

OBSERVATOIRE « HOMMES-MILIEUX »

Littoral méditerranéen



EVALUATION DES BENEFICES DE LA RESTAURATION DES ECOSYSTEMES LAGUNAIRES :

LE CAS DES ETANGS PALAVASIENS

Rapport final

6 mars 2014

Responsable scientifique

Rutger de Wit

ECOSYM

rutger.de-wit@univ-montp2.fr

Écologie des systèmes marins côtiers



L A M E T A
Laboratoire Montpellierain
d'Economie Théorique et Appliquée

Sommaire

Sommaire	2
Résumé succinct du projet	3
1. Informations générales concernant le projet	5
2. Contexte et problématique	6
3. Méthodologie.....	12
4. Résultats	24
Encart 2	33
Espèce patrimoniale ou emblématique	33
5.1 Trajectoires écologiques de restauration	47
5.2. Choix d'une restauration active ou passive	47
Conclusion.....	48

Bibliographie

Annexes

Questionnaire

Résumé succinct du projet

Après plusieurs décennies d'eutrophisation des lagunes côtières, la Gestion Intégrée de la Zone Côtière (GIZC) et les directives européennes (DCE, Habitat, Oiseaux) ont induit une rupture « socio-environnementale » par la mise en place des politiques publiques visant la reconquête du "bon état écologique" (DCE) de ces écosystèmes, notamment par la réduction des intrants d'éléments nutritifs (N et P). Ce projet représente une étude intégrée en écologie et économie sur la valeur marginale accordée aux bénéfices de la restauration écologique des lagunes du complexe lagunaire Palavasien. Ces lagunes sont en phase de restauration passive depuis 2006, quand la station d'épuration de l'agglomération de Montpellier - MAERA - a été mise aux normes et ses rejets sont émis depuis en mer (12 km off-shore de Palavas) n'affectant plus les lagunes (investissement total 150 million €, réduction d'intrants d'environ 70 % pour le N et de 60 % pour le P).

L'étude de 2013 a été focalisée sur les Etangs de Vic et de Méjean, qui représentent respectivement les lagunes la moins et la plus impactées par l'eutrophisation au sein du complexe Palavasien. S'appuyant sur la bibliographie scientifique internationale et des études en cours initiées entre le laboratoire ECOSYM (UMR 5119, Montpellier) et le Laboratoire Environnement-Ressources de l'Ifremer en Languedoc-Rousillon (Ifremer, Sète), [thèse A. Leruste Université Montpellier 2 (Leruste et al., 2013), projets Restolag (Ouisse et al., 2013a) et Départ, Démonstrateur LOICZ-RSL (Le Noc et al., 2013)], l'information scientifique a été synthétisée et nous l'avons confrontée avec le dire des experts réunis dans un "focus group" pour prédire les trajectoires de restauration des lagunes Etangs Ingril et de Méjean vis-à-vis de l'eutrophisation. Nous avons conclu que la restauration vers un bon état écologique de l'Etang d'Ingril est bien engagée dans son ensemble (restauration passive, i.e. basée sur des processus spontanés après suppression de la pression). En revanche, sans mesure complémentaire, la reconquête de la bonne qualité des sédiments et le retour des herbiers de Magnoliophyta marines dans l'Etang de Méjean prendront encore plusieurs décennies. Collectivement avec le "focus group" nous avons conçu un projet de restauration active qui consiste à mettre en place un projet de gestion qui se décline en deux phases. Ainsi, dans une première phase (4 à 5 ans) il faudrait utiliser le développement de macro-algues, les récolter et les exporter. Celles-ci se nourrissent de l'azote et du phosphore et aident ainsi à décharger le sédiment, créant des conditions favorables aux herbiers. Dans une seconde phase, il s'agirait d'implanter des herbiers de Magnoliophyta par l'ensemencement et/ou la transplantation (Orth et al., 2012).

Le projet de restauration active conçu pour l'Etang de Méjean a constitué la base pour une évaluation socio-économique de sa valeur marginale à travers des enquêtes. Dans un premier temps, nous avons réfléchi à mettre en place un "choice experiment" comme cela a été réalisé pour les Marais des Baux en PACA (Westerberg et al., 2012) et qui permet aux enquêtés d'exprimer leurs perceptions et préférences entre plusieurs scénarii de gestion et d'aménagement en connaissant leurs coûts. Cependant, cette approche n'a pas été possible car dans le peu de temps disponible nous n'avons pas pu quantifier les coûts du projet de gestion. Cette quantification est encore difficile pour les coûts associés aux différentes techniques d'implantation des herbiers de Magnoliophyta. Ainsi, nous avons choisi d'utiliser une méthode d'évaluation contingente et nous avons innové en développant une "Multiple Contingent Valuation (MCA)" (Balavoine et al., 2013). La synthèse des trajectoires des différentes variables, s'appuyant sur leurs congruences, a permis de sélectionner le taux de couverture des herbiers de Magnoliophyta dans la lagune comme attribut écologique pour la MCA. Trois niveaux ont été retenus (faible, moyen et forte) pour la

construction des scénarios. Les Magnoliophyta sont un indicateur de la bonne qualité de l'eau et leurs herbiers constituent un habitat pour de multiples animaux et une microflore très diversifiée ; contribuant ainsi à l'amélioration de la biodiversité. Dans les scénarios, nous avons également considéré des options de développement et/ou d'aménagement des sentiers (observatoires pour gérer le dérangement). Trois choix d'aménagement ont été retenus pour cet attribut : conservation des sentiers actuels, augmentation du nombre de sentiers sans aménagement, augmentation du nombre de sentiers avec aménagement. Finalement, nous avons sélectionnés 4 scénarii par combinaison raisonnée des deux attributs associés à la question sur le Consentement A Payer (CAP). En multipliant les scénarii, nous avons diminué le nombre d'enquêtes nécessaires sans perdre en précision de l'estimation. En plus, on peut déduire ainsi la contribution de chaque attribut au CAP, bien que la multiplication des scénarii multiplie aussi les biais déclaratifs. Les enquêtes ont été réalisées en face à face sur la place publique à Montpellier et Palavas. 159 personnes ont ainsi été interrogées, dont 94 résidents de l'agglomération de Montpellier et 65 touristes (91 % français). Le CAP moyen pour le niveau élevé de l'attribut herbiers était environ 25,- €, tandis que l'aménagement des sentiers était moins bien perçu, ce qui se traduit par un CAP moyen de seulement 5,- €. Cependant, environ 20 % des enquêtés étaient favorables au projet de restauration active, mais opposés à des taxes nouvelles. Les résultats sont statistiquement robustes, bien que la taille de l'échantillon indique qu'il faudra compléter cette enquête de terrain. Pendant notre travail, nous avons activement échangé avec la structure de gestion, le Syndicat Mixte des Etangs Littoraux (SIEL) et nous avons restitué notre étude lors de la réunion du COPIL de Natura 2000 des Etangs Palavasiens.

Mots clés : : Lagune côtière ; services écosystémiques ; restauration écologique ; eutrophisation ; Gestion Intégrée de la Zone Côtière

1. Informations générales concernant le projet

Responsable(s) scientifique(s)

Prénom NOM : Rutger DE WIT

Adresse postale du laboratoire de rattachement :

"Ecologie des Systèmes marins côtiers (Ecosym)". UMR 5119.

Université Montpellier 2, CNRS, IRD, Ifremer, Université Montpellier 1

Place Eugène Bataillon

Université Montpellier 2, Case 093,

F-34095 Montpellier Cedex 5

Téléphone : 04 67 14 34 29

Email : rutger.de-wit@univ-montp2.fr

Nom-Prénom	Fonctions et laboratoire	Spécialité
DE WIT, Rutger	DR – CNRS, UMR Ecosym, Montpellier	Ecologie, biogéochimie
REY-VALETTE, Hélène	MdC – UMR LAMETA – Faculté d'Economie, Université Montpellier 1	Economie de l'Environnement
LIFRAN, Robert	DR – INRA, UMR LAMETA, Montpellier	Economie de l'Environnement
LAUTREDOU-AUDOUY, Nicole	IR – CNRS – UMR LAMETA – Montpellier	Environnement
BALAVOINE, Juliette	Stagiaire M2 – BAEMT – Université Montpellier 2	Ecologie
DIOP, Hamédy	Stagiaire M2 – Université Montpellier 1	Economie

Temporalité

Date de début des travaux : 1 mars 2013

Date de fin des travaux pour la rédaction du rapport :

Poursuite de l'étude en cours : Oui

Demande de soutien financier à l'OHM pour l'année 2014 : Oui

2. Contexte et problématique

21. Etat de l'art et questions associées

Les écosystèmes côtiers sont des milieux naturellement riches qui comptent parmi les plus productifs au monde (Millennium Ecosystem Assessment, 2005a). La valeur des services qu'ils fournissent est estimée à 43% de la valeur des services écosystémiques mondiaux (De Groot, 2012). L'exploitation des zones côtières ne cesse de progresser avec l'expansion démographique urbaine et touristique de ces espaces depuis le milieu du XXe siècle (Castaing, 2012). L'attractivité des zones côtières a contribué à dégrader ces milieux qui comptent aujourd'hui parmi les plus menacés par les activités anthropiques. La notion de service écosystémique, qui renvoie aux bénéfices que l'homme peut tirer de son environnement (De Groot, 2009), permet de valoriser ces écosystèmes dont l'importance est souvent sous-estimée, ou n'est perceptible qu'une fois l'écosystème dégradé.

Parmi les écosystèmes côtiers, les lagunes couvrent 13% des littoraux mondiaux (Barres, 1980) et fournissent des biens et services essentiels au bien-être humain. Inclues dans la catégorie « eaux de transition » de la Directive cadre sur l'eau (DCE), ces milieux d'eau plus ou moins saumâtres à l'interface entre le bassin versant et la mer subissent de fortes variations physico-chimiques annuelles. Ces caractéristiques leur confèrent un intérêt social, économique et écologique particulier. Parmi les dégradations subies, la perte de services liés aux habitats et à la biodiversité est la plus notoire en milieu lagunaire.

Face aux dégradations observées, on constate que les solutions aux problèmes écologiques sont aujourd'hui le plus souvent orientées vers des bénéfices à court terme tandis que les coûts de restauration sont souvent bien plus importants que les coûts de prévention (MEA 2005). Au cours de ces 30-40 années d'eutrophisation, les lagunes ont stocké d'importantes quantités d'éléments nutritifs, en particulier dans leurs sédiments. Dès lors ce stock sédimentaire est de nature à freiner la restauration des milieux lagunaires. Celui-ci induit en effet un phénomène d'hystérésis de l'écosystème se traduisant par une trajectoire de retour plus longue que celle de sa dégradation et comprenant un ou plusieurs états intermédiaires. Pour les lagunes côtières, après plusieurs décennies d'eutrophisation, la Gestion Intégrée de la Zone Côtière (GIZC) et les directives européennes (DCE, Habitat, Oiseaux) ont induit une rupture « socio-environnementale » par la mise en place de politiques publiques visant la reconquête du "bon état écologique" (DCE) de ces écosystèmes, notamment par la réduction des intrants d'éléments nutritifs (N et P). La nécessité de mettre en œuvre des approches de gestion intégrée des zones côtières (GIZC) est largement acceptée pour la zone côtière en général, et plus particulièrement pour les lagunes côtières. Ce référentiel de la GIZC permet de fournir un cadre de gestion qui s'adapte à l'évolution de la société (Gaertner-Mazouni & De Wit, 2012) et suppose des approches pluridisciplinaires (Bonnet *et al.*, 2005).

Les connaissances actuelles sur la restauration des milieux aquatiques sont centrées sur les lacs d'eau douce (Martin, 2004), et les cours d'eau (Palmer *et al.*, 2005). L'étude du phénomène de restauration lagunaire, dont les connaissances actuelles sont encore limitées, est donc devenue une problématique d'actualité. Hormis l'obligation légale (DCE), la restauration de ces écosystèmes devrait également représenter différents bénéfices pour l'homme étant donnés les nombreux biens et services que procurent les lagunes côtières. L'identification des avantages de la restauration des milieux lagunaires implique de s'interroger sur les services rendus par ces milieux, suivant la grille du Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005). L'Ecologie de la restauration se base sur l'analyse des trajectoires d'évolution de l'écosystème, en étudiant les trajectoires de dégradation passées par rapport à un état de référence à atteindre et en fonction des trajectoires induites par la

restauration (Aronson *et al.*, 2013). Bien que le phénomène d'eutrophisation soit bien connu, le retour vers la fonctionnalité de l'écosystème ne s'effectue pas simplement en inversant les étapes de dégradation. L'existence du phénomène appelé « hystérèse » rend les connaissances sur le chemin de réhabilitation des lagunes difficile à estimer (Elliott *et al.*, 2007 ; Noé, 2007). En dehors du fait que le compartiment phytoplanctonique réagisse très rapidement au processus de restauration, les autres paramètres restent peu connus. Il semble que le compartiment le plus réactif au processus de restauration en milieu lagunaire soit le phytoplancton, dont la biomasse baisse rapidement après une limitation drastique des apports issus du bassin versant (Communication personnelle B. Bec & A. Leruste, 15 mai 2013). Les premières estimations sur les durées de réhabilitation de ces milieux indiquent que les lagunes ouvertes sur la mer, permettant de larges exportations de matière pourraient être restaurées en 5 à 10 ans, alors que les lagunes les plus dégradées nécessiteraient plutôt une centaine d'années (Ifremer, 2010a).

Pour faire face à cette problématique de restauration environnementale, il est nécessaire d'évaluer la valeur à ces écosystèmes de façon à pouvoir arbitrer quant aux coûts de restauration envisageables (Aronson *et al.*, 2013). Cette condition nécessite de s'intéresser à l'économie de la biodiversité, qui s'intéresse à la biodiversité comme source de valeur dans la société et aux impacts des comportements humains sur la biodiversité (Maitre d'Hôtel & Pelegrin, 2012). En effet, il apparaît que les écosystèmes peuvent être évalués aux vues des caractéristiques fonctionnelles qu'ils possèdent et des services écosystémiques qui en découlent (Elliott *et al.*, 2007). Indépendamment de leur valeur intrinsèque, l'analyse économique se propose de leur attribuer une valeur subjective dépendant des préférences des sujets, afin de mieux appréhender l'ensemble des raisons qui fondent l'intérêt de la préservation de ces écosystèmes pour les sociétés humaines (Salles, 2010). La notion économique de valeur est anthropocentrée : les intérêts des milieux et des générations futures sont pris en compte à travers leur influence sur le bien être humain. (Salles, 2010). L'évaluation économique de biens environnementaux permet actuellement d'appréhender la valeur des écosystèmes et leur évolution au travers de plusieurs types de méthodes, basées sur les coûts observables (prix de marché pour les services marchands ou coûts de restauration ou de protection), des préférences révélées, (choix de visite, marché immobilier) , des préférences déclarées (dans le cadre d'enquêtes visant à recueillir les consentements à payer ou à accepter des compensations (évaluation contingente ou conjointe, ou enfin par des transferts de valeur (Salles, 2010).

22. Contexte local et intérêt pour l'OHM

221. Le cas des lagunes palavasiennes

En Languedoc-Roussillon, les lagunes couvrent la moitié du littoral (Mouillot *et al.*, 2005). Une typologie des lagunes en fonction des caractéristiques physiques et des catégories de services écosystémiques dominantes a été établie par Kuhfuss *et al.*, (2012). Elle permet de caractériser quatre catégories de complexes lagunaires (lagune et zones humides associées) auxquelles il est possible de faire correspondre une catégorie de services écosystémiques dominante.

Tableau 1 : Typologie des écosystèmes lagunaires du Languedoc-Roussillon

Canet et de Lapalme	Ecosystèmes de petite taille	Service de régulation	2 844 hectares (1 397 ha de lagune et 1 447 ha de zone humide)
Petite Camargue et Basse vallée de l'Aude	Lagunes peu profondes marquées par une biodiversité remarquable combinée à une faible exploitation économique et à la faible diversité des services récréatifs.	Services de support	20 797 hectares (4 255 ha de lagune et 16 539 ha de zone humide)
Salse-Leucate, Narbonnaise, Palavasiens et Etang de l'Or	Lagunes de taille importante avec une relative faiblesse des zones humides et de la pêche professionnelle.	Services récréatifs	25 710 hectares (17 930 ha de lagune et 7 780 ha de zone humide)
Thau	Ecosystème atypique par sa taille et sa profondeur ainsi que l'importance de la conchyliculture.	Service approvisionnement	7 642 hectares (6 860 ha de lagune et 782 ha de zone humide)

Source : Kuhfuss et al., 2012.

Les étangs palavasiens, à proximité de l'agglomération de Montpellier, capitale régionale, appartiennent à la catégorie de lagune pour laquelle ce sont les services récréatifs qui sont dominants. La figure 1 témoigne en effet de l'importance des activités économiques et récréatives présente sur cette zone. Ils font aussi partie des lagunes les plus dégradées de la région (Ifremer, 2010a). Ces huit lagunes ont en effet subi les effets de pressions démographiques, urbaines, industrielles et agricoles intenses (Pôle-relais lagunes, 2008). Les rejets de la station d'épuration MAERA de Montpellier jusqu'en 2006 en sont la principale cause (Ifremer, 2010a). L'eutrophisation que ces rejets ont engendrée est de nature à freiner la restauration de ces systèmes par les stocks d'azote (N) et Phosphore (P) accumulés depuis 40 ans dans les sédiments (Ifremer, 2010 ; Figure N°1)). Ces lagunes longtemps décriées du public, font aujourd'hui l'objet d'une convention RAMSAR et NATURA 2000 et des nombreuses mesures de gestion que cela implique. La pérennité de ces lagunes, depuis peu dans une dynamique de restauration vis-à-vis de l'eutrophisation (Ifremer, 2010a), nécessite un appui des gestionnaires et élus face aux politiques publiques.

