faible
<b>Sports et loisirs de nature</b>	Faible	NC	<b>Sports et loisirs de nature</b>	Faible	Faible
<b>Tourisme balnéaire</b>	Fort	Fort	<b>Tourisme balnéaire</b>	Fort	Fort
-	-	-	<b>Tourisme de plaisance</b>	Faible	Faible

## **7.3. PROPOSITION DE MESURES D'ADAPTATION**

### **7.3.1. SYNTHÈSE**

Sous l'effet du changement climatique, les réductions des débits, l'augmentation de l'évapotranspiration, les événements météorologiques extrêmes ou encore l'élévation du niveau des mers risquent de s'aggraver entraînant une détérioration des infrastructures et une dégradation des ressources naturelles indispensables au maintien des processus écosystémiques et services associés. Il est donc capital de s'adapter aux incidences du changement climatique. Comme souligné par l'OCDE<sup>161</sup>, il ne s'agit pas que d'un problème d'environnement mais d'une question qui concerne aussi les dimensions économiques et sociales du développement durable. Même si de nombreuses activités de développement contribuent à réduire la vulnérabilité aux divers effets du changement climatique, dans certains cas, elles risquent de l'accroître. Les risques suscités par le changement climatiques devront donc être pris en considération systématiquement dans la planification du développement à tous les niveaux, de manière à y intégrer des mesures d'adaptations.

Actuellement, les infrastructures et les capacités de rétention d'eau sont très peu développées dans la plupart des régions et entraînent généralement des pertes économiques importantes dans le cas d'événements extrêmes (inondation/sécheresse). Par ailleurs, la croissance démographique et les changements d'utilisation des terres qui lui sont inhérents altèrent l'hydrologie, la biodiversité et les multiples services écosystémiques associés. En réponse à ces pressions, de nouveaux réseaux se mettent en place à une échelle locale et régionale afin de faire émerger de nouveaux modes de vie. En outre, des mesures d'adaptation très diverses peuvent être mises en œuvre pour parer aux évolutions du climat, observées et prévues. Elles passent par la modification des pratiques agricoles et des variétés cultivées, la construction de nouveaux réservoirs d'eau, l'utilisation rationnelle de l'eau, le changement des normes et règlements de construction, l'investissement dans la climatisation de l'aménagement des digues etc.

Différents cadres conceptuels ont été proposés afin de structurer les mesures d'adaptations. Par exemple, Covich (2009)<sup>162</sup> définit ces mesures d'adaptations selon les catégories suivantes :

- **Supporter les pertes** : toutes les mesures d'adaptation peuvent être appréciées en une référence à une attitude consistant à « ne rien faire » sauf subir ou accepter les pertes ;
- **Partager les pertes** : Ce type de mesure d'adaptation consiste à répartir les pertes entre les membres d'une collectivité ;
- **Modifier la menace** : face à certains risques, il est possible d'exercer un certain degré de contrôle sur la menace elle-même. S'il s'agit d'un événement « naturel » tel qu'une inondation ou un épisode de sécheresse, les mesures englobent la construction d'ouvrages de protection ou dans le cas du réchauffement climatique réduire les émissions de gaz à effet de serre ;
- **Prévenir les effets** : Cela comprend les mesures de prévention des effets du changement et de la variabilité climatique ;
- **Changer l'utilisation** : là où la menace du changement climatique rend la poursuite d'une activité économique impossible ou extrêmement aléatoire, il est alors envisageable de changer l'utilisation ;
- **Prendre des mesures de déplacement** : le changement d'implantation des activités économiques constitue une solution extrême ;
- **Mener des recherches** : le processus d'adaptation peut aussi être favorisé par la recherche de nouvelles technologies et de méthodes d'adaptation inédites.