Activités économiques et hydraugraphie de l'étang du Méjean

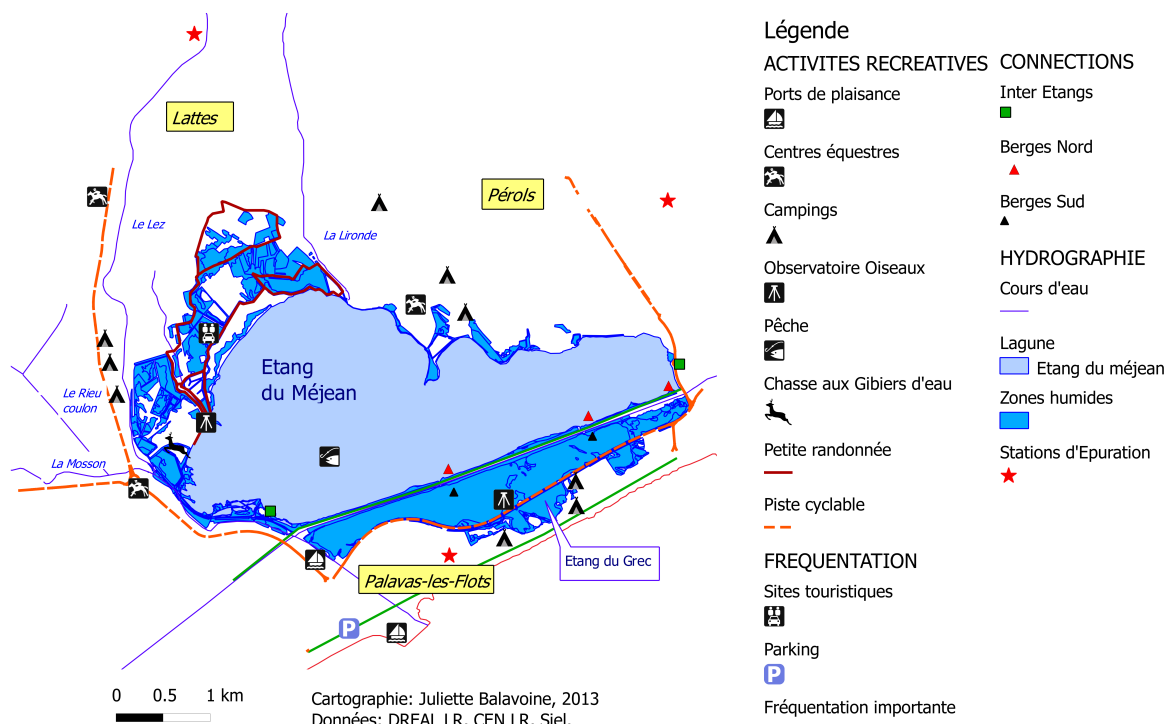
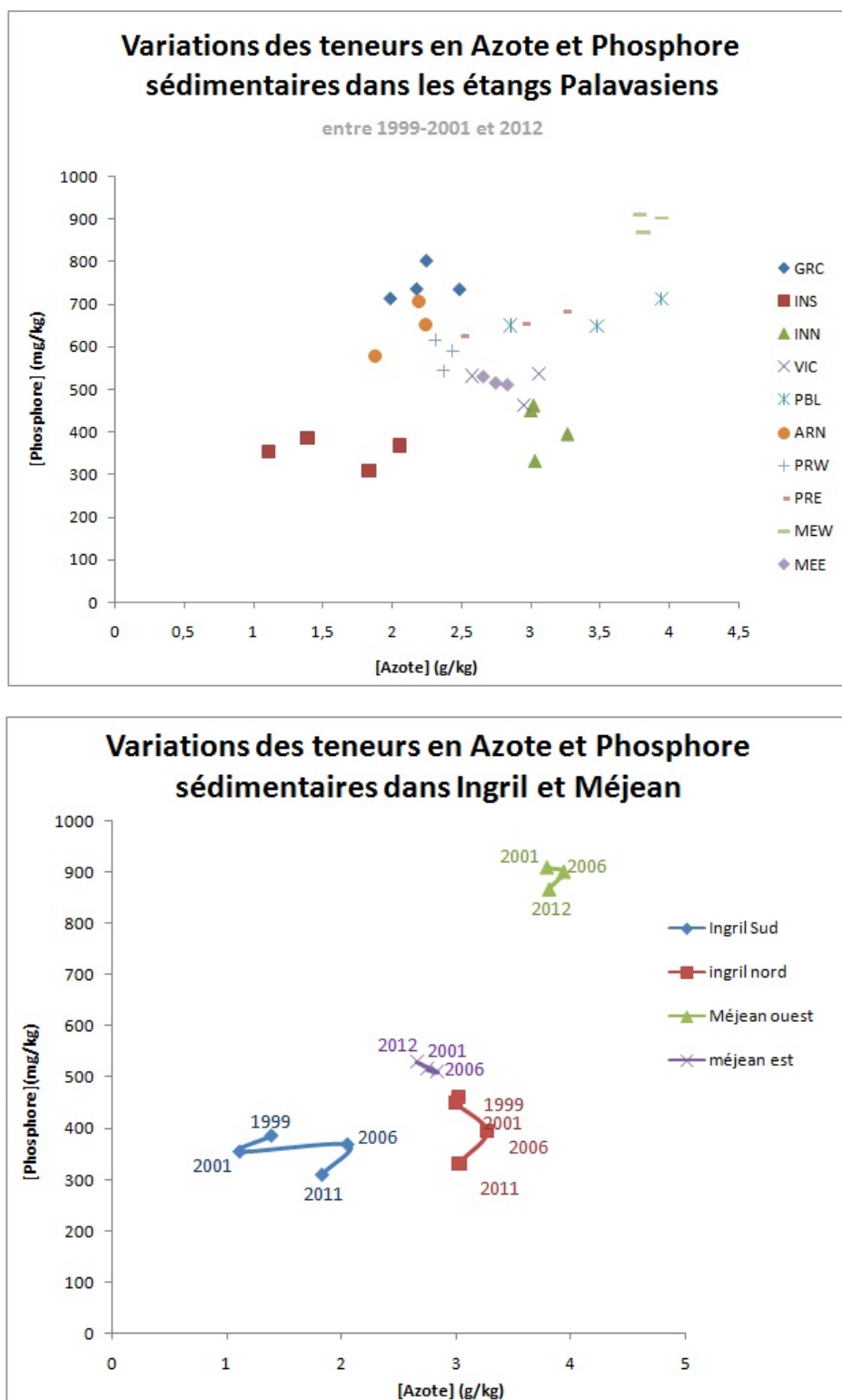


Figure 1 : Inventaire des activités économiques et récréative sur l'étang du Méjean ainsi que des aménagements et connexions hydrauliques.

Réalisée sous QGis 1.6, (données DREAL, LR, CEN LR, Siel, RSL-Ifremer/UM2).

Dans le cas des lagunes palavasiennes, une réduction drastique des apports nutritifs a été réalisée en 2006 par l'amélioration de la station d'épuration de Montpellier et son raccordement à un émissaire en mer. Par ailleurs on sait que ces deux compartiments sont respectivement très chargé et dévasté dans les étangs palavasiens (Ifremer, 2010a ; figure 1).



Source : D'après données RSL et RESTOLAG – Vincent Ouisse

Figure 2 : En haut : Teneurs en azote et phosphore sédimentaires dans les étangs palavasiens (GRC=Grec, INS=Ingril Sud, INN=Ingril Nord, VIC=Vic, PBL=Pierre Blanche, ARN=Arnel, PRW=Prévost Ouest, PRE= Prévost Est, MEW=Méjean Ouest, MEE= Méjean Est). **En bas :** Détails de l'évolution pluriannuelle des teneurs sur les étangs concernés par l'étude.

222. Intérêt du traitement de la question dans le cadre de l'OHM « Littoral méditerranéen »

Cette étude s'inscrit dans le cadre de l'observatoire Homme milieu mis en place conjointement par l'Institut Ecologie et Environnement (INEE) et l'Institut des Sciences Humaines et Sociales (INSHS) du CNRS. La problématique de cet observatoire, qui concerne le littoral méditerranéen, est l'étude des éco-systèmes et socio-écosystèmes impactés par l'homme suite à un bouleversement majeur. Dans le cas des étangs palavasiens, la rénovation et le raccordement de la station d'épuration MAERA à l'émissaire en mer peut être considéré comme un bouleversement qui intervient de façon positive et offre la possibilité depuis peu d'observer les prémices de processus de restauration. En effet, les aménagements réalisés fin 2005 à hauteur de 150M€ ont permis de réduire de 60 à 70% les apports en azote et phosphore dans le complexe des étangs Palavasiens (Noé, 2007).

Présentant différents niveaux de dégradation, ce complexe lagunaire constitue un excellent site atelier pour l'étude et la compréhension des phénomènes liés à la restauration passive des lagunes méditerranéennes (Ifremer, 2010a). L'étude des itinéraires de restauration se heurte cependant à la méconnaissance scientifique et empirique des durées de restauration, notamment quant à l'importance de l'inertie des compartiments sédimentaire et macrophytique.

Les objectifs de cette étude s'insèrent dans une démarche plus vaste qui consiste à améliorer les connaissances écologiques et socio-économiques dans le domaine de la restauration lagunaire. Elle constitue un volet spécifique au sein d'un ensemble d'études écologiques et biogéochimiques initiées entre le laboratoire ECOSYM (UMR 5119 - Université Montpellier 2, CNRS, IRD, Ifremer, Montpellier 1, Montpellier) et le Laboratoire Environnement-Ressources de l'Ifremer en Languedoc-Roussillon (Ifremer, Sète) sur les trajectoires de ces écosystèmes lagunaires suite aux efforts menés pour réduire les intrants en N et P (thèse A. Leruste (UM2), projet Restolag, Démonstrateur LOICZ-RSL, propositions EC2CO SAPHYRE et DEPART).

23. Problématique de la recherche et hypothèses

La problématique de cette recherche vise à **améliorer les connaissances, tant écologiques que économiques relatives aux processus écologique de restauration** de façon à pouvoir éclairer les politiques publiques de restauration des lagunes et notamment **évaluer l'opportunité d'introduire de nouvelles mesures de restauration actives pour accélérer le processus de restauration**. L'objectif est donc d'identifier les trajectoires de restauration (Clewett & Aronson, 2007), considérées comme des dynamiques temporaires, se caractérisant par les états transitoires et une durée de restauration plus ou moins longue. Par conséquent, il est important de synthétiser les connaissances au sujet des fonctions écologiques des lagunes à différents états de dégradation et de restauration, d'établir leurs liens avec les services écosystémiques et les bénéfices pour l'homme (De Groot *et al.*, 2002) et de les confronter avec différentes hypothèses au sujet des trajectoires des lagunes lors de leur restauration.

Cette recherche pluridisciplinaire vise aussi, une fois les caractéristiques d'un projet efficace de restauration active complémentaire identifiées en fonction des itinéraires de restauration à étudier l'acceptabilité sociale et l'intérêt de ce projet pour la population locale et touristique de la zone. En effet, **l'intégration d'un volet économique permet de prendre en compte les perceptions et la valeur accordée à différentes hypothèses de restauration de ces milieux par les usagers au travers d'une évaluation contingente multiple**. Ce type d'approche (Morardet *et al.*, 2013) permet d'identifier les préférences des usagers à travers l'évaluation de leur consentement à payer pour différents scénarios de restauration active complémentaire.

Notre hypothèse est qu'il est possible de définir des trajectoires de restauration active socialement acceptable qui permettent de réduire significativement la durée de restauration et améliorer ainsi le bien être généré par l'étang du Méjean. Inversement, **c'est une façon d'évaluer la perte de bien être que l'on peut associer à la trajectoire de restauration passive**, dans l'hypothèse où aucune mesure complémentaire n'est mise en place.

Les résultats de cette recherche contribueront ainsi à éclairer les élus et les gestionnaires quant aux politiques de conservation de ces habitats à forte valeur patrimoniale, notamment quant aux mesures visant à atteindre les objectifs de bon état écologique fixés par la DCE et éviter des coûts d'inaction (amendes européennes), mais aussi sur les types de mesures complémentaires de restauration passive qui permettent de maximiser le bien-être des populations.

3. Méthodologie

31. Identification des trajectoires de restaurations

L'identification des trajectoires possibles et des durées de restauration des deux lagunes palavasiennes étudiées (Etang du Méjean et d'Ingril) nécessite d'effectuer une synthèse de l'état des connaissances actuelles sur le phénomène de restauration lagunaire. Compte tenu de la faiblesse de la bibliographie disponible, cette synthèse a été complétée par une évaluation à dire d'expert mise en œuvre à travers la réunion d'un focus group d'expert locaux (cf. liste en annexe) sur la base des données des organismes et des gestionnaires concernés (Irstea, Siel, Agence de l'eau, PNR de la Narbonnaise) et des connaissances issues des différents programmes liés au projet RESTOLAG, (Thèse A. Leruste). A partir de documents de synthèse de la bibliographie cette évaluation collective a été menée en deux temps :

- En premier lieu, il s'agissait de caractériser les trajectoires de la restauration passive, c'est-à-dire les effets de la réduction de la principale pression depuis 2006, mais sans mesures supplémentaires par rapport à la construction de MAERA et de son émissaire en mer.
- Dans un deuxième temps le groupe d'expert a cherché à identifier les facteurs déterminants de façon à proposer un projet de restauration active pour l'Etang du Méjean et évaluer ses conséquences sur les trajectoires de restauration. C'est à partir de ces facteurs déterminants que les attributs permettant de définir les scénarios de restauration pour l'évaluation contingente multiples seront définis.

Ces travaux ont été menés sur la base d'hypothèses préalables quant aux formes de trajectoires de restauration dans le temps.

32. Identification des attributs déterminant et construction des scénarios

321. Elaboration d'un scénario hypothétique de restauration complémentaire

L'identification des perceptions et l'évaluation des consentements à payer suppose de proposer lors d'une enquête adaptée (questionnaire d'évaluation contingente), un scénario de restauration, par rapport auquel les personnes sont interrogées. Les travaux du groupe de travail ont permis de montrer la nécessité de concevoir ce scénario en deux temps. En effet la réimplantation d'herbiers dans des conditions dégradées et non favorables à ces espèces est vouée à l'échec. Il est donc nécessaire dans un premier temps d'améliorer la qualité du milieu. Le scénario hypothétique de restauration implique donc deux phases :

(1) Une phase de déchargement du compartiment sédimentaire par exportation d'azote et phosphore. Pour cela l'extraction mécanique des macro-algues déposées sur le fond a été imaginée sur une période de plusieurs années (4 à 5 ans).

Un ramassage mécanique des macro-algues nitrophiles est une solution pour décharger les milieux trop riches en azote et phosphore et limiter la compétition avec les herbiers, grâce à l'export régulier de matière hors de l'écosystème lagunaire (Mouronval & Baudouin, 2010 ; Pôle-relais lagunes, 2007). Le programme de dragage de macro-algues effectué sur l'étang du Prévost entre 1992 et 2001 a été une réussite pour empêcher la formation de malaïgues (Guyoneaud *et al.*, 1997) et les nuisances olfactives et visuelles occasionnées à court terme, bien que ce programme n'ait pas permis d'extraire des quantités suffisantes de N et P du sédiment (Réseau de Suivi Lagunaire, 2011). Cependant l'efficacité de cette méthode peut être optimisée par une gestion complémentaire des apports en N et P du bassin versant (Réseau de Suivi Lagunaire, 2011 ; Région Languedoc Roussillon, 2010a), comme les travaux relativement récents effectués sur la STEP MAERA, et une amélioration des échanges hydrauliques liés à l'étang (Région Languedoc Roussillon, 2010a ; Siel, 2010). L'enlèvement de débris algaux des fonds permettrait également de libérer des sédiments grossiers pour lesquels les herbiers de zostère naine ont une préférence (Pergent & LeRavallec, 2007) et une meilleure accroche (Candela, 2008). L'aménagement de plages d'échouage des débris végétaux en fonctions des vents dominants paraît aussi un moyen d'exporter de la matière à moindre coût. La récolte des phanérogames s'avère historiquement un moyen de lutte efficace contre l'eutrophisation (Yamamuro, 2012). Ces deux méthodes permettent donc de limiter les risques de crises dystrophiques dues à l'enrichissement massif en macrophytes sur le fond.

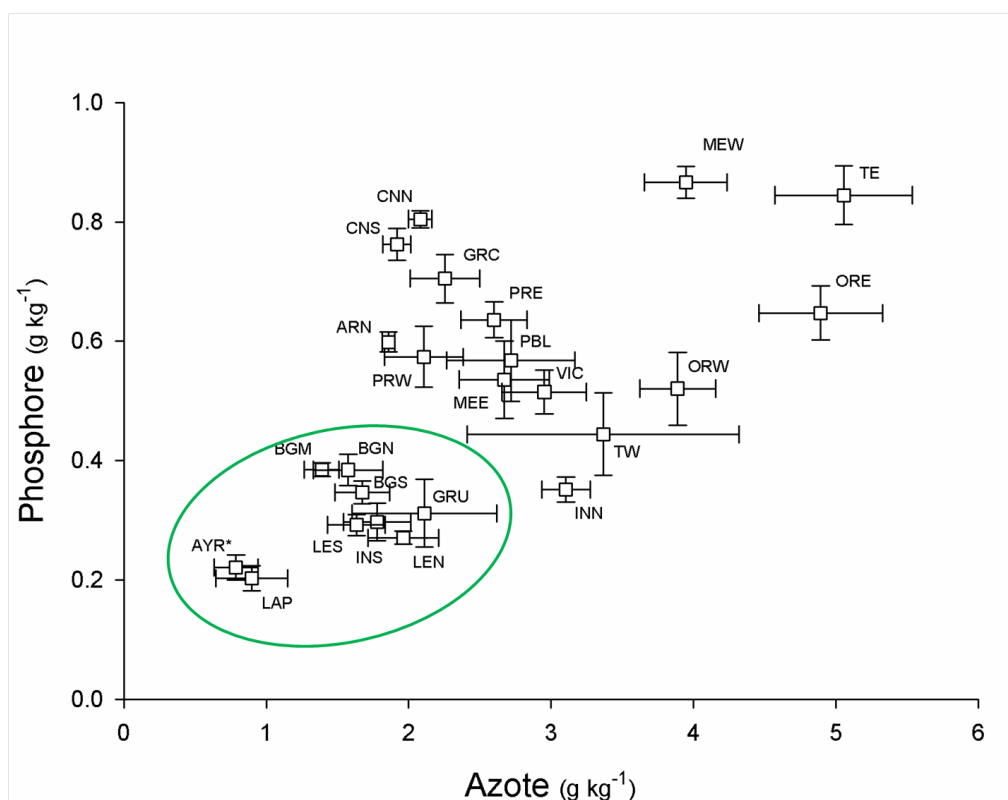


Figure 3 : Concentrations sédimentaires (moyennes et erreurs standards calculées par étang pour les prélèvements réalisés dans le cadre du RSL pendant la période 2007-2012) en azote et phosphore des étangs languedociens. On remarque que les sédiments des étangs possédant des herbiers (entourés en vert) contiennent tous entre $0,4 \text{ g.kg}^{-1}$ de phosphore et $2,5 \text{ g.kg}^{-1}$ d'azote, ce qui fournit une première estimation de seuils de compatibilité entre ces deux paramètres. (Source :

- (2) Une fois que les seuils sont compatibles avec une reprise de l'herbier (fig 3), une deuxième phase impliquant des méthodes de génie écologique vise à la réimplantation de graines d'herbier, dont les résultats devraient pouvoir être satisfaisants à l'échelle de la décennie.**

Ce scénario hypothétique de restauration active complémentaire permet donc d'envisager de façon réaliste d'avoir des premiers effets de restauration à l'échelle d'une quinzaine d'années minimum alors que les résultats du scénario de restauration passive ne devraient intervenir qu'à l'échelle du siècle. Il est donc nécessaire d'évaluer quel est l'intérêt et les consentements à payer de la population pour accélérer les effets de restauration de façon à ce que les générations actuelles puissent en profiter.

322. Elaboration des hypothèses détaillées de rythme et type de restauration

Suite à la réunion d'experts et à plusieurs réunions et propositions entre écologues et économistes trois attributs ont été retenus pour l'étude économique. Il s'agit d'attributs impliquant des compromis et qui soient facilement compréhensibles / visualisables par le public. En effet, tous les services interagissant ensemble ne peuvent pas être maximisés simultanément et la société doit prendre des décisions concernant ses préférences pour différents services bien que les gestionnaires prennent rarement en compte explicitement ces compromis (Lester *et al.*, 2013). Ces attributs sont les suivants :

- (1) Expansion spatiale et densité des herbiers, qui auront une incidence sur la présence ou l'absence d'une faune emblématique des lagunes languedociennes (flamant rose, canards et hippocampes).

Trois niveaux de couverture sont envisagés:

- 0% à 10% de couverture (beaucoup de flamants, pas de cygne, presque pas d'hippocampes, mauvaise qualité de l'eau)
- 40% de couverture (pas assez de flamants, peu d'hippocampes, pas de cygne quelques canards, qualité de l'eau peu améliorée)
- 70% (peu de flamants, beaucoup d'hippocampes, beaucoup de cygnes et de canards, bonne qualité de l'eau)

(2) Accès / Aménagement qui permet de discriminer l'attrait des usagers pour la biodiversité en tant que telle ou pour les bénéfices qu'ils peuvent en tirer. Cet attribut est associé à une notion de dérangement des oiseaux par le public. Le développement de cette biodiversité et notamment des espèces d'oiseaux va rendre les étangs plus attractifs pour les promeneurs. On peut donc envisager par exemple d'aménager des sentiers de promenades, des postes d'observation des oiseaux (montrer une photo). Cependant il ne faut pas que les promeneurs fassent fuir les oiseaux. Il faut pouvoir gérer le dérangement occasionné par ces promeneurs (bruit, piétinement des nids...). Trois choix d'aménagement ont donc aussi été retenus .

- Conservation des sentiers actuels comme moyen d'accès de la zone.
- Multiplier le nombre de sentier pour favoriser l'accessibilité du site et les promenades mais avec un effet de dérangement pour les oiseaux
- Augmenter les sentiers mais avec des aménagements qui permettent de limiter le dérangement des oiseaux

(3) Attribut monétaire, qui permet d'estimer la valeur accordée par le public à l'écosystème concerné par leur consentement à payer dans une taxe.

34. Evaluation des montants pour les consentements à payer et choix des cartes de paiement

Dans un premier temps, nous avons réfléchi à mettre en place un "choice experiment" comme cela a été réalisé pour les Marais des Baux en PACA (Westerberg et al., 2012) et qui permet aux enquêtés d'exprimer leurs perceptions et préférences entre plusieurs scénarii de gestion et d'aménagement en connaissant leurs coûts. Cependant, cette approche n'a pas été possible car dans le peu de temps disponible nous n'avons pas pu quantifier les coûts du projet de gestion. Cette quantification est encore difficile pour les coûts associés aux différentes techniques d'implantation des herbiers de Magnoliophyta. Ainsi, nous avons choisi d'utiliser une méthode d'évaluation contingente et nous avons innové en développant une "Multiple Contingent Valuation (MCA)"

35. Questionnaire et réalisation de l'enquête

Dans la mise en œuvre de l'analyse contingente classique, le scénario de changement (amélioration ou dégradation) est unique. Il est présenté aux enquêtés en plus de la situation de référence. L'enquête n'a donc qu'un seul choix : accepter la modification et la refuser. Il est de plus en plus fréquent pour pallier à cette situation, où les enquêtés peuvent être favorables à une intervention mais pas forcément à celle qui est présentée, d'effectuer des enquêtes conjointes (choice experiment) où les enquêtés se prononcent sur un ensemble de scénarios construits à partir de l'ensemble de combinaison entre les valeurs possibles des attributs qui détermine le projet d'intervention. Le nombre important de scénario à tester implique d'enquêter un grand nombre de personnes de façon à répartir les cartes de choix sur des sous échantillons. Les moyens d'enquête disponible sur le projet ne permettant pas cette approche nous avons opté pour une approche intermédiaire que nous avons qualifiée de d'analyse contingente multiple, c'est-à-dire que nous avons proposé quatre scénarios de changement rendant compte des associations des attributs qui nous ont paru les plus réalistes et suffisamment contrastées pour rendre compte d'un éventail cohérent des préférences possibles des enquêtés.

Le questionnaire a été construit en 4 modules (cf. tableau) et administré en deux temps. Après une présentation du contexte et de l'intérêt d'une réhabilitation, le premier module correspond aux données de contexte portant sur la présentation de l'origine géographique de l'enquête et de ses usages des étangs. L'enquêteur présentait ensuite le projet de réhabilitation en détaillant l'importance et les niveaux des attributs, ainsi que les quatre scénarios. Ceux-ci étaient exposés à partir d'une page de synthèse pour chaque scénario illustrée de photos caractéristiques et comportant une échelle des montants proposés (cf. annexe). Les trois autres modules du questionnaire étaient ensuite déroulés, portant respectivement sur l'évaluation des consentements à payer assortie des questions traditionnelles visant à préciser et fiabiliser ces évaluations, sur les perceptions des étangs, des aménagements et des enjeux sociétaux prioritaires. Enfin le dernier module permettait de collecter les caractéristiques socioéconomiques des enquêtés. Deux variantes du questionnaire étaient proposées selon que les enquêtés étaient résidents ou touristes mais l'essentiel des questions étaient communes.

L'enquête a exclu l'étang d'Ingril, car le projet de restauration incluant des actions complémentaires. N(=)était pas pertinent pour cet étang compte tenu de son état écologique satisfaisant. L'étude économique se focalise donc sur le Méjean où les actions complémentaires à l'arrêt des rejets de la STEP MAERA sont nécessaires.

Le questionnaire a été testé auprès de dix personnes fin juin 2013 et l'enquête s'est ensuite déroulée durant le mois de juillet 2013 sur trois communes situées à proximité de l'étang du Méjean : la commune de Montpellier (près de la gare ferroviaire et sur l'esplanade de l'Europe), la commune de Lattes (place centrale de la commune) et la commune de Palavas les Flots (sur la plage). Il convient de souligner à ce propos que notre enquête n'a donc pas été menée en totalité à proximité des étangs car nous souhaitons avoir un échantillon qui comprenne des usagers et des non usagers de ces étangs.

Les enquêtes étaient réalisées en face à face, dans la rue et les enquêtés étaient choisis au hasard en veillant cependant à équilibrer les sexes et les âges (mais sans recours à des quotas formels). La passation du questionnaire durait entre 15 et 20 mn. Au total, après des tests de validité des réponses et la suppression de trois questionnaires, 159 personnes ont été enquêtées (94 résidents locaux et 65 touristes).

Tableau 2: Origine et fréquentation

Module 1 Origine et fréquentation (10 questions)		
Première partie	• Origine de la région, • Connaissance des étangs et fréquence de fréquentation, • Lieux usuels de fréquentation (à l'aide d'une carte) et activités pratiquées, • Raison de non fréquentation et fréquentation des autres étangs de la région	
	Questions Résidents (2 questions)	Questions Touristes (6 questions)
	• Fréquentation de la maison de la nature • Ancienneté dans la commune de résidence	• Origine, géographique et fidélisation région • Durée et type de séjour, • Mode d'hébergement
Présentation orale du projet de réhabilitation et des scénarios		
Deuxième partie	Module 2: Evaluation des consentements à payer (9 questions)	
	• Evaluation des CAP pour chacun des 4 scénarios • Choix du scénario préféré et certitude vis-à-vis des CAP • Questions sur les motivations à financer, et sur l'impact du rôle des étangs	
	Module 3 Perceptions (étangs, aménagements, enjeux sociétaux (8 questions))	
	• Perception des services rendus par les étangs • Perception des priorités par rapport aux aménagements futurs • Priorités par rapport aux grands enjeux sociétaux	
	Module 4 Caractéristiques personnelles (9 questions)	
	• Données personnelles : sexe, âge, statut familial, catégorie socioprofessionnelle • Données familiales : nombre d'enfants, dont encore à charge, • Dons à des associations liées à l'environnement ou à la solidarité • Appartenance ou non à une copropriété • Niveau de revenu	

36. Traitements statistiques des enquêtes

Les données des questionnaires ont été saisies avec le logiciel Sphinx (version 6.3) avec lequel l'ensemble des statistiques descriptives et des tris croisés ont été réalisés.

361. Analyse en correspondance multiples

A l'issue de la première phase de traitement descriptif, une analyse en correspondance multiples a été réalisée, associée à une classification hiérarchique pour constituer des classes et élaborer une

typologie des enquêtés. Cette analyse a été effectuée à partir de quelques variables structurelles, préalablement recodées de façon à voir des effectifs des modalités les plus équilibrés possibles. Ces traitements ont été réalisés avec le logiciel SPAD (version 7). Plusieurs essais ont été effectués sachant que le faible nombre d'individus (159) obligeait à limiter le nombre de variables prises en compte. Compte tenu des résultats observés, nous avons retenus cinq variables permettant de rendre compte des profils socioéconomiques, des valeurs et des usages des lagunes. Soulignons que compte tenu du caractère peu discriminant des niveaux de fréquentation nous avons opté pour la variable activité dont une des modalités correspond à l'absence de fréquentation. Cette variable permet ainsi de rendre compte à la fois de la fréquentation (Oui/non) et du type d'usage (Tableau 3).

Tableau 3: Variables retenues pour l'analyse en correspondance multiple

Types de variables	Variable	Modalités	Effectifs
Variables sociodémographiques	Age Niveau de revenu	< 45 ans et > 45 ans < 1000 euros, 1000 à 2000 et > 2000 euros	93, 66 47, 61, 51
Variables rendant compte des valeurs sociétales	Priorité sociétale	Education, emploi, environnement, santé et sécurité	67, 41, 19, 32
Variables rendant perceptions et des usages	Activité	Non usage, promenade et activité diversifiée	83, 30, 46
	Service le plus important	Régulation ou culture et Support	71, 88

Les trois premiers axes de l'analyse en correspondances multiples expliquent 60% de la variance. L'analyse des contributions des variables aux axes (Tableau 4) montre que l'axe 1 est expliqué par les caractéristiques socio démographiques des individus (âge et revenu avec respectivement 38% et 28%) et l'axe deux par les valeurs et les usages (choix sociétaux et les activités pratiquées avec respectivement 46% et 31%).

Tableau 4: Contribution des modalités des variables aux axes

Libellé	Poids relatif (en %)	Carré de la distance à l'origine	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Axe 5
activités							
diversifié	5,786	2,45652	1,98	21,83	3,93	0,01	14,49
Non fréquentation	10,440	0,91566	7,92	5,80	0,69	4,63	4,91
promenade	3,774	4,30000	8,64	3,17	14,74	12,15	1,06
TOTAL	20,000		18,54	30,80	19,36	16,79	20,46
choix 1service							
régulation et culture	8,931	1,23944	4,39	7,86	13,15	0,02	8,63
support	11,069	0,80682	3,54	6,35	10,61	0,01	6,96
TOTAL	20,000		7,93	14,21	23,76	0,03	15,58
priorité sociétale							
Education	8,428	1,37313	0,36	14,86	0,07	12,50	0,01
Emploi	5,157	2,87805	2,42	30,80	0,38	2,70	3,76

Environnement	2,390	7,36842	2,28	0,00	34,59	7,89	5,84
Santé sécurité	4,025	3,96875	2,14	0,55	11,98	23,16	0,05
TOTAL	20,000		7,20	46,21	47,01	46,25	9,65
revenu							
<1000	5,912	2,38298	18,01	5,25	0,01	0,80	24,38
>2000	7,673	1,60656	9,72	0,13	4,16	17,55	0,17
1000 à 2000	6,415	2,11765	0,44	3,28	5,39	13,86	26,94
TOTAL	20,000		28,17	8,66	9,57	32,22	51,49
Age							
< 45	11,698	0,70968	15,84	0,05	0,13	1,96	1,17
> 45	8,302	1,40909	22,32	0,08	0,18	2,76	1,65
TOTAL	20,000		38,17	0,13	0,30	4,72	2,82

La projection des variables et des classes sur le plan défini par les axes 1 et 2 (cf. figure 4).

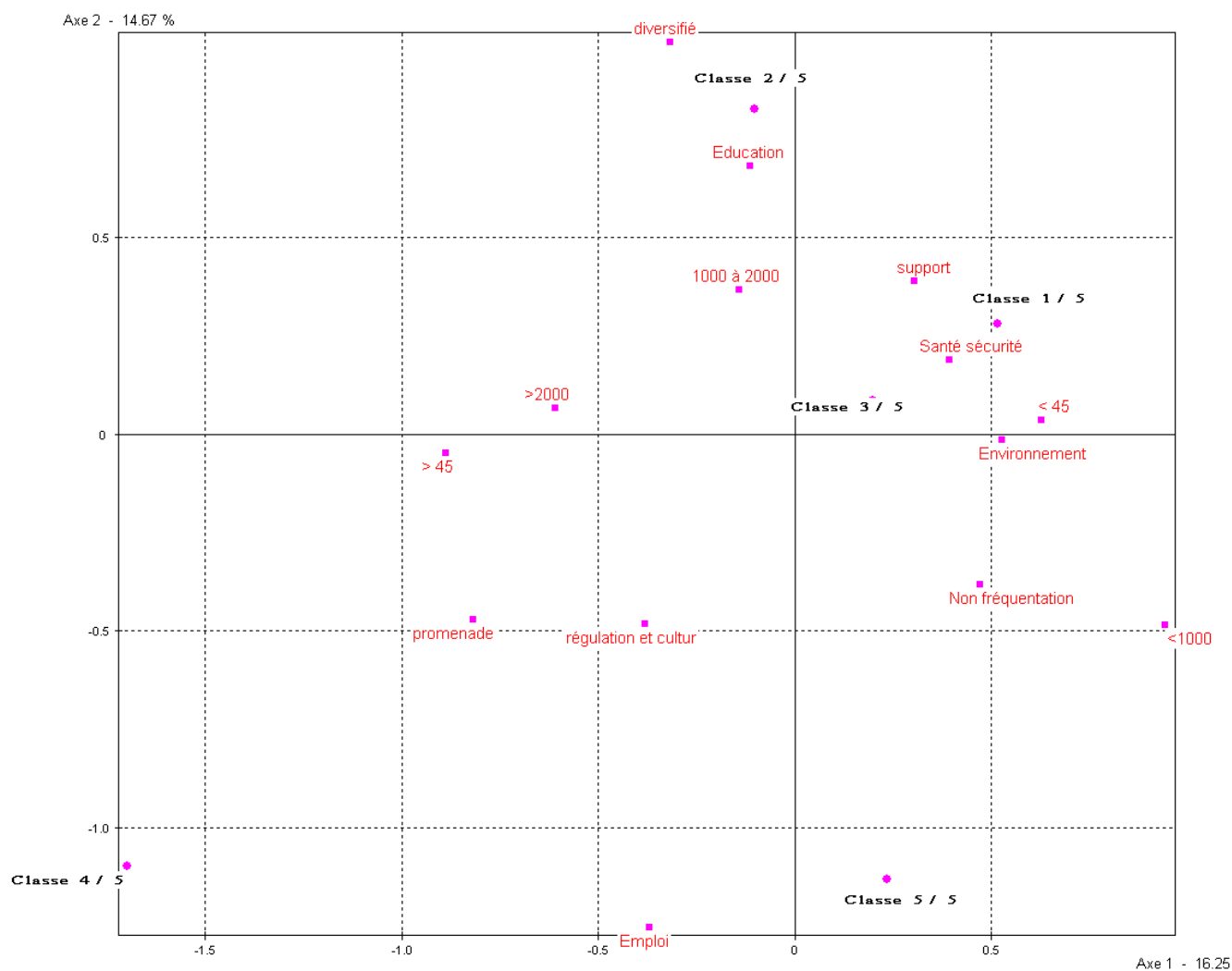


Figure 4 : Projection des variables et des classes sur le plan défini par les axes 1 et 2

37. Caractéristiques de la population enquêtée

Nous présenterons ici les principales caractéristiques des personnes enquêtées, dont on peut rappeler qu'elles ont été interrogées au hasard sur les communes de Montpellier, Lattes et Palavas en cherchant à équilibrer les âges et les sexes. Au total 162 personnes ont été enquêtées. Cependant quelques questionnaires ayant révélé des incohérences, notre échantillon porte finalement sur 159 personnes (94 résidents locaux et 65 touristes).

371. Les caractéristiques sociodémographiques

Au niveau de la répartition entre hommes et femmes, on observe une situation relativement équilibrée avec légèrement plus d'hommes (52% et 54%).

Tableau 5 : Distribution des enquêtés en fonction du sexe des enquêtés

	Résidents		Touristes	
	Nb	% cit.	Nb	% cit.
Homme	49	52%	35	54%
Femme	45	48%	30	46%
Total	94	100%	65	100%

Source : enquête LAMETA 2013

Concernant la distribution en fonction de l'âge, les 18-30 ans représentent la classe d'âge la plus représentée avec 40% de résidents et 35% de touristes. A *contrario* on observe une sous représentation de la population des plus de 65ans. Les distributions des âges des touristes et des résidents principaux ont des profils identiques hormis une représentation des 31-45 ans plus importante chez les touristes.

Tableau 6 : Distribution des enquêtés en fonction de l'âge

	Résidents		Touristes	
	Nb	% cit.	Nb	% cit.
18-30 ans	38	40%	23	35%
31-45 ans	15	16%	17	26%
46-65 ans	26	28%	18	28%
> 65 ans	15	16%	7	11%
Total	94	100%	65	100%

Source : enquête LAMETA 2013

La répartition des enquêtés suivant leur résidence montre que 72% des résidents habitent Montpellier. Les touristes sont majoritairement français et pour un cinquième (21%) ils viennent de la Région Languedoc-Roussillon.

Tableau 7 : Distribution des enquêtés en fonction du Lieu de résidence

Résidents			Touristes		
	Nb	% cit.		Nb	% cit.
Hérault	26	28%	Etranger	14	22%
Montpellier	68	72%	France	38	57%
Total	94	100%	LR-MIDI Pyrénées-PACA	13	21%

			Total	65	100%
--	--	--	-------	----	------

Source : enquête LAMETA 2013

Concernant leur origine au sens de leurs lieux de naissance, près des deux tiers (63%) des résidents ne sont pas originaires de la région, ce qui est conforme au fait que l'Hérault a une forte attractivité au niveau des flux migratoires. Par contre on note que 20% des touristes sont originaires de la région.

Tableau 8 : Distribution des enquêtés en fonction des Origines.

	Résidents		Touristes	
	Nb	% cit.	Nb	% cit.
Non originaire de la région	59	63%	54	83%
Originaire de la région	35	37%	11	17%
Total	94	100%	65	100%

Source : enquête LAMETA 2013

La distribution en fonction des statut matrimoniaux est parfaitement similaire pour les résidents et les touristes, avec une légère supériorité des personnes seules..

Tableau 9 : Distribution des enquêtés en fonction des statuts matrimoniaux

	Résidents		Touristes	
	Nb	% cit.	Nb	% cit.
Célibataire, veuf(ve) ou divorcé(e)	54	57%	37	57%
Marié(e), Pacsé(e) ou en concubinage	40	43%	28	43%
Total	94	100%	65	100%

Source : enquête LAMETA 2013

Notre échantillon est largement constitué d'enquêtés sans enfant, ce qui est cohérent avec la fait qu'on a une sur représentation des jeunes et des personnes ne vivant pas en couple. Cette caractéristique est particulièrement marquée pour les touristes qui sont plus des trois quart (77%) à ne pas avoir d'enfants, ce qui peut être dû à une forme de tourisme urbain spécifique..