D'autres ont proposé de présenter ces mesures selon des options dites de résistance, de résilience (augmenter la probabilité de revenir à l'état initial avant la perturbation) ou encore dites de réponse (faciliter la transition de l'écosystème vers un état potentiel). Il est également possible de définir des mesures d'adaptation à différents horizons temporels. Par exemple dans le cas de l'agriculture une des options à court terme est l'amélioration des systèmes d'approvisionnements alors qu'à long terme elle promeut l'utilisation d'espèces cultivées moins demandeuses en eau et résistantes à des niveaux plus

<sup>161</sup> Organisation de Coopération et de Développement Economique.

<sup>162</sup> Covich A. 2009. Emerging Climate Change Impacts on Freshwater Resources: A Perspective on Transformed Watersheds. Adaptation : an initiative of the climate policy program at RFF. Resource for the future

élevés de salinité. Similairement dans le cas de la fourniture en eau (usage personnel), il est proposé dans un premier temps de limiter les pertes et les usages abusifs et dans un second temps d'imposer une réduction stricte de l'utilisation en eau et la récupération des eaux de pluie par les particuliers. Enfin l'ONERC (2009)<sup>163</sup> a catégorisé ces mesures à travers l'adaptation à l'offre ou à la demande mais également selon la mise en place de mesures structurelles, institutionnelles, sociétales etc.

Dans le tableau ci-dessous, ont été recensées les différentes mesures d'adaptation applicables selon les trois catégories de zones humides définies dans le cadre du projet Explore 2070. Le cadre conceptuel sélectionné est celui développé par Roberts (2009)<sup>164</sup> et Jin *et al.* (2009)<sup>165</sup>. Des éléments complémentaires sont par la suite donnés dans le cas spécifique des zones humides étudiées.

Stratégie	Exemples d'actions	Catégorie de zones humides				
		Plaines intérieures	Vallées alluviales	Lagunes		
<b>RESISTANCE</b> Ignorer les changements actuels, se focaliser sur le très court-terme	<b>(1) Irrigation environnementale<sup>166</sup></b>					
	⇒ Utilisation rationnelle de la ressource en eau en fonction des différents usages	X	X	-		
	⇒ Optimisation de l'utilisation des réservoirs actuels	X	X	-		
	⇒ Augmentation des capacités, etc.	X	X	-		
	<b>(2) Fixation du trait de côte</b>					
	⇒ Mesures rigides – murs/épis/brise-lames - ou souples – réensablement des plages/stabiplage/écoplage	-	-	X		
<b>RESILIENCE</b> Augmenter la capacité de résilience Limiter les effets non associés au changement climatique (pression anthropique)	<b>(1) Concilier la sauvegarde d'un maximum d'espèces et une approche fonctionnelle afin d'assurer le maintien des propriétés des écosystèmes et des services qui en dépendent</b>					
	⇒ Accroissement de la surface riparienne	X	X	-		
	⇒ Réduction de la fragmentation des habitats et de leur destruction	X	X	X		
	⇒ Limiter l'implantation des espèces invasives	X	X	X		
	⇒ Augmenter la connectivité entre zones humides et favoriser la dispersion des espèces le long des cours d'eau (problématique des obstacles à l'écoulement)	X	X	X		
	⇒ Amélioration des connaissances, réseaux de mesure et de suivi, approches multirisques, accentuation des systèmes de surveillance	X	X	X		
	<b>(2) Favoriser un fonctionnement hydrologique optimal</b>					
	⇒ Contrôler l'extraction des eaux de surface et hiérarchiser les tronçons sur lesquels des pompages peuvent être menés afin de limiter les risques d'étiage sur les petits cours d'eau (en fonction de la largeur et de la profondeur des cours d'eau et des ordres de Strahler)	X	X	-		
	⇒ Contrôler l'extraction des eaux souterraines	X	X	-		
	⇒ Contrôler l'extraction des eaux souterraines et de surface à l'interface avec le biseau salé	-	-	X		
⇒ Entretenir les canaux	X	X	-			
⇒ Maintenir la déconnection entre étangs et réseau hydrographique (afin d'éviter les étiages en aval des étangs)	X	-	-			
⇒ Eviter la multiplication des étangs (afin de limiter les pertes par évapotranspiration)	X	-	-			

<sup>163</sup> ONERC 2009 Changement climatique Coûts des impacts et pistes d'adaptation. 194p

<sup>164</sup> Roberts J 2009. A portfolio of strategies framework: the management of wetlands in the face of climate change. Presented at the forum 'Managing Wetlands in a Drying Climate', May 13, 2009, Geelong, Australia.