Tableau 10 : Distribution des enquêtés en fonction du nombre d'enfants à charge

	Résidents		Touristes	
	Nb	% cit.	Nb	% cit.
0	49	52%	50	77%
1	10	11%	6	9%
2	20	21%	6	9%
3	9	10%	2	3%
4	3	3%	1	2%
5	2	2%	0	0%
6	1	1%	0	0%
Total	94	100%	65	100%

Source : enquête LAMETA 2013

Les distributions des catégories socioprofessionnelles entre touristes et résidents sont contrastées à l'exception de la part des étudiants (20%) qui est identique. Seuls les étudiants sont représentés de la même manière sur les résidents et touristes. La part des retraités est proche de la moyenne départementale alors qu'on avait plutôt une faible proportion de personnes de plus de 65 ans, ce qui laisse à penser qu'il s'agit donc de « jeunes retraités entre 60 et 65 ans ». La part des chômeurs est plutôt faible chez les résidents et au contraire très importante pour les touristes qui sont principalement composés de cadres et professions supérieures, d'employés, de chômeurs et d'étudiants, soit une très forte proportion d'inactifs.

Tableau 11 : Distribution des enquêtés en fonction de la catégorie socioprofessionnelle

	Résidents		Touristes		Hérault Insee 2012 (*)
	Nb	% cit.	Nb	% cit.	
Agriculteur	1	1%	1	2%	1,1%
Artisan, Commerçant, Chef d'entreprise	4	4%	2	3%	4,1%
Cadres et professions supérieures	7	7%	14	22%	6,5%
Profession intermédiaires	3	3%	4	6%	11,5%
Employé	18	19%	14	22%	16,3%
Ouvrier	5	5%	2	3%	10,3%
Retraité	19	20%	8	12%	22,9%
Chômeur	8	9%	0	22%	27,4%
Etudiant/scolaire	19	20%	13	20%	
Autres: préciser	10	11%	7	11%	
Total	94	100%	65	100%	100%

(*) données 2009 Source : enquête LAMETA 2013

La distribution des classes d'âge et des catégories socioprofessionnelles, explique la part importante des salaires moyens pour les deux catégories enquêtés. Chez les touristes une catégorie de revenu plus élevée s'explique par la présence plus importante des cadres (Tableau 11).

Tableau 12 ; Distribution des enquêtés en fonction du niveau de revenu

	Résidents		Touristes	
	Nb	% cit.	Nb	% cit.
Moins de 700 euros	18	19%	10	15%
De 700 à 1000 euros	10	11%	2	3%
De 1000 à 1300 euros	10	11%	6	9%
De 1300 à 2000 euros	23	25%	12	19%
De 2000 à 3000 euros	19	20%	16	25%
De 3000 à 4500 euros	6	6%	8	12%
De 4500 à 6000 euros	3	3%	4	6%
De 6000 à 9000 euros	2	2%	1	2%
Ne sais pas	3	3%	6	9%
Total	94	100%	65	100%

Source : enquête LAMETA 2013

Afin d'affiner les profils de revenus trois classes ont été établies. Elle permet de montrer une répartition assez équilibrée des résidents entre les trois classes et au contraire une forte proportion de revenus supérieur à 2000 euros pour les touristes.

Tableau 13 : Distribution des enquêtés en fonction des revenus par classes

	Résidents	Touristes
< 1000 euros	30%	18%
1000 à 2000 euros	36%	28%
> 2000 euros	31%	45%
Ne sais pas	3%	9%
Total	100%	100%

Source : enquête LAMETA 2013

372. Profil particulier des touristes

Le mode d'hébergement le plus représenté chez les touristes est celui de l'hébergement gratuit chez la famille ou les amis (35%), ce qui est cohérent avec la proportion des touristes originaires de la région. Vient ensuite l'Hôtel, ce qui est logique s'agissant d'un tourisme urbain.

Tableau 14 Distribution des touristes enquêtés sur le mode d'hébergement

	Nb	% cit.
Appartement loué	10	15%
Camping	8	12%
Hôtel	14	22%
Invité (famille, amis)	23	35%
Résidence secondaire	7	11%
Autre	3	5%
Total	65	100%

Source : enquête LAMETA 2013

Concernant les formes de vacances, il apparaît que les touristes sont principalement en séjour (70%) et très souvent seul (42%).

Tableau 15 Distribution des touristes enquêtés en fonction du type de vacances

	Nb	% cit.
De passage	20	31%
En séjour	45	69%
Total	65	100%
	Nb	% cit.
En couple	13	20%
En famille	22	34%
Seul	27	42%
Autre	3	5%
Total	65	100%

Source : enquête LAMETA 2013

373. Lien avec la problématique

Il est important dans les enquêtes de vérifier si les enquêtés ont une sensibilité particulière à la protection de l'environnement, ce qui introduirait un biais en faveur de leur propension à contribuer à des mesures environnementales. On note que la participation à des associations est extrêmement différente entre les résidents et les touristes. Près de la totalité des résidents ne font pas partie d'association tandis qu'inversement, la majorité des touristes adhère à des associations liées au littoral.

Tableau 16 : Distribution des enquêtés en fonction de leur appartenance ou non à des associations

	Résidents		Touristes	
	Nb	% cit.	Nb	% cit.
Aucune	84	86%	6	9%
Association en faveur de l'environnement	10	10%	3	5%
Association en lien avec le littoral	4	4%	56	86%
Total	98	100%	65	100%

Source : enquête LAMETA 2013

La pratique des dons à des actions de solidarité ou de protection de l'environnement permet de mieux appréhender leur engagement. Les répartitions sont alors plus équilibrées entre les touristes et les résidents avec la moitié des personnes qui font des dons à des actions de solidarité et seulement 12% des résidents et 23% des touristes qui effectuent des dons en faveur de la protection de l'environnement.

Tableau 17 : Distribution des enquêtés en fonction des dons effectués pour des actions de solidarités

	Résidents		Touristes	
	Nb	% cit.	Nb	% cit.
Dons actions de solidarité	52	55%	36	55%
Pas de dons	40	43%	29	45%
Sans réponse	2	2%	0	0%
Total	94	100%	65	100%

Source : enquête LAMETA 2013

Tableau 18 : Distribution des enquêtés en fonction des dons effectués pour des actions de protection de l'environnement

	Résidents		Touristes	
	Nb	% cit.	Nb	% cit.
Pas de dons pour l'environnement	83	88%	50	77%
Dons pour l'environnement	11	12%	15	23%
Total	94	100%	65	100%

Source : enquête LAMETA 2013

Enfin, nous observons qu'un tiers des résidents interrogés habite en copropriété contre un quart pour les touristes.

Tableau 19 : Distribution des enquêtés en fonction du type d'habitation

	Résidents		Touristes	
	Nb	% cit.	Nb	% cit.
N'habite pas en copropriété	61	65%	49	75%
Habite en copropriété	33	35%	16	25%
Total	94	100%	65	100%

Source : enquête LAMETA 2013

4. Résultats

41. Caractérisation des facteurs déterminants des trajectoires écologiques de restauration passive

Les trajectoires théoriques et opérationnelles présentées dans cette partie ont été construites selon des variables écologiques/ biologiques représentatives de la qualité de la lagune vis-à-vis de la restauration et en fonction des hypothèses retenues lors du groupe de travail des experts. Leur interprétation se fait suivant une grille de lecture représentant cette qualité vis-à-vis de la restauration, bien que dans plusieurs cas il soit possible de s'inspirer directement de la grille de qualité vis-à-vis de l'eutrophisation du RSL.

Deux cas sont possibles :

- 1) Il y a une relation positive entre la valeur de la variable représentée sur l'axe de droite et la qualité du milieu représentée sur l'axe de gauche, le sens de lecture est direct.
- 2) Ce lien est négatif, le sens de lecture est inversé sur l'axe de droite représentant la valeur de la variable, afin de permettre au lecteur de lire l'ordonnée toujours dans le sens de la qualité vis-à-vis de la restauration.

Les variables déterminantes de la restauration qui ont été étudiées sont détaillées ci-après. Elles concernent l'évolution du phytoplancton, des macro-algues, de l'azote et phosphore sédimentaires, les risques de crises dystrophiques, les herbiers et l'avifaune.

411. Evolution du Phytoplancton

Hypothèse(s) préalable(s) : Le phytoplancton réagit rapidement aux diminutions des apports nutritifs (N et P) du bassin versant, et est moins sensible que les macro-algues aux apports sédimentaires issus du flux benthique (cf. trajectoires macro-algues).

Description des trajectoires : La figure 5 décrit la qualité du phytoplancton vis-à-vis de la restauration, déclinée en deux variables : (i) concentration de la biomasse (ii) biodiversité. Nous prédisons une baisse rapide de la biomasse phytoplanctonique et donc l'amélioration de la qualité des deux lagunes. En effet, entre 2006 et 2012 cette diminution a été observée dans les deux étangs et l'on prédit une continuation de ce processus. En ce qui concerne la biodiversité phytoplanctonique, la composition du phytoplancton du Méjean est fortement influencée par la présence de microalgues vertes qui témoigne d'une qualité moindre (communication personnelle A. Leruste, R. De Wit, B.Bec). L'amélioration de la qualité de la diversité sera certainement plus lente

que celle de la biomasse. Nous prédisons que la restauration active du Méjean puisse aider à améliorer la biodiversité.

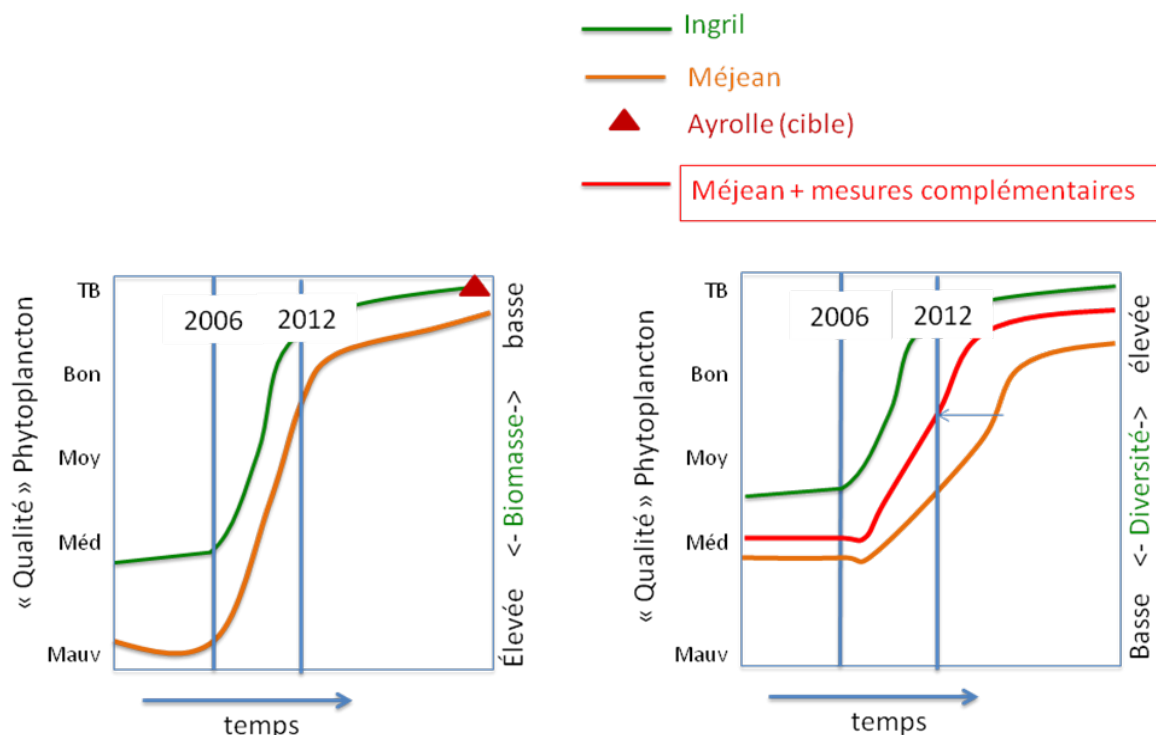


Figure 5 : Trajectoires probables du phytoplancton vis-à-vis de la restauration des étangs d'Ingril et du Méjean, avec ou sans action complémentaire sur l'étang le plus dégradé : l'étang du Méjean.

Données permettant d'évaluer cette prédiction : Les résultats obtenus dans le cadre du RSL indiquent que quand la biomasse de phytoplancton augmente, la qualité de l'eau baisse, la turbidité est forte et la diversité d'espèces phytoplanctoniques est faible. La qualité du compartiment phytoplanctonique de la lagune d'Ingril est passée de médiocre à bonne après la mise en place de l'émissaire en mer en 2006, et de mauvais à médiocre (MEE) voir bon (MEW) sur l'étang du Méjean. Ces données indiquent donc que ce compartiment est très réactif à la réduction drastique (-70% d'apports grâce à Maera) des apports du BV. Si les efforts de gestion du BV sont maintenus (Vert demain, Bioconv, gestion du non raccordement au tout à l'égout dont « Cabanisation ») voir même intensifiés (gestion des STEP restantes, extension de gestion des rejets de la zone Natura 2000 au bassin versant complet), on peut s'attendre à l'atteinte d'un bon état pour ce compartiment dans des délais assez brefs aussi bien pour Ingril que pour le Méjean.

412. Evolution des macro-algues

Hypothèse(s) préalable(s) : Les macro-algues bénéficient de la baisse de biomasse phytoplanctonique pour l'accès à la lumière, et du relargage de N et P sédimentaires car elles sont plus compétitives que le phytoplancton pour cette source (en effet plusieurs espèces de macro-algues se développent directement au dessus du sédiment et peuvent ainsi intercepter les flux ascendants de sels minéraux depuis le sédiment). Les algues sont opportunistes car leur métabolisme est rapide. Par conséquent, de grandes fluctuations de biomasses annuelles sont possibles (RSL 2009).

Description des trajectoires: La figure 6 décrit les trajectoires proposées pour la biomasse de macro-algues non-associées à l'herbier et associées à une mauvaise qualité du milieu vis à vis de l'eutrophisation ou de la restauration. Nous prédisons une augmentation graduelle de la densité de macro-algues sur Méjean, ponctuée de nombreuses fluctuations saisonnières. Cette augmentation est inversement associée à la qualité du milieu vis-à-vis de la restauration. En effet, depuis 2009 le RSL classe cet étang en mauvais état concernant ce paramètre

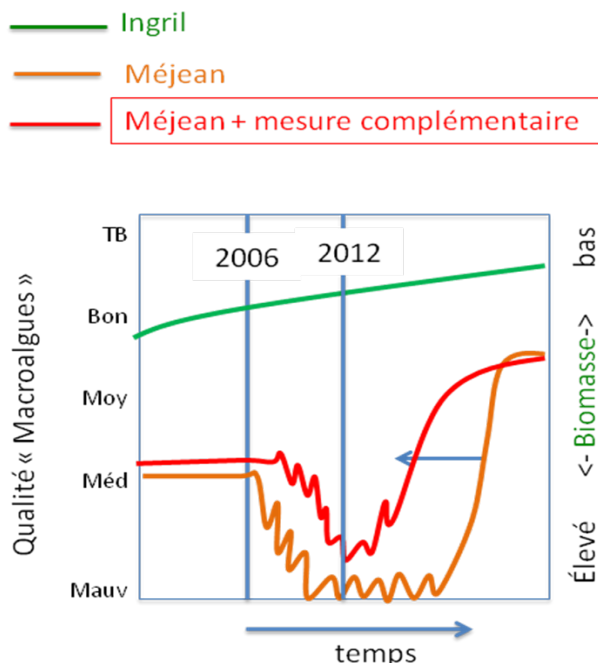


Figure 6 : Trajectoires probables des macro-algues vis-à-vis de la restauration des étangs d'Ingril et du Méjean, avec ou sans action complémentaire sur l'étang le plus dégradé : l'étang du Méjean.

Données permettant d'évaluer cette prédiction : Sur l'étang du Méjean, le recouvrement par des macro-algues (Ulves, chetomorphes) est en expansion permanente depuis 2006 bien qu'aucune espèce de référence n'y a été recensée depuis le début du RSL. Les espèces de références sont des macrophytes sensibles à l'excès d'éléments nutritifs, et témoins du bon état de l'écosystème (Réseau de Suivi Lagunaire, 2011). Parmi elles, se trouvent tout aussi bien des macro-algues que des phanérogames. Dans le cas de l'étang du Méjean, l'absence d'espèces de référence (cf herbiers ou algues associées à l'herbier et connotées au bon état du milieu) témoigne d'un état non satisfaisant vis-à-vis de l'eutrophisation et de la restauration. On peut s'attendre à conserver ce mauvais état moins longtemps si des mesures complémentaires sont menées pour empêcher les macro-algues qui s'accumulent sur le fond d'alimenter le système bentgique en éléments nutritifs. Ingril était déjà en bon état pour ce paramètre avant les aménagements de la STEP MAERA.

413. Evolution de l'azote et du phosphore sédimentaires

Hypothèse(s) préalable(s) : le relargage sédimentaire graduel entraîné par l'amélioration de la qualité de l'eau (notamment en raison de la diminution des apports en N et P du BV) va à long terme permettre d'atteindre des concentrations en azote et phosphore dans le sédiment satisfaisantes et compatibles avec la présence d'un herbier dans l'étang. Sans action, ce relargage sera long.

Description des trajectoires: La figure 6 décrit les concentrations en azote et phosphore totales dans le sédiment. Nous prédisons une poursuite du phénomène d'amélioration de ce paramètre sur

Ingril, où la qualité du milieu vis-à-vis de ce paramètre a évolué de médiocre à très bonne en seulement 6 ans suite aux aménagements de la station d'épuration MAERA. Pour l'étang du Méjean, historiquement plus exposé et géographiquement plus proche des rejets de la STEP, le déchargement du compartiment sédimentaire devrait être plus long et ne commencer à être visible qu'à l'échelle de plusieurs décennies. En cas de mesures complémentaires pour extraire l'azote et le phosphore du sédiment, on peut s'attendre à un déchargement plus rapide de ce compartiment.

Données permettant d'évaluer cette prédiction : Le phénomène de relargage sédimentaire sur des étangs très chargés en N et P semble en effet long : les résultats du RSL révèlent qu'entre 2006 et 2012 aucune amélioration de ce compartiment n'est encore visible sur l'étang du Méjean malgré les aménagements de la STEP. Des mesures de gestion peuvent accélérer ce rythme de relargage du compartiment sédimentaire (plages d'échouage végétal en présence d'herbiers, ramassage de macro-algues). A partir des flux mesurés entre le sédiment et la colonne d'eau, on estime la durée de restauration de ce compartiment entre 50 et 100 ans (premières estimations du projet Restolag, Ifremer), en négligeant la voie de déchargement sédimentaire de l'azote par dénitrification bactérienne, et pour laquelle il existe encore trop peu de données pour estimer sa contribution dans la restauration du compartiment sédimentaire.

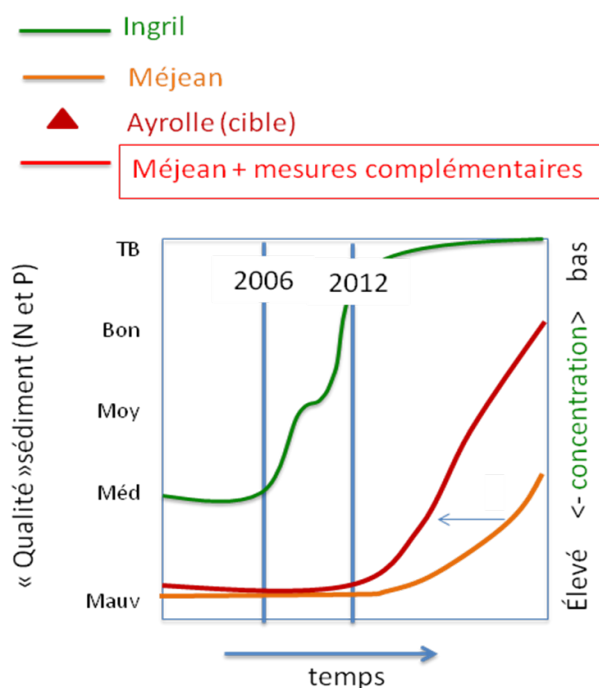


Figure 7 : Trajectoires probables des éléments nutritifs N et P dans le sédiment vis-à-vis de la restauration des étangs d'Ingril et du Méjean, avec ou sans action complémentaire sur l'étang le plus dégradé : l'étang du Méjean.

414. Analyse des risques de crises dystrophiques et évolution des teneurs en azote et en phosphore dans la colonne d'eau

Hypothèse(s) préalable(s) : L'amélioration graduelle de la qualité de l'eau issue du BV va engendrer un relargage sédimentaire qui favorise le développement des macro-algues. Leur accumulation et leur dégradation sur le fond peuvent être responsables de crises dystrophiques estivales (en cas de vents faibles et températures élevés pendant les périodes chaudes) et dans un cas extrême de départ de malaïgues.

Description des trajectoires: La figure 8 décrit dans un premier temps le risque de malaïgue. Nous prédisons que ce risque est déjà maîtrisé pour l'étang d'Ingril alors qu'il peut évoluer vers des crises dystrophiques régulières et saisonnières dans l'étang du Méjean. En effet, avec l'augmentation des macro-algues qui s'accumulent sur le fond en période estivale, on peut s'attendre à des risques plus élevés de départ de malaïgues saisonnièrement. Nous prédisons que les trajectoires entre biomasses de macro-algues (figure 6) et probabilité de départ de crises dystrophiques sur le Méjean seront proches. La figure décrit ensuite la qualité du milieu vis-à-vis de la restauration en termes de qualité de l'eau associée à sa charge en éléments nutritifs. Le très bon état étant déjà atteint sur l'étang d'Ingril pour ce critère, nous prédisons cependant des paliers pour l'étang du Méjean. La situation s'est améliorée suite aux aménagements de la step mais cette meilleure qualité peut induire un relargage en éléments nutritifs jusqu'à un plateau marquant la stabilité de ce compartiment et dont l'évolution globale sera plus lente sans action complémentaires de restauration.

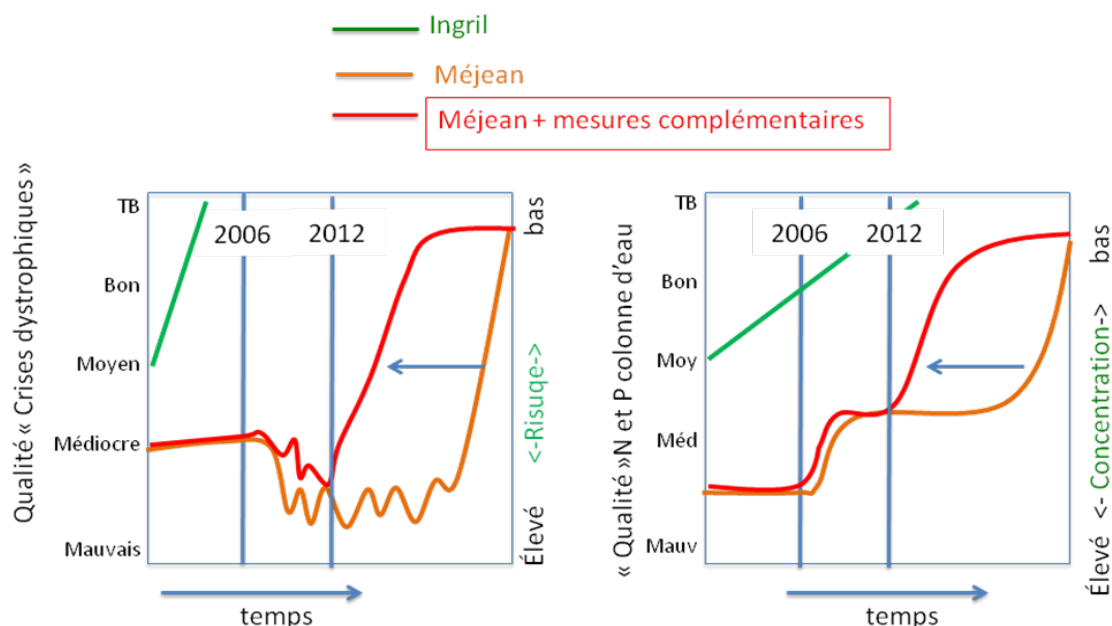


Figure 8 : Trajectoires probables des crises dystrophiques et des éléments nutritifs N et P dans la colonne d'eau, vis-à-vis de la restauration des étangs d'Ingril et du Méjean ; avec (rouge) ou sans (orange) action complémentaire sur l'étang le plus dégradé : l'étang du Méjean.

Données permettant d'évaluer cette prédiction : Les résultats du RSL ne mentionnent pas de malaïgue sur l'étang d'Ingril avant les aménagements de la STEP MAERA. Sur l'étang du Méjean, La dernière malaïgue date de 2003, année de canicule estivale (Communication personnelle Maison de la nature, mai 2013). L'étendue spatiale et temporelle des malaïgues a régressée ces dernières années, mais l'accumulation des macro-algues qui prolifèrent de plus en plus depuis 2006 peut hypothétiquement conduire à des départs des crises dystrophiques de faible ampleur et ne couvrant que partiellement l'étang. La réapparition de forte densité d'ulves depuis 2009 semble cependant indiquer que la trajectoire proposée pour la restauration passive de l'étang est bien engagée. En effet, la succession végétale du phytoplancton vers les macro-algues est un signe d'amélioration de la qualité de l'étang bien que les macro-algues trop abondantes contribuent à dégrader l'eau en période estivale.

415. Analyse de l'évolution des herbiers

Hypothèse(s) préalable(s) : L'herbier est en cours de restauration sur l'étang d'Ingril. Son retour sur l'étang du Méjean est basé sur l'hypothèse d'une réduction des macro-algues et des éléments N et P dans le sédiment. Si les conditions d'implantation de l'herbier deviennent possibles, la reconquête de l'étang du Méjean par l'herbier sera longue.

Description des trajectoires : La figure 9 décrit la qualité de l'herbier vis-à-vis de la restauration, déclinée en deux variables : (i) taille (ii) capacité d'accueil du milieu.

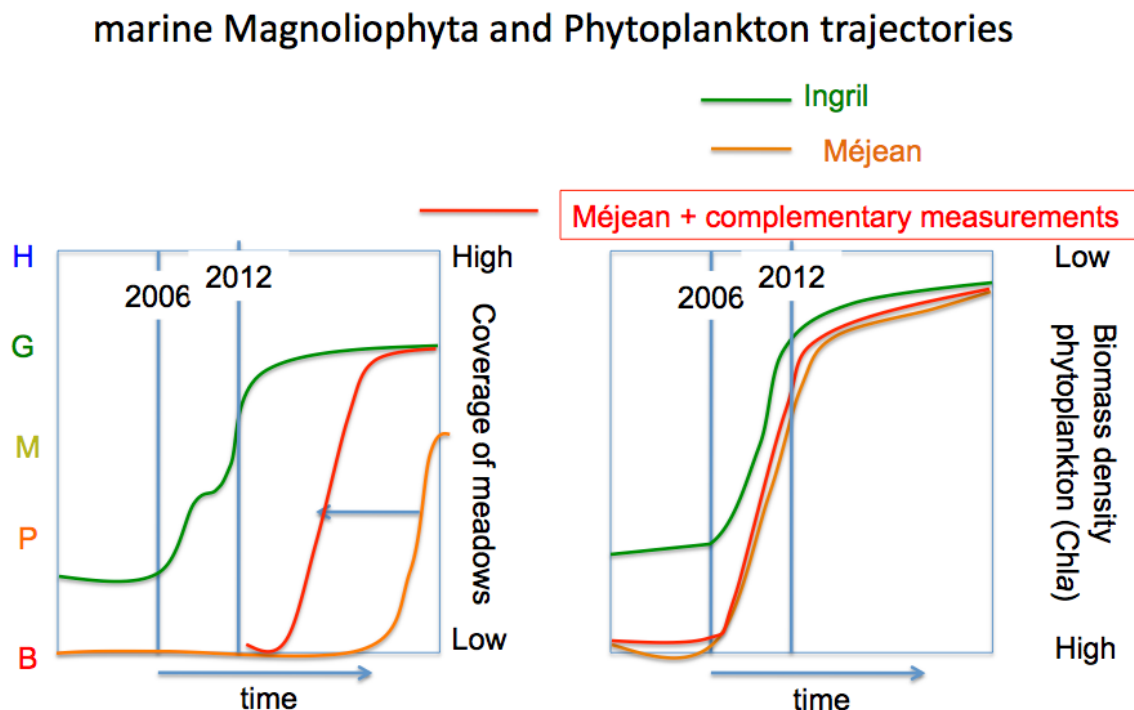


Figure 9 : Trajectoires probables de l'herbier (Magnoliophyta) et de la biomasse du phytoplankton vis-à-vis de la restauration des étangs d'Ingril et Méjean, avec ou sans action complémentaire sur l'étang le plus dégradé : l'étang du Méjean.

La prédiction indique une amélioration rapide des deux variables liées à l'herbier sur Ingril, avec un ralentissement associé à la reconquête plus lente attendue sur l'étang d'Ingril Nord. Sur le Méjean nous prédisons que la taille de l'herbier et la capacité du milieu à l'accueillir resteront très faibles si aucune action d'amélioration de la qualité du milieu n'est effectuée.

Données permettant d'évaluer cette prédiction : Le recouvrement par les macrophytes de type herbier a été cartographié sur Ingril, montrant que le compartiment herbier domine sur le compartiment macro-algues et que l'écosystème, notamment Ingril Sud, avait déjà atteint un bon état du point de vue du diagnostic macrophyte du RSL avant 2006. La communication avec la mer par un grau et l'éloignement géographique de MAERA en sont en partie responsables. Concernant l'étang du Méjean, un document fait état de traces d'herbiers relictuels et dégradés (Région Languedoc Roussillon, 2010a). Dans l'état actuel, l'étang du Méjean ne permet pas l'accueil d'herbier et de nombreuses années seront nécessaires au déchargement du surplus d'éléments nutritifs cumulés dans les sédiments afin de permettre cet accueil.

416. Analyse de l'évolution de l'avifaune

Hypothèse(s) préalable(s) : les oiseaux se nourrissant dans le sédiment vont être défavorisés par un sédiment recouvert d'herbier, induit par la restauration du milieu. Les oiseaux piscivores vont bénéficier des nurseries de poissons offertes par les herbiers et les anatidés herbivores de la ressource alimentaire directe qu'apporte l'herbier.

Description des trajectoires: La figure 10 illustre que, malgré leurs états contrastés vis-à-vis de l'eutrophisation, les étangs d'Ingril et Méjean abritent tous deux de nombreux oiseaux. Le Méjean est particulièrement connu pour ses flamants roses (environ 800 individus recensés lors de comptages réguliers) (Région Languedoc-Roussillon, 2010a). Dans un premier temps, nous prédisons une stabilité de la densité de ces flamants roses dans l'étang du Méjean puis une baisse de cette densité. Cette trajectoire a été envisagée car l'amélioration de la qualité des sédiments est un processus passif et long, qui pourra faire suite à la reconquête du milieu par les herbiers, potentiellement nuisible à la présence de flamants roses. En cas de restauration active, la réimplantation d'herbiers pourrait faire baisser l'occurrence des flamants roses à moyen terme (décennies). Sur l'étang d'Ingril la présence d'herbier est déjà importante, celle des flamants roses est rare : l'impact de la restauration sur ces oiseaux est négligeable. Pour les oiseaux herbivores et granivores, on peut s'attendre à une augmentation des densités conjointe au développement de l'herbier lors du processus de restauration.

AVIFAUNE

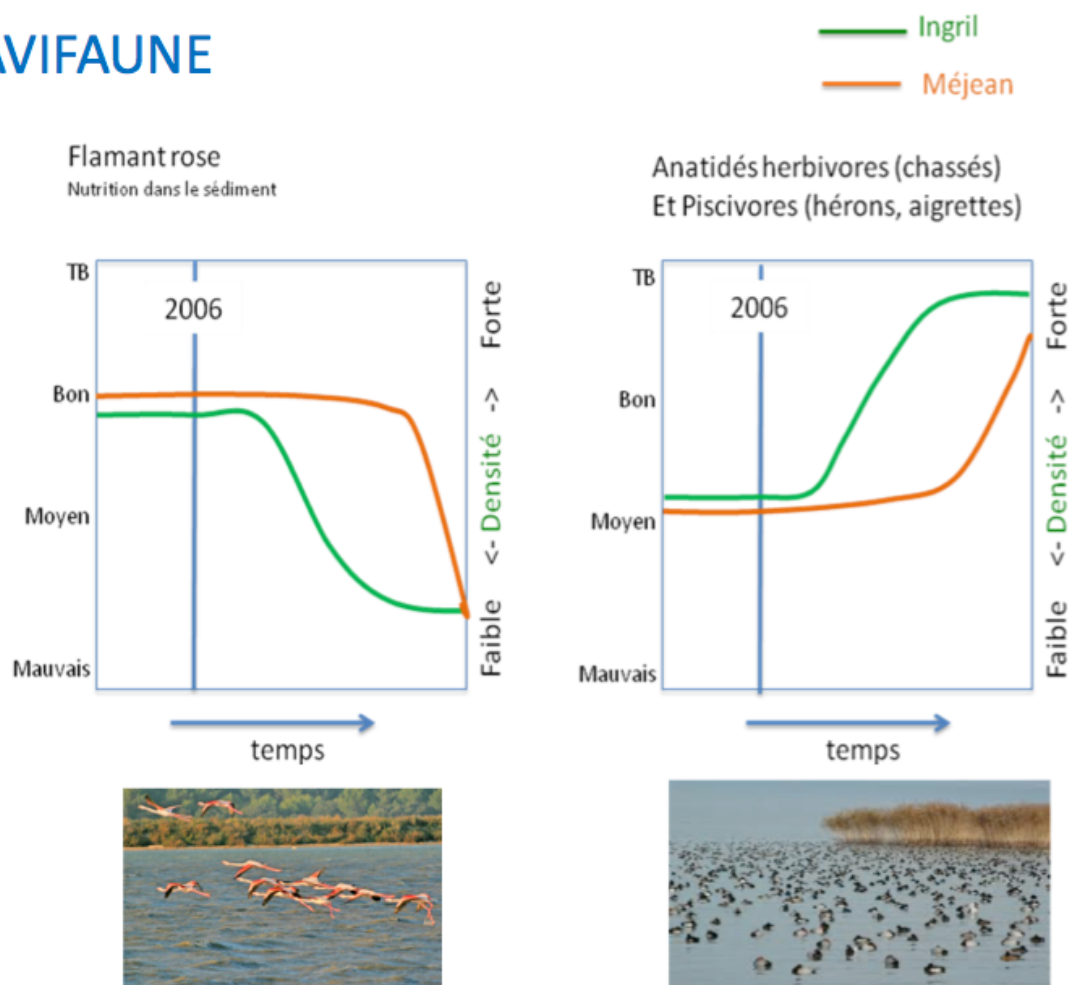


Figure 10 : Trajectoires probables de l'avifaune (flamants roses à gauche, oiseaux herbivores et piscivores à droite) vis-à-vis de la restauration des étangs d'Ingril et Méjean, avec ou sans action complémentaire sur l'étang le plus dégradé : l'étang du Méjean.

Données permettant d'évaluer cette prédiction : Les herbiers et les flamants roses sont au cœur d'une rétroaction négative : une forte couverture d'herbier dense va gêner la nutrition des flamants roses qui cherchent leurs proies dans le sédiment, et le sédiment remué par ces oiseaux pour se nourrir va augmenter la turbidité de l'eau et défavorise le développement d'herbiers. Ceci est d'autant plus vrai que le sédiment est vaseux. (Communication personnelle JB Mouronval, Juin 2013). De façon annexe, il faut préciser que certains oiseaux peuvent d'une part contribuer à accélérer le relargage sédimentaire en favorisant sa remise en suspension, et d'autre part que le broutage des herbiers par les oiseaux hivernants peut faire varier l'abondance des zostères (Hily & Bajjouk, 2010). Les oiseaux herbivores sont quant à eux positivement corrélés à la présence d'herbiers : l'augmentation de Foulques, macroules, Cygnes tuberculés, Canards Chipeaux, Canards siffleurs et autres canards granivores comme le colvert peut être observée si le site ne subit pas une pression anthropique trop forte (chasse, tourisme de vision). (cf Communication personnelle J.B. Mouronval, Juin 2013 ; Hily & Bajjouk, 2010).

42. Analyse des interactions entre facteurs et de la trajectoire écologique de restauration passive

Les trajectoires des différentes variables écologiques (figures 5 à 10) estimées au cours du temps peuvent être différentes selon la variable considérée. Certaines variables pour lesquelles nous avons trop peu de données pour envisager des trajectoires de restauration ont été évoquées mais abandonnées (Ressources halieutiques, contaminants chimiques (Ifremer, 2010b)). Les trajectoires de restauration qui ont été proposées au groupe d'experts ainsi qu'aux interlocuteurs rencontrés à la Tour du Valat ont majoritairement été validées et quelques modifications ont été apportées : la pente des trajectoires envisagées pour le phytoplancton a été renforcée car la vitesse d'évolution du compartiment phytoplanctonique avait été légèrement sous-estimée, des fluctuations importantes des biomasses algales ont été prises en compte. Ce travail a permis d'évaluer les trajectoires écologiques de restauration les plus probables dans l'état actuel des connaissances. Il en ressort que le processus de restauration est principalement caractérisé par les successions végétales décrites par Schramm pour l'eutrophisation (Annexe B1), mais comme envisagé en amont, n'évoluant pas simplement à l'inverse du chemin d'eutrophisation suivi. Les premières étapes de restauration ont pu être envisagées, à savoir une chute rapide du phytoplancton (figure 4, Annexe B2) laissant place au retour de macro-algues, effectivement observées sur le Méjean depuis trois ans (Ifremer, 2010a). Le retour vers un état stable dominé par les Herbiers nécessite une durée plus ou moins longue selon le stock sédimentaire en azote et phosphore présent dans l'étang considéré, ainsi que selon les efforts pour réduire les rejets du bassin versant. Pour le Méjean, cette durée peut être estimée entre 50 ans et un siècle d'après les travaux issus du projet Restolag mené par Ifremer. Elle permettrait d'atteindre un seuil acceptable en N et P dans les sédiments actuellement estimé à 40 g.m² pour l'azote et en cours d'estimation pour le phosphore. (Ifremer, communication personnelle V. Ouisse, juin 2013).