<sup>165</sup> Jin C, Cant B, Todd T. 2009. Climate Change Impacts on Wetlands in Victoria and Implications for Research and Policy. Arthur Rylah Institute for Environmental Research Technical Report Series No. 199.

<sup>166</sup> L'irrigation environnementale doit être ici considérée comme une solution à court-terme car impliquant de nombreuses questions sous-jacentes : où l'eau sera-t-elle prélevée (nappe, cours d'eau, réservoir) ? Conséquences en termes de conflits d'usage ? etc.

Stratégie	Exemples d'actions	Catégorie de zones humides		
		Plaines intérieures	Vallées alluviales	Lagunes
	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Maintenir ou redévelopper les ripisylves afin de limiter l'augmentation de la température des eaux</li> <li>⇒ Développement des modèles permettant l'optimisation de l'utilisation des réservoirs actuels</li> <li>⇒ Maintien d'un débit minimal biologique (actuellement sur la base des débits réservés)</li> <li>⇒ Réviser les objectifs de débits en période d'étiage et de crise en respectant les dispositions de la directive-cadre Européenne sur l'eau (DCE)</li> </ul>	X	X	-
	<b>(3) S'assurer de l'intégration des problématiques liées au changement climatique dans tout projet d'aménagement</b>	X	X	X
	<b>(4) Limiter les risques d'eutrophisation</b>			
	⇒ Limiter les pollutions agricoles, industriels, domestiques (à la source ou par traitement des eaux)	X	X	X
	⇒ Favoriser les processus d'autoépuration des eaux en préservant les phragmitaies et les herbiers	X	X	X
	⇒ Mise en place de systèmes de filtration à la sortie des étangs afin de limiter la contamination des étangs situés en aval	X	-	-
	⇒ Implantation de dispositifs enherbés en bordure des étangs/cours d'eau afin de piéger les polluants agricoles.	X	X	X
<b>REPONSE</b> Encourage une réponse graduelle et la transition vers un changement inévitable	<b>(1) Réflexion et mise en œuvre de mesures institutionnelles</b>			
	⇒ Proposer un schéma général de gouvernance organisant les dispositifs de pilotage et d'animation existants pour gérer toutes les dimensions de la biodiversité et des services écosystémiques dans un contexte de changement climatique. Ceci pourrait par exemple être intégré aux objectifs du SAGE.	X	X	X
	⇒ Arbitrage sur la conservation de certains étangs au dépend d'autres le cas échéant	X	-	-
	<b>(2) Anticiper les dynamiques futures de la biodiversité</b>			
	⇒ Restaurer/créer des milieux humides et protéger les aires refuges	X	X	X
	⇒ Adapter/étendre les aires de protection en fonction du déplacement potentiel des espèces	X	X	X
	⇒ Augmenter la connectivité entre zones humides	X	X	X
	⇒ Assurer le déplacement de certaines espèces le cas échéant (notamment amphibiens, poissons)	X	X	X
	<b>(3) Optimiser le fonctionnement hydrologique</b>			
	⇒ Stratégie de retrait afin de favoriser la dynamique naturelle des systèmes	-	-	X
	<b>(4) Améliorer les connaissances</b>			
	⇒ Développer les recherches en sciences sociales sur l'acceptation des mesures d'adaptation	X	X	X
	⇒ Recherche dans le domaine de la modélisation de la répartition future des habitats favorables aux espèces animales et végétales (la question des espèces invasives doit également être abordée dans ce contexte)	X	X	X
⇒ Affiner les projections climatiques à une échelle régionale ou locale	X	X	X	
⇒ Amélioration des connaissances, réseaux de mesure et de suivi, approches multirisques, accentuation des systèmes de surveillance et ce spécifiquement pour chaque zone humide	X	X	X	

**Tableau 7.3.1** Exemple de différents types d'action au sein d'un portfolio de stratégies adaptatives (modifié d'après Roberts (2009) et Jin *et al.* (2009)).