Ce travail a donc permis de mettre à jour de nombreuses convergences bien qu'un nombre limité de controverses soient apparues parmi les experts. Trois controverses majeures ont pu être identifiées :

421. Controverse quant au choix de l'hippocampe

Le choix de l'hippocampe comme espèce emblématique associée à la restauration des étangs est controversée. Certains environnementalistes précisent que le retour de cette espèce dans les palavasiens est peu probable, d'autant plus dans l'étang du Méjean qui subit de fortes variations physico-chimiques annuelles, peu compatibles avec l'écologie de l'hippocampe qui reste cependant relativement mal connue. Des spécialistes de la faune de l'étang de Thau (Communication personnelle Michel Cantou, Juillet 2013) indiquent que les espèces rencontrées dans cet étang supportent des variations de températures importantes et subsistent même en hiver dans l'étang. Notons qu'un hippocampe à museau court a été découvert par le Groupe d'Etude des Hippocampes (GEH) sur la zone dite "des Aresquiers" en 2005, bien que sa présence n'ait pas été prise en compte du fait de son absence dans la liste des directives Natura 2000 du site (GEH, 2010). La position des économistes est d'utiliser une espèce à forte valeur symbolique, qui soit parlante pour le public afin de contribuer à caractériser des changements de biodiversité induits par la restauration. Une étude confirme en effet un potentiel de sympathie de la société locale pour les hippocampes, et a permis de mettre en avant une impression de danger et de baisse d'abondance récente de ce groupe (CPIE Bassin de Thau, 2009). Il faut savoir que l'hippocampe est une des sept espèces de poissons de la famille des syngnatidés qui confèrent à l'herbier de zostère marine un fort intérêt patrimonial. (Hily & Bajjouk, 2010).

422. Controverse quant à la situation de référence

Des interrogations sur la pertinence d'un même état de référence (l'Ayrolle) pour des étangs aussi contrastés que l'Ingril et Méjean ont été émises. En effet, le choix d'un état de référence souhaitable pour procéder à des comparaisons est d'autant plus difficile que le milieu est dégradé (Mc Glathery *et al.*, 2010), ce qui est le cas du Méjean.

423. Controverse quant à la réimplantation d'herbier

La réimplantation d'herbiers en lagune oppose deux écoles. Les opposants à cette idée pensent que l'amélioration des conditions du milieu induit un retour naturel et rapide des herbiers si les autres conditions sont favorables (vents, salinité, nature du substrat...), et qu'il n'est donc pas nécessaire de lancer des démarches coûteuses et risquées (Paling *et al.*, 2009). Les partisans de la méthode la justifient par le fait que, dans les zones où l'herbier a disparu, une intervention de réimplantation peut s'avérer utile dans les endroits où l'espèce a déjà existé. Cette option est principalement envisagée du fait de la croissance lente (3-4 cm /an) de certaines phanérogames marines (Boudouresque, 2000).

Il faut noter que la réimplantation d'herbier reste expérimentale en France et connaît de nombreux échecs (Boudouresque, 2000) d'où la réticence de certains acteurs. Par ailleurs ces réimplantations ont connu des succès à l'étranger, où elles sont souvent traitées à grande échelle (Etats-Unis et Japon surtout), et parfois avec des espèces à croissance plus rapide que les espèces lagunaires françaises.

L'importance de la régression mondiale des herbiers à phanérogames marines ainsi que la lenteur de leur recolonisation naturelle ont conduit à envisager des réimplantations. Les premières transplantations d'herbiers auraient eu lieu dès 1939 en Europe (Paling *et al.*, 2009), ce qui représente probablement l'acte de restauration le plus ancien, et à partir des années 1947 sur la côte-est des Etats-Unis (Boudouresque, 2000). Une intensification mondiale des expériences de restauration des herbiers a eu lieu dans les années 1960 (Paling *et al.*, 2009).

Les réunions inter équipe ainsi que le rendez-vous avec Sven Lourié spécialiste de la réimplantation d'herbiers dans la région, ont permis de préciser notre démarche. Les forts taux d'échec des

tentatives de réimplantation antérieures (Communications personnelles Patrick Grillas, Tour du Valat ; Matthew Hebert Cépralmar ; Francesca Rossi, Ecosym ; Boudouresque, 2000) nous ont amené à nous orienter vers une réimplantation basée sur les graines, qui a donné des résultats satisfaisants et appréciables à moyen terme (11 ans) aux Etats-Unis. (Mc Glathery *et al.*, 2012).

Les courbes de salinité et température obtenues à partir des données Filmed pour Méjean montre des variations annuelles très étendues (**Annexe I**). Ces données serviront à vérifier la possibilité d'accueil des herbiers dans cet étang. La profondeur du Méjean est de 0,73 cm en moyenne (Noé, 2007). Le facteur limitant au retour d'herbiers serait plutôt la turbidité de l'eau et la trop grande richesse en éléments nutritifs (Charpentier *et al.*, 2005) du Méjean, puisque la zostère naine supporte mal les changements brusques et prolongés des taux en éléments nutritifs dans l'eau. (Hily & Bajjouk, 2010). La germination de potentielles graines dans un sédiment trop peu oxygéné peut aussi limiter le développement de phanérogames. Dans ce cas, la présence d'invertébrés benthiques joue un rôle important dans la survie des graines et semis (Plus *et al.*, 2007).

43. Analyse des effets de la restauration active sur les trajectoires

Les actions associées à une restauration active sont représentées par les trajectoires en rouge sur les figures 5 à 10.

- (1) Dans la majorité des cas, nous prédisons une durée de restauration réduite grâce aux actions de génie écologique envisagé. Les variables N et P sédimentaires, N et P dans la colonne d'eau, biomasse de macro-algues, taille de l'herbier et risque de crises dystrophiques font partie de cette catégorie.
- (2) On s'attend cependant à ce que certaines trajectoires restent relativement inchangées malgré ces actions. Cela peut s'expliquer par deux raisons majeures:

La variable est déjà un état avancé vis-à-vis de la restauration et les actions de restauration ont peu ou pas d'impact sur son évolution. La variable montre une inertie qui laisse envisager que les résultats des actions de restauration seront visibles à plus long terme : cela a pour conséquence un changement de trajectoire différé par rapport aux actions menées.

C'est le cas des variables qualitative et quantitative liées au phytoplancton, de la capacité à accueillir l'herbier et des stocks sédimentaires en N et P.

Des liens de cause à effet entre les variables fortement et positivement impactées par les actions de restauration active (1) peuvent s'appréhender de la façon suivante : l'enlèvement des macro-algues permet de décharger le compartiment sédimentaire en N et P ce qui minimise les risques de malaïgues et favorise le retour de l'herbier à moyen terme.

44. Analyse de l'importance de la fréquentation et des types d'usage

La typologie régionale des lagunes en fonction des types de services les plus représentatifs faisait apparaître l'importance des services récréatifs pour les étangs palavasiens, dont la situation à proximité de Montpellier est un atout pour cette fonction. Nous avons donc cherché à travers l'enquête à connaître l'importance de la fréquentation de ces sites, les motifs de non fréquentation et les types d'activités pratiquées.

441. Importance de la fréquentation des étangs palavasiens

Rappelons notre enquête a été menée auprès d'un échantillon de résidents et de touristes qui recouvre des usagers et des non usagers des étangs palavasiens. Il convenait en premier lieu d'évaluer leur connaissance de l'existence de ces étangs et la fréquence de fréquentation de ces sites.

Bien évidemment à ce niveau on observe des profils différents entre les résidents et les touristes qui pour près de la moitié (43%) ne connaissent pas l'existence de ces étangs. Il apparaît que près des trois quart (69%) des résidents ainsi que presque la moitié (42%) des touristes fréquentent les étangs (70%), ce qui atteste d'un fort intérêt pour ces sites qui ont ainsi une forte attractivité vis-à-vis de la population en général.

Tableau 20 : Connaissance des enquêtés sur l'existence des étangs palavasiens.

	Résidents		Touristes	
	Nb	% cit.	Nb	% cit.
Absence de connaissance	15	16%	28	43%
Oui, j'en ai entendu parler	14	15%	10	15%
Oui, j'y suis déjà allé	65	69%	27	42%
Total	94	100%	65	100%

Source : enquête LAMETA 2013

Pour les résidents cette connaissance des étangs est corrélée à l'origine des personnes : elle est plus importante pour ceux qui sont originaire de la région (Test du Khi-2 significatif à 95%), ce qui peut être interprété comme le fait que cette fréquentation pourrait être liée à une meilleure connaissance de l'existence de ces milieux, expliquant ainsi aussi la moindre fréquentation des touristes qui ont *a priori* une plus forte méconnaissance de ces sites

Tableau 21 : Connaissance des enquêtés sur l'existence des étangs palavasiens en fonction de leur origine

	Non originaire de la région	originaire de la région	Total
Absence de connaissance	9	6	15
Oui, j'en ai entendu parler	5	9	14
Oui, j'y suis déjà allé	45	20	65
Total	59	35	94

Source : enquête LAMETA 2013

L'évaluation de la fréquence de fréquentation des étangs pour ceux qui connaissent ces milieux, témoigne de deux profils différenciés en fonction de la régularité. On peut ainsi distinguer ceux qui viennent ponctuellement (moins d'une fois ou une fois par an) qui représentent 34% des résidents et 31% des touristes tandis que ceux dont on peut considérer qu'ils viennent régulièrement (c'est-à-dire plus d'une fois par an) qui concernent 38% des résidents et 11% des touristes, ce qui peut s'expliquer par leur temps de présence forcément moindre dans la région. Rapportées aux seuls usagers des étangs ces proportions évoluent et on observe une partition équilibrée pour les résidents avec 49% qui fréquente occasionnellement les étangs contre 51% qui ont une fréquentation plus régulière, tandis que pour les touristes ces proportions sont alors respectivement de 74% et 26%. .

Tableau 22 : Fréquence de fréquentation des enquêtés des étangs palavasiens

	Résidents		Touristes	
	Nb	% cit.	Nb	% cit.
0 fois	29	31%	38	59%
Moins 1 fois/an	21	22%	18	28%
1 fois/an	11	12%	2	3%
1 à 2 fois/an	8	9%	2	3%
Plus de 2 fois/an	25	27%	5	8%
Total	94	100%	65	100%

Source : enquête LAMETA 2013

La fréquentation des résidents est corrélée au niveau de revenu (Test du Khi-2 significative à 99%) ainsi qu'avec les catégories socioprofessionnelles : les chômeurs et étudiant ont plutôt tendance à ne pas fréquenter les étangs tandis qu'au contraire la fréquentation est plus forte pour les cadres et professions supérieures ainsi que pour les artisans, commerçants et chefs d'entreprise. (Test du Khi-2 significatif à 95%)

Tableau 23 : Fréquentation des étangs en fonction des niveaux de revenu des enquêtés

	<1000	1000-2000	>2000	Total
0 fois	16	6	7	29
Moins 1 fois/an	7	11	3	21
1 fois ou 2 fois	6	16	20	42
Total	29	33	30	92

Source : enquête LAMETA 2013

442. Identification des facteurs de non fréquentation des étangs palavasiens

Plusieurs motifs de non fréquentation des étangs palavasiens ont été identifiés, dont bien évidemment la non connaissance de l'existence de ces milieux qui est le premier cité, notamment pour les touristes (54% des motifs évoqués). La distance intervient aussi de façon non négligeable ainsi que l'absence d'intérêt et pour quelques-uns des résidents (15%) la gêne liée à l'odeur des étangs..

Tableau 24 : Raison de non fréquentation des étangs palavasiens¹

	Résidents		Touristes	
	Nb	% cit.	Nb	% cit.
Je ne connais pas ces étangs	10	24%	26	54%
Ils sont trop loin	9	22%	6	13%
ça ne m'intéresse pas	8	20%	4	8%
Ils sont trop pollués/ odeurs gênantes	6	15%	2	4%
Autres: préciser.	4	10%	8	17%
Sans réponse	4	10%	2	4%
Total	41	100%	48	100%

Source : enquête LAMETA 2013

443. Identification des zones privilégiées et des activités pratiquées

L'analyse des zones où les enquêtés ont déclaré aller le plus souvent, on observe en premier lieu que la majorité des touristes (75%) et près de la moitié des résidents (43%) n'ont pas de zone de prédilection. Ce sont ensuite les pistes cyclables qui se distinguent par une fréquentation légèrement plus forte.

Tableau 25 : Priorisation des zones fréquentées par les enquêtés

	Résidents		Touristes	
	Nb	% cit.	Nb	% cit.
Aucune	46	43%	50	75%
Piste cyclable	26	24%	8	12%
Chemin de halage	16	15%	3	5%

¹ Le total des réponses est supérieur à l' effectif de ceux qui vont 0 fois sur les étangs car les enquêtés avaient la possibilité de choisir plusieurs raisons.

Sentier de la maison de la nature	16	15%	4	6%
Sans réponse	3	3%	2	3%
Total	107	100%	67	100%

Source : enquête LAMETA 2013

Concernant les activités, il ressort que ce sont majoritairement la promenade et découverte de la nature qui sont pratiquées, soit à pied soit en vélo. 83% des résidents et 93% des touristes sont concernés. Il apparaît aussi que plus de la moitié des résidents n'ont pas fréquenté la maison de la nature de Lattes. L'importance de cette proportion est principalement due à l'absence de fréquentation de certains (31%). En effet pour les résidents on observe bien évidemment une corrélation entre l'importance de la fréquentation et la fréquentation de la maison de la nature (Test du Khi-2 significatif à 99%). Le solde de ceux qui fréquentent les étangs palavasiens et qui sont jamais allés à la maison de la nature est de 25% (Tableau 27), mais il convient de noter une forte proportion de non réponse à cette question qui peut signifier que les enquêtés ne connaissaient pas la maison de la nature de Lattes.

Tableau 26 : Activités pratiquées lors de la fréquentation des étangs.

	Résidents		% des usagers	Touristes		% des usagers
	Nb	% cit.		Nb	% cit.	
Promenade à pieds, découverte de la nature	44	35%	50%	15	21%	56%
Promenade à vélo	29	23%	33%	10	14%	37%
<i>Sous total</i>	63	58%	83%	25	35%	93%
Sports nautiques	7	6%	8%	1	1%	4%
Promenade du chien	4	3%	5%	0	0%	0%
Promenade à cheval	3	2%	3%	1	1%	4%
Pêche de loisir	1	1%	1%	0	0%	0%
Non fréquentation	38	30%		45	63%	
Total	126	100%		72	100%	

Source : enquête LAMETA 2013

Tableau 27 : Visite de la maison de la nature (résidents)

	Nb	% cit.
1 fois/an	11	12%
1 à 2 fois/an	4	4%
Plus de 2 fois/an	9	10%
Jamais	53	56%
Sans réponse	17	18%
Total	94	100%

Source : enquête LAMETA 2013

La fréquentation d'autres étangs de la région, fait apparaître des profils inversés entre les résidents qui pour 60% ont aussi fréquenté d'autres étangs de la région et les touristes qui au contraire sont 70% à n'être jamais allés sur d'autres étangs.

Tableau 28 : Fréquentation d'autres étangs de la région

	Résidents		Touristes	
	Nb	% cit.	Nb	% cit.
Non fréquentation d'autres étangs	38	40%	45	69%
Fréquentation d'autres étangs	56	60%	20	31%
Total	94	100%	65	100%

Source : enquête LAMETA 2013

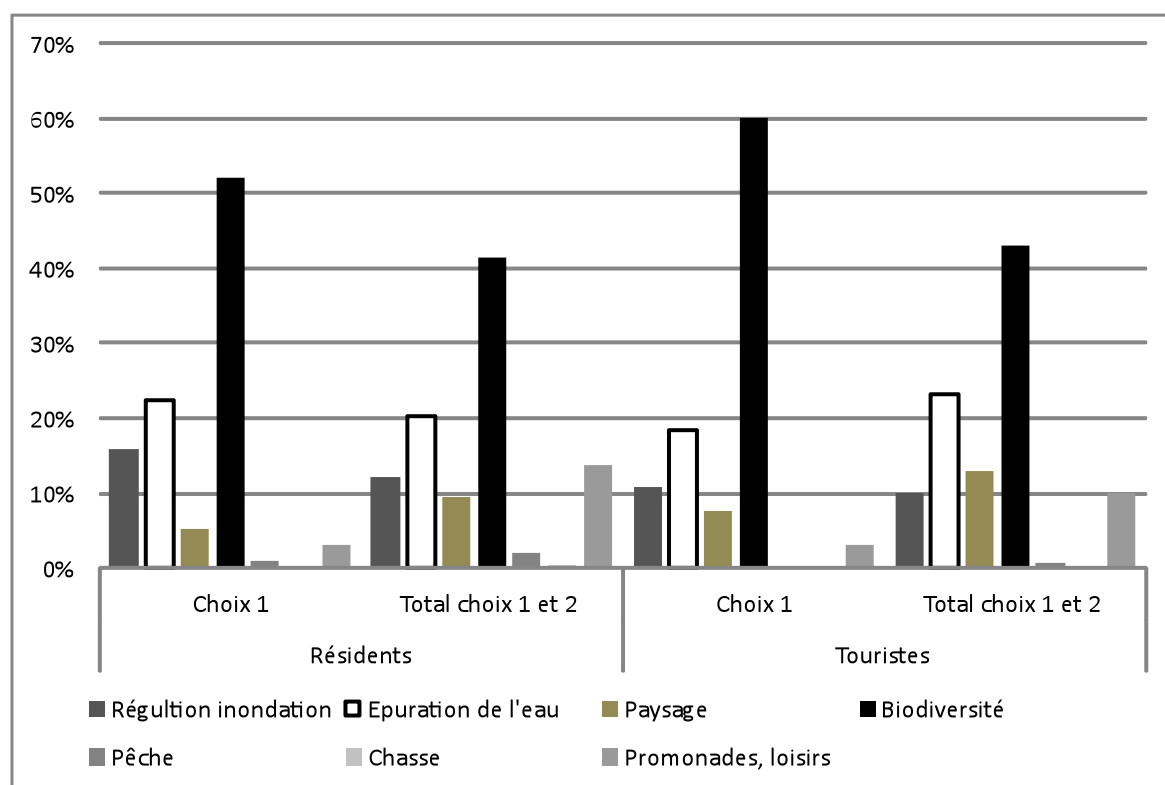
45. Analyse des perceptions de l'étang du Méjean par les usagers et non usagers

La prise en compte des services écosystémiques dans les politiques publiques nécessite d'identifier le niveau de connaissance, l'intérêt, la reconnaissance sociale que les populations ont pour ces services. Il s'agit à la fois d'identifier les niveaux d'information mais aussi de hiérarchiser ceux qui recueillent le plus d'intérêt pour les usagers et non usagers de complexes lagunaires. L'étude des perceptions s'inscrit dans le champ de l'analyse des représentations sociales qui permet de rendre compte des jugements, des valeurs et des informations auxquels un groupe social ou un individu se réfère. Ainsi l'enquête menée comportait une question où il était demandé aux enquêtés de choisir de façon ordonné parmi une liste des principaux services rendus par les écosystèmes lagunaires les deux qui leur paraissait les plus importants. L'examen des choix effectués en priorité N°1 fait apparaître aussi bien pour les touristes (60%) que pour les résidents (52%) la prédominance de la contribution à la biodiversité. Vient ensuite le service d'épuration des eaux, avec là aussi des proportions proches pour les résidents et les touristes.

Tableau 29 : Hiérarchisation des services écosystémiques les plus importants en fonction des types de population.

	Résidents						Touristes					
	Priorité 1		Priorité 2		total		Priorité 1		Priorité 2		total	
	Nb	% cit.	Nb	% cit.	Nb	% cit.	Nb	% cit.	Nb	% cit.	Nb	% cit.
Régulation inondations	15	16%	8	9%	23	12%	7	11%	6	9%	13	10%
Epuration de l'eau	21	22%	17	18%	38	20%	12	19%	18	28%	30	23%
Paysage	5	5%	13	14%	18	10%	5	8%	12	19%	17	13%
Biodiversité	49	52%	29	31%	78	41%	39	60%	17	26%	56	43%
Pêche	1	1%	3	3%	4	2%	0	0%	1	2%	1	1%
Chasse	0	0%	1	1%	1	1%	0	0%	0	0%	0	0%
Promenades, loisirs	3	3%	23	25%	26	14%	2	3%	11	17%	13	10%
Total	94	100%	94	100%	188	100%	65	100%	65	100%	130	100%

Source : enquête LAMETA 2013



Source : enquête LAMETA 2013

Figure 11 : Comparaison des services écosystémiques jugés les plus importants selon les types de population

Le regroupement des services en fonction des catégories du Millenium Ecosystem Assessment confirme l'importance des catégories support et régulation. Les services culturels sont quant à eux cités en seconde priorité par 43% des résidents et 37% des touristes.

Tableau 30 : Perception des services écosystémiques en fonction des catégories de référence.

	Résidents						Touristes					
	Priorité 1		Priorité 2		total		Priorité 1		Priorité 2		total	
	Nb	% cit.	Nb	% cit.	Nb	% cit.	Nb	% cit.	Nb	% cit.	Nb	% cit.
Régulation	36	38%	25	27%	61	32%	19	29%	24	37%	43	33%
Culturels	9	10%	40	43%	49	26%	7	11%	24	37%	31	24%
Support	49	52%	29	31%	78	41%	39	60%	17	26%	56	43%
Total	94	100%	94	100%	188	100%	65	100%	65	100%	130	100%

Source : enquête LAMETA 2013

Les enquêtés ont été interrogés quant à leurs préférences concernant les aménagements à mettre en place en accompagnement de la restauration écologique. Ces sont les panneaux et les huttes d'observation qui sont le plus souvent cités : les panneaux d'information arrivent en première position pour plus d'un quart des résidents (26%) tandis que ce sont plutôt les huttes qui sont préférées par les touristes (29%). Il convient de souligner l'importance de la part des résidents (20%) qui ne souhaitent aucun aménagement.

Tableau 31 : Perception des enquêtés sur les choix d'aménagements autour de l'étang

	Résidents						Touristes					
	Choix 1		Choix 2		total		Choix 1		Choix 2		total	
	Nb	% cit.	Nb	% cit.	Nb	% cit.	Nb	% cit.	Nb	% cit.	Nb	% cit.
Panneaux d'information	24	26%	22	23%	46	24%	17	26%	18	28%	35	27%
Huttes d'observation	21	22%	23	25%	44	23%	19	29%	17	26%	36	28%
Tables de pique-nique	10	11%	8	9%	18	10%	5	8%	5	8%	10	8%
Equipements sportifs	10	11%	3	3%	13	7%	5	8%	2	3%	7	5%
Bancs	5	5%	17	18%	22	12%	9	14%	6	9%	15	12%
Parcs d'enfants	3	3%	3	3%	6	3%	2	3%	2	3%	4	3%
Autres	1	1%	1	1%	2	1%					0	0%
Aucun aménagement	19	20%	10	11%	29	15%	5	8%	15	23%	20	15%
Sans réponse	1	1%	7	7%	8	4%	3	5%			3	2%
Total	94	100%	94	100%	188	100%	65	100%	65	100%	130	100%

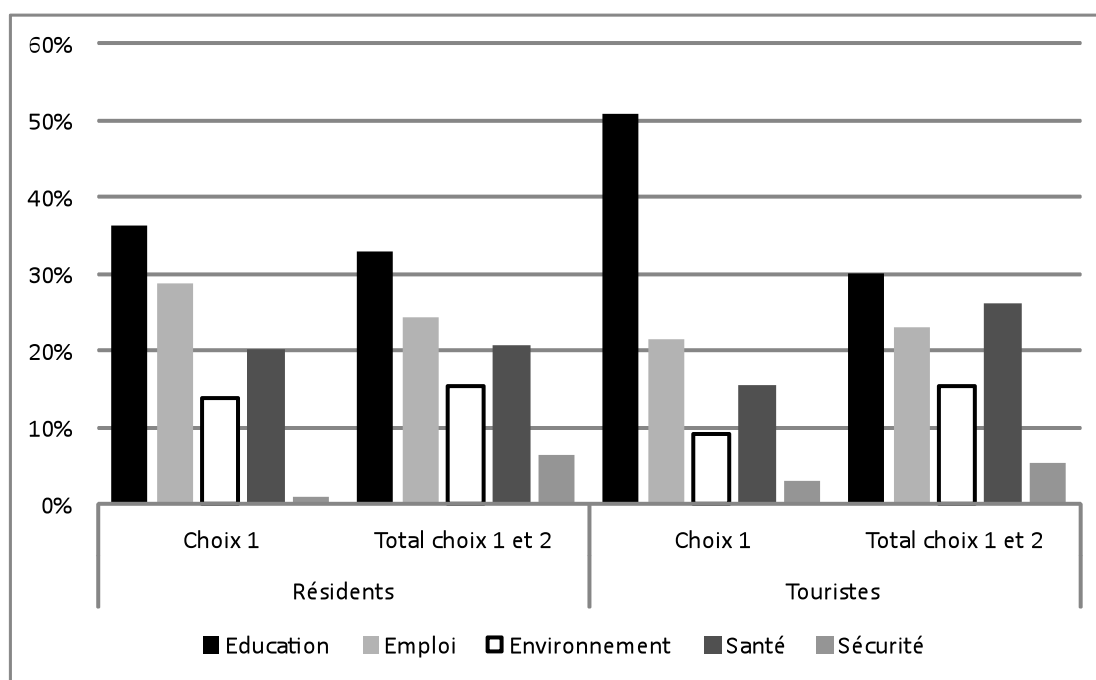
Source : enquête LAMETA 2013

Enfin, nous avons demandé aux enquêtés de hiérarchiser les thèmes prioritaires pour l'allocation des fonds publics de façon à identifier les plus sensibles à l'environnement. C'est l'éducation et l'emploi qui sont les thèmes les plus souvent choisis en priorité N°1 par près d'un tiers des résidents (36%) et la moitié des touristes (51%) pour l'éducation et par respectivement 29% et 22% des résidents et des touristes pour l'emploi. L'environnement n'arrive qu'en 4^e position et correspond à une priorité pour seulement 14% des résidents et 9% des touristes.

Tableau 32 : Perception des enquêtés sur la priorité d'utilisation des fonds sociaux

	Résidents						Touristes					
	Priorité 1		Priorité 2		total		Priorité 1		Priorité 2		total	
	Nb	% cit.	Nb	% cit.	Nb	% cit.	Nb	% cit.	Nb	% cit.	Nb	% cit.
Education	34	36%	28	30%	62	33%	33	51%	6	9%	39	30%
Emploi	27	29%	19	20%	46	24%	14	22%	16	25%	30	23%
Santé	19	20%	20	21%	39	21%	10	15%	24	37%	34	26%
Environnement	13	14%	16	17%	29	15%	6	9%	14	22%	20	15%
Sécurité	1	1%	11	12%	12	6%	2	3%	5	8%	7	5%
Total	94	100%	94	100%	188	100%	65	100%	65	100%	130	100%

Source : enquête LAMETA 2013



Source : enquête LAMETA 2013

Figure 12 : Comparaison de la perception des enquêtés sur les thèmes prioritaires pour l'allocation des fonds publics

46. Analyse des préférences des enquêtés par rapport aux quatre scénarios proposés

En complément de la modélisation des consentements à payer, il est possible d'étudier la répartition des montants de ces consentements, pour les résidents et les touristes. On observe qu'en moyenne ces consentements sont croissants du scénario n°1 au scénario n°4, tant pour les résidents que pour les touristes, sachant cependant que les montants proposés et les cartes de paiement étaient différentes pour les deux populations.

Tableau 33 : Distribution des consentements à payer des résidents

	Scénario 1		Scénario 2		Scénario 3		Scénario 4	
	Nb	% cit.	Nb	% cit.	Nb	% cit.	Nb	% cit.
Moins de 10	53	56%	29	31%	23	25%	19	20%
De 10 à 19	16	17%	22	23%	17	18%	17	18%
De 20 à 29	9	10%	20	21%	16	17%	15	16%
De 30 à 39	9	10%	15	16%	20	21%	11	12%
De 40 à 49	1	1%	2	2%	9	10%	11	12%
50 et plus	6	6%	6	6%	9	10%	21	22%
Total	94	100%	94	100%	94	100%	94	100%
Moyenne	11,88		17,48		22,27		26,5	
Médiane	5		17,5		21		27,5	

Source : enquête LAMETA 2013

Tableau 34 : Distribution des consentements à payer des touristes

	Scénario 1		Scénario 2		Scénario 3		Scénario 4	
	Nb	% cit.	Nb	% cit.	Nb	% cit.	Nb	% cit.
Moins de 7	56	86%	43	66%	32	49%	30	46%
De 7 à 13	5	8%	15	23%	20	31%	16	25%
De 14 à 20	3	5%	6	9%	12	19%	18	28%
De 21 à 27	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
De 28 à 34	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
35 et plus	1	2%	1	2%	1	2%	1	2%
Total	65	100%	65	100%	65	100%	65	100%
Moyenne	3,29		5,88		7,58		8,94	
Médiane	0		5		7		7	

Source : enquête LAMETA 2013

Conformément aux distributions des consentements à payer le scénario que les enquêtés ont déclaré préférer est le scénario n°4 aussi bien pour les résidents que pour les touristes. Il s'agit du scénario qui correspond au niveau d'herbier le plus important à la mise ne place d'aménagements supplémentaires qui soient équipés de façon à éviter le dérangement de la faune. Le scénario 1 quant à lui n'a été sélectionné que par un seul résident.

Tableau 35 : Distribution des enquêtés en fonction du scénario préféré

	Résidents		Touristes	
	Nb	% cit.	Nb	% cit.
1	1	1%	0	0%
2	12	13%	9	14%
3	9	10%	10	15%
4	72	77%	46	71%
Total	94	100%	65	100%

Source : enquête LAMETA 2013

47. Typologie

La réalisation de la classification hiérarchique à la suite de l'ACM a permis de définir 5 classes, dont les effectifs sont relativement équilibrés (cf. Tableau 36).

Tableau 36 : Classification des enquêtés

Classes	Modalité déterminantes	Effectifs	Caractérisation des classes
1	Santé et sécurité, 1000 à 2000 euros	27	Individus de revenu intermédiaire priorisant la santé
2	Education, usages diversifiés et > 2000 euros	56	Individus priorisant l'éducation, plutôt à haut revenu et ayant des usages diversifiés des étangs
3	Environnement, Promenade, services de support	26	Individus priorisant l'environnement, dont l'usage des étangs est plutôt de type promenade avec une sensibilité importante à la biodiversité
4	Promenade, emploi, > 45 ans et services de régulation ou culturels	13	Individus avec un usage de type promenade, priorisant l'emploi, plutôt âgés et avec une sensibilité aux services de régulation ou culturels
5	Emploi, Non fréquentation des étangs, services de régulation ou culturels, < 1000 euros	37	Individus priorisant l'emploi, ne fréquentant pas les étangs, de faible revenu et avec une sensibilité aux services de régulation ou culturels

Source : enquête LAMETA 2013

Il apparaît que ces classes ne sont pas corrélées avec le choix des scénarios préférés. Par contre l'évaluation des consentements moyens par scénario au sein de chaque classe témoigne de différences significatives (Tableau 37)

Tableau 37 : Montant moyens des consentements à payer pour les scénarios en fonction des classes définie par la typologie

Classes	Scénario 1		Scénario 2		Scénario 3		Scénario 4	
1	10,48	3°	14,44	3°	19,56	2°	22,74	2°
2	7,07	4°	12,25	4°	16,36	4°	18,79	4°
3	10,42	2°	16,00	2°	20,04	1°	25,65	1°
4	13,08	1°	16,31	1°	19,08	3°	22,62	3°
5	5,73	5°	8,68	5°	10,08	5°	12,03	5°
Moyenne	8,35		12,74		16,26		19,32	

Source : enquête LAMETA 2013

On observe que les individus ayant des valeurs pro environnementales (classe 3) ont des CAP plus forts, sauf pour le scénario 1 et 2, qui correspondent à un état de restauration faible. Par contre, assez étonnamment les CAP de la classe des individus plutôt à haut revenu et ayant des usages diversifiés des étangs (classe 2) sont toujours en 4° position quel que soit le scénario. Par contre les non usagers des étangs (classes 5) ont systématiquement les niveaux de CAP les plus faibles, avec une différence notable par rapport à la moyenne des autres. Plus généralement on observe que les classements sont identiques pour les scénarios 1 et 2 d'une part et 3 et 4 d'autre part.

48. Evaluation des bénéfices sur le bien être apporté par la restauration active

Outre l'évaluation des consentements à payer plusieurs questions visaient à préciser la façon dont les enquêtés ont effectué leurs choix et motivations vis-à-vis de leur contribution au financement d'un projet de restauration complémentaire. Il apparaît en premier lieu que seulement 11% des résidents et 17% des touristes ont déclaré être incertains de leurs choix en répondant aux questions sur les scénarios (Tableau 38). Par ailleurs à la question de savoir pourquoi les enquêtés étaient pour ou contre l'idée de contribuer au financement, il apparaît (Tableau 39) que les deux tiers sont favorables à une participation financière.

Tableau 38 : Appréciation des enquêtés sur leur capacité d'arbitrage au niveau des choix entre les scénarios

	Résidents		Touristes	
	Nb	% cit.	Nb	% cit.
Certain	43	46%	28	43%
Plutôt certain	41	44%	26	40%
Incertain	10	11%	11	17%
Total	94	100%	65	100%

Source : enquête LAMETA 2013

Tableau 39 : Complément d'information des enquêtés sur leur motivation à participer ou non au financement d'un projet de restauration

	Résidents		Touristes	
	Nb	% cit.	Nb	% cit.
Je ne suis pas contre le fait de contribuer	66	62%	43	64%
Je ne veux pas payer de nouvelle taxe	16	15%	17	25%
Je ne crois pas que ma contribution sera réellement utilisée pour la restauration de l'étang du Méjean	15	14%	4	6%
Ce n'est pas à moi de financer ces travaux	10	9%	3	5%
Total	107	100%	67	100%

Source : enquête LAMETA 2013

Plusieurs questions fermées visaient ensuite à appréhender les représentations des étangs par rapport à l'intérêt de contribuer à leur restauration. On note que quasiment tous les enquêtés (99% des résidents et 97% des touristes) sont d'accord avec le fait que les étangs font partie de notre patrimoine naturel et ils doivent être préservés pour les générations à venir.

Tableau 40 : Perception des enquêtés sur le fait que les étangs font partie de notre patrimoine naturel et ils doivent être préservés pour les générations à venir

	Résidents		Touristes	
	Nb	% cit.	Nb	% cit.
Pas d'accord du tout	0	0%	0	0%
Plutôt pas d'accord	0	0%	0	0%
<i>Sous total pas d'accord</i>	<i>0</i>	<i>0%</i>	<i>0</i>	<i>0%</i>
Plutôt d'accord	11	12%	8	12%
Tout à fait d'accord	82	87%	55	85%
<i>Sous total d'accord</i>	<i>93</i>	<i>99%</i>	<i>63</i>	<i>97%</i>
Ne sait pas	1	1%	2	3%
Total	94	100%	65	100%

Source : enquête LAMETA 2013

Les scénarios proposés correspondent plutôt bien aux attentes des enquêtés puisque seulement 22% des résidents et 15% des touristes pensent qu'ils ne correspondent pas à leurs attentes de restauration (Tableau 41). Par contre, les scénarios leur paraissent cohérents puisqu'ils sont aussi majoritairement convaincus du fait que la restauration envisagée permettra d'atteindre les objectifs escomptés (Tableau 42).

Tableau 41 : Perception des enquêtés sur le fait que les scénarios ne correspondent pas à leurs attentes de la restauration de cet étang

	Résidents		Touristes	
	Nb	% cit.	Nb	% cit.
Pas d'accord du tout	38	40%	35	54%
Plutôt pas d'accord	26	28%	15	23%
<i>Sous total pas d'accord</i>	<i>64</i>	<i>68%</i>	<i>50</i>	<i>77%</i>
Plutôt d'accord	17	18%	10	15%
Tout à fait d'accord	4	4%	0	0%
<i>Sous total d'accord</i>	<i>21</i>	<i>22%</i>	<i>10</i>	<i>15%</i>
Ne sait pas	9	10%	5	8%
Total	94	100%	65	100%

Source : enquête LAMETA 2013

Tableau 42 : Perception des enquêtés sur le fait qu'ils pensent que la restauration envisagée permettra d'atteindre les objectifs escomptés

	Résidents		Touristes	
	Nb	% cit.	Nb	% cit.
Pas d'accord du tout	3	3%	0	0%
Plutôt pas d'accord	5	5%	5	8%
<i>Sous total pas d'accord</i>	<i>8</i>	<i>8%</i>	<i>5</i>	<i>8%</i>
Plutôt d'accord	53	56%	44	68%

Tout à fait d'accord	23	25%	9	14%
<i>Sous total d'accord</i>	76	81%	53	82%
Ne sait pas	10	11%	7	11%
Total	94	100%	65	100%

Source : enquête LAMETA 2013

Enfin les enquêtés ne sont pas d'accord avec le fait que ces mesures de restauration seraient trop importantes par rapport à d'autres thèmes d'intervention (Tableau 43). Ils ne pensent pas non plus qu'il soit inutile de restaurer les étangs car tôt ou tard ils seraient voués à être submergés par la mer (Tableau 44).