### **7.3.2. CAS SPÉCIFIQUE DES ZONES HUMIDES ÉTUDIÉES DANS LE CADRE DU PROJET EXPLORE 2070**

Les mesures d'adaptation à préconiser dans le cas des zones humides des plaines intérieures sont en adéquation avec celles préconisées actuellement dans la plupart des Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux des trois zones considérées. L'arrêt de la multiplication des plans d'eau ainsi que l'entretien régulier des canaux devraient permettre de limiter les pertes par évapotranspiration et donc les étiages en aval. La déconnection des étangs vis-à-vis des réseaux hydrogéographiques doit être maintenue en Brenne et en Sologne afin de préserver les habitats et espèces d'eau courante (notamment dans le domaine salmonicole). Enfin, le maintien ou le développement des ripisylves permettrait de limiter l'augmentation de la température des eaux (par ombrage) et donc les pertes par évapotranspiration. Au-delà des mesures visant à limiter les rejets issus de l'agriculture ou en lien avec les activités piscicoles, des systèmes de filtration peuvent être mis en place à la sortie des étangs afin de limiter le transport des matières en suspension, des polluants, etc. Dans le même ordre d'idée, l'implantation de dispositifs enherbés en bordure des étangs permettrait de piéger des concentrations plus importantes de polluants. Enfin, les mesures permettant de lutter contre les espèces invasives doivent être poursuivies (au-delà des campagnes d'arrachage dont l'efficacité est remise en question, une réflexion devra être menée sur le confinement de ces espèces et leur intégration dans les communautés végétales).

Des études complémentaires devront par ailleurs être menées afin d'évaluer :

- L'implication des étangs dans les problèmes d'étiages (impact de l'évaporation sur les régimes d'écoulement) ;
- L'impact des étangs sur la faune et la flore du domaine salmonicole (Brenne, Sologne notamment) ;
- L'impact d'une augmentation de la température des eaux sur la prolifération des espèces invasives.

Ces questions devront être abordées afin de pouvoir apporter une réponse adaptée aux modifications du climat.

Dans le cas des zones humides alluviales, le respect des débits minimum biologiques en amont (sur la base du module actuel) semble être une mesure qui devrait limiter fortement l'impact du changement climatique notamment dans le cas des Barthes de l'Adour. Les aménagements hydrauliques régulant le fonctionnement hydrologique des Barthes de l'Adour doivent être entretenus afin de permettre un approvisionnement en eau efficace de la zone. Enfin, il est également important de respecter au maximum les périodes d'humidification des Barthes en réhabilitant d'anciens ouvrages qui ne sont plus fonctionnels à l'heure actuelle et en évitant le drainage par des creusements de fossés trop importants des Barthes. Ceci devrait se faire en concertation entre les différents syndicats gérant le secteur, afin de stocker et redistribuer au mieux l'eau des crues hivernales et soutenir le débit de l'Adour avec les eaux de ruissellement. Dans le cas des vallées alluviales du Rhin ou de la Bassée, il est crucial de prendre en compte dès à présent les conséquences probables du changement climatique lors de la réalisation des études d'impact liées à leur aménagement. En effet, la construction de casiers de surstockage et la mise en grand gabarit dans la vallée de la Bassée augmentera très clairement la vulnérabilité des milieux humides et des services écosystémiques vis-à-vis du changement climatique. Enfin, et de manière générale, la lutte contre l'eutrophisation ou les espèces invasives doit être maintenue.

Dans le cas des lagunes du Languedoc-Roussillon, différentes stratégies d'adaptation peuvent être évoquées. L'une d'elle implique la protection intégrale, c'est-à-dire la réalisation d'infrastructures de protection permettant d'éviter l'augmentation du niveau de la mer. Cette solution est d'ores et déjà appliquée au niveau de la lagune de Thau ou des étangs Palavasiens avec la mise en place de (1) protections rigides afin de fixer le trait de côte et absorber l'énergie des houles (murs, épis, brise-lames, enrochements, barrières contre tempêtes, digues) et des méthodes souples de défense (réensablement des plages, méthode ECOPLAGE<sup>167</sup>, méthode STABIPLAGE<sup>168</sup>). Les méthodes rigides permettant la mise en place de structures viables à long-terme sont relativement efficaces. Néanmoins un certain nombre

---

<sup>167</sup> Le principe de l'ECOPLAGE consiste à poser des drains sous la plage, parallèles au trait de côte et reliés à une station de pompage. Le drainage assèche l'estran, ce qui freine l'érosion et favorise l'engraissement de la plage. Une canalisation de refoulement restitue ensuite à la mer l'eau libérée du sédiment, ou peut être réutilisée (pisciculture/ conchyliculture, réoxygénation de bassin ou lagunes eutrophisées, etc.). L'efficacité du système écoplage, dépendant du déferlement des vagues et des marées, est actuellement remise en question sur le littoral méditerranéen.

<sup>168</sup> Technique consistant à mettre en œuvre des ouvrages en géocomposite qui, une fois implantés, captent le sable naturellement transporté par les houles, les courants, et les marées, pour reconstituer la plage, et l'aider à retrouver un équilibre sédimentaire dynamique. Ces ouvrages dits «freineurs de transit littoral», sont eux posés perpendiculairement au trait de côte. Un volume important de matériel sédimentaire est bloqué en amont de la dérive. Mais une fois que les compartiments sont remplis, les courants vont reprendre la partie excédentaire de ce volume sédimentaire pour l'exporter alors vers l'aval de la dérive. Les propriétés de souplesse et de perméabilité de la réalisation permettent de ne pas "faire barrage" au sable comme le ferait une digue, mais plutôt de gérer les flux de sédiments ».

d'étude ont démontré qu'elles engendraient des phénomènes d'érosion des plages environnantes et interféreraient de manière importante avec les processus naturels. Les méthodes douces sont moins efficaces et plus coûteuses mais semblent moins néfastes pour l'environnement.

Une autre stratégie consiste à organiser peu à peu l'abandon du littoral par l'homme (retrait). Toutes les infrastructures routières et le bâti sont retirés, le lido et les zones humides peuvent donc évoluer librement. Une restructuration des communautés végétales et animales serait observée sans entraîner une perte nette de biodiversité, ni de services écosystémiques. Cette solution a été mise en œuvre partiellement sur le lido de Sète avec le déplacement de la route (maintenant à proximité de la ligne de chemin de fer). De même, sur le lido du Petit et du Grand Travers (étang de Mauguio), la suppression de la circulation motorisée en arrière de la plage est planifiée dans le contrat Plan Etat de la Région Languedoc-Roussillon. Un retrait total semble néanmoins très difficile à mettre en œuvre et posent de nombreuses questions comme par exemple l'encadrement de l'attribution des permis de construire, le relogement des populations, etc.

Au-delà des choix de stratégies d'adaptation, des mesures devront être mises en place afin de limiter les risques d'eutrophisation des lagunes, enjeu crucial au vu de l'évolution démographique dans la région. En outre, des corridors écologiques pourraient potentiellement être créés afin de ménager des espaces de recul pour les habitats naturels menacés. Ces mesures doivent cependant être mises en œuvre avec précaution au vu des conséquences possibles (modification du fonctionnement hydrique, dispersion des espèces invasives etc.). Il semble par ailleurs urgent d'accroître les projets de recherche à une échelle locale permettant d'orienter les gestionnaires et d'étayer certains choix techniques. Enfin, une meilleure communication des enjeux concernant l'impact du changement climatique devrait favoriser une prise de conscience des populations. Le chiffrage des impacts du changement climatique constituera sans doute une avancée majeure pour leur prise en compte.

## **7.4. CONCLUSION**

Le GIEC définit l'adaptation comme « l'ajustement des systèmes naturels ou des systèmes humains face à un nouvel environnement ou un environnement changeant ». L'adaptation au changement climatique semble aujourd'hui inéluctable, néanmoins l'existence prononcée d'incertitudes sur les tendances climatiques et leurs conséquences à l'échelle du siècle limite la mise en œuvre de ces mesures. Le projet Explore 2070 avait pour objectif d'évaluer la vulnérabilité de 11 zones humides situées en France métropolitaine et proposer des mesures d'adaptation.

A l'issue de cette étude, plusieurs grands enseignements doivent en être retirés :

- Le regroupement des zones humides selon le mode de fonctionnement hydrologique semble être le plus pertinent afin de permettre l'extrapolation des résultats à d'autres zones humides situées en France. Néanmoins, cette étude a montré que de multiples critères doivent être pris en compte afin d'aboutir à l'évaluation du risque soulignant l'importance d'une approche globale et systémique des dynamiques territoriales. Ces critères font généralement appel à une connaissance fine du contexte local et limitent donc la possibilité d'extrapoler ces résultats à d'autres zones humides sans analyse approfondie ;
- Du fait des multiples biais et incertitudes rencontrés à chaque étape de la démarche, l'évolution des systèmes est difficile à appréhender. Afin de pallier à ces problèmes, une analyse multicritère (à la fois quantitative et qualitative) validée par les experts de chacune des zones humides étudiées est certainement la solution la plus efficace afin d'aboutir à l'évaluation du niveau de risque encouru et à la traduction opérationnelle de mesures d'adaptation ;
- L'évaluation des services écosystémiques permet de faire le lien entre biodiversité et usage social des écosystèmes. En outre, elle met en exergue les possibles conflits d'usage sur la zone ainsi que le coût pour la société si ce service venait à disparaître. Néanmoins, il est nécessaire de mentionner que les effets de la biodiversité sur les fonctions écologiques contribuant à chacun de ces services peuvent également être négatifs entraînant alors des dommages économiques ou sociétaux. Ceux-ci peuvent parfois être générés par une mauvaise gestion des milieux naturels. C'est par exemple le cas dans le domaine de l'agriculture où l'épandage massif d'herbicide ou de

pesticide peut affecter la survie des insectes, limitant la pollinisation et au final la production. Ainsi l'usage non rationalisé de ces services par la société peut à long-terme remettre en question leur existence propre ;

- Les mesures d'adaptations à privilégier sont celles préconisées dans le cadre de la directive cadre sur l'eau et de la réglementation visant au maintien des espèces et de leurs habitats. Ce cadre réglementaire qui protège de la destruction les zones humides impose notamment que les questions d'alimentation en eau de ces milieux et de raréfaction de la ressource soit bien intégrés dans une vision globale des besoins à l'échelle du bassin versant. L'objectif est d'atteindre un développement durable, à la croisée des enjeux anthropiques et environnementaux en n'occultant pas le fait que les zones humides sont des écosystèmes qui ont régressé à plus de 60 % sur le territoire national sur la période 1970-2000 et que si cette tendance a considérablement ralenti, leur destruction reste d'actualité ;
- Dans ce contexte, des solutions techniques mais également institutionnelles et financières existent. Plusieurs mesures d'adaptation ont été citées en fonction des stratégies qui devront être déployées (Tableau 7.3.1) ;
- De manière générale, l'élaboration d'un diagnostic fonctionnel par bassin versant (le SAGE) constituera un outil essentiel permettant d'éclairer les pouvoirs publics sur les stratégies à mettre en œuvre dans un contexte de changement climatique (sacrifice de certaines zones aux bénéfices d'autres, compensation sur une autre zone, augmentation de la taille critique de certaines zones etc.) ;
- La mise en place de stratégies d'adaptation exige une révision profonde de la façon dont les décisions d'investissement, d'aménagement et de préservation de l'environnement sont prises à l'échelle du territoire.