Tableau 43 : Perception des enquêtés sur le fait que l'importance donnée à la restauration des étangs est trop importante car il y a d'autres causes prioritaires auxquelles cet argent pourrait être attribué

	Résidents		Touristes	
	Nb	% cit.	Nb	% cit.
Pas d'accord du tout	39	42%	22	34%
Plutôt pas d'accord	26	28%	22	34%
<i>Sous total pas d'accord</i>	65	70%	44	68%
Plutôt d'accord	16	17%	6	9%
Tout à fait d'accord	5	5%	3	5%
<i>Sous total d'accord</i>	21	22%	9	14%
Ne sait pas	8	9%	12	19%
Total	94	100%	65	100%

Source : enquête LAMETA 2013

Tableau 44 : Perception des enquêtés sur le fait qu'il soit inutile de restaurer car tôt ou tard les étangs seront submergés par la mer

	Résidents		Touristes	
	Nb	% cit.	Nb	% cit.
Pas d'accord du tout	55	59%	38	59%
Plutôt pas d'accord	22	23%	16	25%
<i>Sous total pas d'accord</i>	77	82%	54	84%
Plutôt d'accord	6	6%	3	5%
Tout à fait d'accord	2	2%	2	3%
<i>Sous total d'accord</i>	8	8%	5	8%
Ne sait pas	9	10%	6	9%
Total	94	100%	65	100%

Source : enquête LAMETA 2013

5. DISCUSSION

5.1 Trajectoires écologiques de restauration

Les données recueillies indiquent que la restauration passive du Méjean est engagée mais sera sûrement longue en raison de la forte inertie de son compartiment sédimentaire. En dehors de l'amélioration observée de la qualité de l'eau, la présence récente de macro-algues en témoigne (Ifremer, 2010). Celles-ci profitent directement de la baisse de compétition pour la lumière induite par la chute de biomasse phytoplanctonique dans un premier temps, puis de leur plus forte compétitivité pour les éléments nutritifs sédimentaires (communications personnelles B. Bec, R De Wit ; NB : du fait de la proximité de plusieurs espèces benthiques et épibenthiques avec le sédiment). La synergie des efforts portés au bassin versant et à la lagune est primordiale pour arriver à un résultat durable (Pôle-relais lagunes, 2007). Malgré l'arrêt des rejets issus de MAERA qui contribuait à environ 70% des apports totaux en N et P à la lagune (Noé, 2007), il reste encore des apports à maîtriser. Les problèmes de cabanisation, de rejets de stations d'épuration, de lessivage agricole ou encore d'eaux pluviales urbaines en sont des illustrations (Siel, 2010). Le programme « Vert Demain » et les mesures Bioconv prévus par le DOCOB sont des actions à appuyer dans ce sens. Cependant ces mesures ne s'appliquent qu'à la zone Natura 2000 des étangs Palavasiens et serait à intensifier à l'échelle de tout le bassin versant, et engageraient donc des implications à l'échelle du SAGE Lez-Mosson. L'incitation à la conversion à l'agriculture biologique est une piste permettant de limiter l'impact de cette activité sur les lagunes mais n'est utile qu'en terme de qualité vis-à-vis des phytosanitaires (biocides). Les apports de N et P s'en trouvent peu réduits.

En dehors de la quantité en éléments nutritifs, le retour d'un herbier à zostère est conditionné par plusieurs facteurs évoqués précédemment. Les fortes variations de salinité annuelles pour l'étang du Méjean ne semblent pas limiter le retour d'un herbier : les dessalures épisodiques et éphémères ne suffiraient pas à impacter la survie d'herbier comme la Zostère naine (Charpentier *et al.*, 2005) qui tolère par ailleurs des salinités allant de 7 à 40 g/L (Mouronval & Baudouin, 2010). De plus, il faut noter que les faibles salinités sont favorables à la germination des graines (Pergent & Le Ravallec, 2007). La nature du sédiment du Méjean, qui contient plus de 75% de vase (Castaings, 2012 ; RSL, 2013) n'est également pas une barrière flagrante au retour de l'herbier (Hebert *et al.*, 2012), d'autant plus si des opérations d'enlèvement de débris algaux (macro-algues de fond) sont prévues. En dehors de l'inventaire ZNIEFF qui indique la « présence relictuelle d'herbiers » sur la zone du Méjean-Pérols (Région LR, 2010a), aucune donnée n'indique leur présence historique sur cet étang, ce qui est un critère d'importance pour la réimplantation (Candela, 2008 ; Hebert *et al.*, 2012). Les connaissances sur les taux de contamination sont encore trop faiblement documentées (Ifremer 2010 a et b) alors qu'il a été montré que ce facteur est déterminant, et limitant au-delà de certains seuils, dans le développement de zostères (Yamamuro, 2012). De plus, la connectivité des étangs entre eux et avec le canal du Rhône à Sète par des passes rend le transfert de contaminants plus difficile à maîtriser et à estimer (Figure 11). Le développement d'herbier est donc envisageable mais présente des risques d'échec.

5.2. Choix d'une restauration active ou passive

On peut s'attendre à retrouver les fonctionnalités d'Ingril à moyen terme (plusieurs années) car l'état de l'herbier et la qualité de l'eau indiquent que la restauration est déjà avancée. La production de nouveaux stocks de graines et la reproduction végétative des genres *Zostera* et *Ruppia* déjà présents devraient implémenter cette restauration passive (Plus *et al.*, 2007), dans laquelle la qualité

de l'eau et la présence d'herbiers ont une rétroaction positive. L'étang d'Ayrolle semble alors un état de référence réaliste. La restauration passive nous paraît donc à privilégier. En ce qui concerne l'état ciblé pour Méjean, il a été intéressant de travailler avec le même état de référence que pour Ingril dans un premier temps pour confronter leurs trajectoires, visualiser les différences d'objectifs et de pas de temps associé. Cependant, avec le recul, cet état de référence ne semble pas si réaliste. Les caractéristiques intrinsèques d'Ayrolles et de Méjean sont trop différentes (échanges avec la mer respectivement direct par un grau, et indirect par la connexion aux autres étangs, historique de pollution..) pour envisager d'obtenir des états similaires à long terme. Il me semble donc judicieux de profiter de la proximité géographique d'Ingril pour s'en servir de référence. Etant donnés les impératifs réglementaires, l'atteinte d'un bon état d'ici 2021 pour des étangs les plus dégradés comme le Méjean n'est pas envisageable sans mesures complémentaires à la gestion actuelle du site. Une intervention humaine plus active s'avèrerait donc utile pour réduire ces durées de restauration. Il faut noter que l'étang d'Ingril fait majoritairement partie du domaine public maritime qui implique des contraintes réglementaires (Autorisation d'occupation du Territoire..) alors qu'une grande partie du Méjean est gérée par les communes (Siel, 2009, carte n°10) ce qui rend l'application de mesures de gestion plus aisée et laisse une plus grande marge de manœuvre pour des réimplantations d'herbiers.

Conclusion

L'enquête a permis de récolter 162 exemplaires du questionnaire *in situ* dans l'agglomération de Montpellier. L'évaluation contingente multiple sera conduite au cours du mois de septembre, avec l'éventualité d'étendre l'échantillon en diffusant le questionnaire via la presse ou internet. L'analyse menée grâce au logiciel sphinx permettra d'obtenir des données sur les préférences et les perceptions des étangs de la région, résultats qui pourront être renforcés par la diffusion plus large mentionnée précédemment pour améliorer la robustesse statistiques de l'enquête.

BIBLIOGRAPHIE

Aronson, J., Claeys F., Picon P. & Bernard G. & Bocognano J-M., 2013. La notion de capital naturel appliquée à l'Etang de Berre. In Actes des Rencontres Lagun'R. G. Bernard, E. Le Corre, eds. GIPREB, Berre L'Etang, France. pp. 376-386.

Barres, R.S.K. 1980. Coastal lagoons; the natural history of a neglected habitat. 106 p. *Cambridge University Press*, Cambridge.

Bonnet B., Aulong S., Goyet S., Lutz M. & Mathevet R., 2005. Gestion intégrée des zones humides méditerranéennes. *Conservation des zones humides méditerranéennes - numéro 13*. Tour du Valat, Arles (France), 160 p.

Boudouresque C.F., 2000. Restauration des écosystèmes côtiers. Ifremer, *Actes de colloque 29*. 22p.

Castaing J., 2012. Etude du fonctionnement hydrosédimentaire d'un écosystème lagunaire sur des échelles de temps multiples. Application au complexe lagunaire « Etangs Palavasiens-Etang de l'Or, canal du Rhône à Sète. Mémoire de Thèse. 158 p.

Charpentier A., Grillas P., Lescuyer F., Coulet E., Auby I., 2005. Spatio-temporal dynamics of a *Zostera noltii* dominated community over a period of fluctuating salinity in a shallow lagoon, Southern France. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 64. pp 307-315.

Clewell A.F., Aronson J., 2007. Ecological Restoration: Principles, Values, and Structure of an Emerging Profession. Island Press, Washington, D.C.

De Groot R.S. *et al.*, 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services, *Ecological Economics*, 41, 393-408

De Groot R.S., 2009. Services and ecosystem benefits of coastal lagoons : investing in conservation and sustainable use pays. European conference on coastal lagoon research, Congrès européen des lagunes côtières 14 au 18 décembre 2009, 320p.

De Groot R., Brander L., Van der Ploeg S., Costanza R., Bernard F., Braat L., Christie M., Crossman N., Ghermandi A., Hein L., Hussain S., Kumar P., McVittie A., Portela R., Rodriguez L.C., tenBrinkm P., VanBeukering P., 2012. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services* 1 . pp 50–61

Elliott M., Burdon D., Hemingway K.L., Apitz S.E., 2007. Estuarine, coastal and marine ecosystem restoration: Confusing management and science : A revision of concepts. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 74. pp 349-366.

Gaertner-Mazouni N. & De Wit R., 2012 . Exploring new issues for coastal lagoons monitoring and management . *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 114. pp 1-6.

Guyoneaud R., De Wit R., Matheron R., Caumette P., 1997. Impact of macroalgal dredging on dystrophic crises and phototrophic bacterial blooms (red waters) in a brackish coastal lagoon. *Oceanologica acta*. Vol. 21 - No4. p 551-561

Hebert M., Dupré N. †, Barral M., Messiaen G., Oheix J., Deslous-Paoli J-M., Roque d'orbcastel E., Laugier T., 2012. Programme de réimplantation d'herbiers de phanérogames (*Zostera noltii*/ *Ruppia cirrhosa*) dans les lagunes de Bages, Ingril et Thau (Languedoc-Roussillon – France). Rapport Cépralmar.

Hily, C. & Bajjouk T., 2013. Fiche de synthèse habitat « herbier ». Ifremer. 13p.

Ifremer, 2010 a. Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc-Roussillon : Bilan des résultats 2009. Rapport RSL-10/2010, pp 209-253. 321 p.

Kuhfuss L., Rey-Valette H., Sourisseau E., 2012. Typologie des systèmes lagunaires en Languedoc-Roussillon en fonction des types de services rendus. *Economie Méridionale*, 14

Lester S.E, Costello C., Halpern B.S, Gaines S.D, White C. , Barth J.A., 2013. Evaluating tradeoffs among ecosystem services to inform marine spatial planning. *Marine Policy* 38. pp 80-89.

Maitre d'Hôtel E. & Pelegrin F. 2012. Les valeurs de la biodiversité: un état des lieux de la recherche française. Rapport FRB, série expertise et synthèse. 48 p.

Martin S., 2004. The Cost of Restoration as a Way of Defining Resilience: a Viability Approach Applied to a Model of Lake Eutrophication. *Ecology and Society* 9(2):8.

McGlathery K.J., Reynolds L.K, Cole L.W., Orth R.J., Marion S.R., Schwarzschild R., 2012. Recovery trajectories during state change from bare sediment to eelgrass dominance. *Marine ecology Progress Series*. Vol. 448. pp 209–221.

Millennium Ecosystem Assessment(MEA), 2005. Ecosystem and Human Well-being: A framework for Assessment, Island Press, Washington DC.

Millennium Ecosystem Assessment, 2005 b. Ecosystems and Human Well-being: Chapter 19, Coastal systems. 515-543.

Morardet S., Khufuss L., Lifran R., 2013. Evaluation économique de la restauration du bassin-versant du Vistre par la méthode de modélisation des choix discrets. Rapport final d'étude pour l'agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse.165p.

Mouillot D., Laune J., Tomasini J-A, Aliaume C., Brehmer P., Dutrieux E. & Thang D.C., 2005. Assessment of coastal lagoon quality with taxonomic diversity indices of fish, zoobenthos and macrophyte communities. *Hydrobiologia* 550 . Pp 121–130

Mouronval J.B. & Baudouin S., 2010. Plantes aquatiques de Camargues et de Crau. Office national de la chasse et de la faune sauvage- Paris. 120p.

Noé V., 2007. Restauration des milieux lagunaires vis-à-vis de l'eutrophisation en Languedoc Roussillon. Rapport de stage, Centre d'océanologie de Marseille. 51p.

Ouisse V., Fiandrino A., De Wit R. & Malet N. 2013. Restauration des écosystèmes lagunaires : évaluation du rôle du sédiment et des herbiers à phanérogames Rapport final du Contrat n° 2012 1835. 31p.

Palmer M.A., Bernhardt E.S.,Allan J.D., Lake P.S., Alexander G., Brooks S., Carr J., Clayton S., Dahm C.N., Follstad Shah J., Galat D.L., Loss S.G., Goodwin P., Hart D.D., Hassett B., Jenkinson R., Kondolf G.M., Lave R., Meyer J.L., O'Donnell T.K., Pagano L., Sudduth E. 2005. Standards for ecologically successful river restoration. *Journal of Applied Ecology*. Volume 42, Issue 2. pp 208–217.

Pergent-Martini C. & Le Ravallec C., 2007. Lignes directrices pour les études d'impacts sur les herbiers marins. Centre d'Activités Régional pour les Aires Spécialement Protégées (CAR/ASP). 39 p.

Plus M., Deslous-Paoli J-M, Dagault F., 2007. Seagrass (*Zostera marina* L.) bed recolonisation after anoxia-induced full mortality. *Aquatic Botany* **77**. 121–134.

Pôle-relais lagunes méditerranéennes, 2007. Vers une gestion intégrée des lagunes méditerranéenne, fiche 11. Synthèses sur les zones humides françaises, à destination des gestionnaires, élus et acteurs de terrain. 30p.

Pôle-relais lagunes méditerranéennes, 2008. Mieux gérer les lagunes méditerranéennes. 94 p.

Région Languedoc-Roussillon, 2010a. Modernisation de l'inventaire ZNIEFF : ZNIEFF de type I n° 0000-3013 Etang du Méjean-Pérols. 7p.

Réseau de Suivi Lagunaire, 2011. Guide de reconnaissance et de suivi des macrophytes des lagunes du Languedoc-Roussillon : 148 pages.

Rudloff M-A & Salles J-M, 1992. Analyse de la valeur patrimoniale d'espaces littoraux, une application à l'étang de Thau. Action de Recherche en Sciences Sociales présentée dans le cadre du Programme National d'Océanographie Côtière (PNOC). 29p.

Salles J.M, 2010. Évaluer la biodiversité et les services écosystémiques :

pourquoi, comment et avec quels résultats ? *Natures Sciences Sociétés* 18, 414-423

Syndicat mixte des étangs littoraux (SIEL), 2009 a. DOCOB Natura 2000 des sites « Etangs palavasiens et étang de l'Estagnol » Tome II, Atlas Cartographique. 36p.

SIEL, 2009 b. DOCOB Natura 2000 des sites « Etangs palavasiens et étang de l'Estagnol » Tome III : concertation et fiches habitats naturels et espèces d'intérêt communautaire. 159 p.

SIEL, 2010. DOCOB Natura 2000 des sites « Etangs palavasiens et étang de l'Estagnol » Tome I, Rapport du DOCOB. 364 p.

TEEB, 2010. L'économie des écosystèmes et de la biodiversité : intégration de l'économie de la nature. Une synthèse de l'approche, de conclusions et des recommandations de la TEEB, 46 p.
http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/economics/pdf/teeb_report.pdf

Westerberg, V. H., Lifran, R., & Olsen, S. B. (2010). To restore or not? A valuation of social and ecological functions of the Marais des Baux wetland in Southern France. *Ecological Economics*, 69(12), 2383-2393. 10.1016/j.ecolecon.2010.07.005

Yamamuro, M. 2012. Herbicide-induced macrophyte-to-phytoplankton shifts in Japanese lagoons during the last 50 years: consequences for ecosystem services and fisheries. *Hydrobiologia* 699:5–19.

Annexes

Résumés des présentations orales lors des conférences internationales :

“The 6th European Coastal Lagoon Symposium (VI EUROLAG): Coastal lagoon domain and properties : from fundamental research to policy implementation”

16-19 décembre 2013, Lecce, Italie. Présentation orale le 19 décembre, livre des résumés page 76 :

Ecological restoration of coastal lagoons; prediction of ecological trajectories and economic valuation

Juliette Balavoine¹⁾, Hamedy Diop²⁾, Hélène Rey-Valette²⁾, Robert Lifran²⁾, and Rutger de Wit^{1,*)}

1) UMR “Ecologie des Systèmes marins côtiers (Ecosym)”. Université Montpellier 2, CNRS, IRD, Ifremer, Université Montpellier 1. Place Eugène Bataillon, Case 093, F-34095 Montpellier Cedex 5, France

2) UMR LAMETA, INRA et Université Montpellier 1, F-34060 Montpellier Cedex, France

*) corresponding author email : rutger.de-wit@univ-montp2.fr

The seven lagoons of the Palavas complex (S. France) were exposed to nutrient over-enrichment during at least four decades mainly from the effluents of the WWTP of Montpellier. In order to improve the water quality of the lagoons this WWTP was renovated and upgraded and, since the end of 2005, its effluents are discharged 12 km offshore into the Mediterranean through a blast pipe (total investment 150 M€). We studied the possibilities of these lagoons to recover more oligotrophic conditions and the spontaneous recolonisation of the associated seagrass communities. While, the phytoplankton communities respond quickly to the reduction of the nutrient loading (Leruste *et al.*, submitted abstract), the sediments have accumulated large amounts of N and P, which delays the recovery of a good ecological status (Ouisse *et al.*, submitted abstract). In our combined ecological-economic study we used a focus group of experts (i) to predict ecosystem trajectories for the current management (passive restoration) and (ii) to design additional measures applied in a two-step approach for accelerating the process (active restoration). Only for the least impacted lagoon Ingril, the passive restoration will yield good result within a reasonable time frame. For the most impacted lagoon Méjean, we studied the willingness to pay, by local populations and tourists, for the extra costs related with the active restoration. We used a multiple contingent valuation (MCV) considering 6 different management options. Three levels of recovery of seagrass meadows were combined with different options for access (status quo, increasing access, increasing access with measures to reduce disturbance). We also considered that increasing seagrass meadows represent a trade-off for the emblematic flamingos, while other bird species (ducks, swans, herons), emblematic seahorses and other fishes increase concomitantly with the seagrasses. Our results will contribute to the Cost-Benefit Analyses and identify the population preferences for the restoration project.

Theme: 5. CONSERVATION AND MANAGEMENT OF COASTAL LAGOONS

“RESILIENCE2014, Resilience and Development”

4-8 mai 2014. Montpellier, France, Présentation orale programmée le 8 mai 15h40 :

Rutger de Wit^{1,*}), Juliette Balavoine¹), Robert Lifran²), Hamédy Diop²), Hélène Rey-Valette²), and Vincent Ouisse³)

1) UMR “Ecologie des Systèmes marins côtiers (Ecosym)”. Université Montpellier 2, CNRS, IRD, Ifremer, Université Montpellier 1. Place Eugène Bataillon, Case 093, F-34095 Montpellier Cedex 5, France

2) UMR LAMETA, INRA et Université Montpellier 1, F-34060 Montpellier Cedex, France

3) Ifremer-LER-LR, Sète

*) corresponding author email : rutger.de-wit@univ-montp2.fr

The seven lagoons of the Palavas complex (S. France) were exposed to nutrient over-enrichment during at least four decades mainly from the effluents of the WWTP of Montpellier. In many lagoons, this resulted in regime shifts from rooted Magnoliophyta communities into systems dominated by dense phytoplankton or macroalgal blooms. In order to improve the water quality of the lagoons this WWTP was renovated and upgraded and, since the end of 2005, its effluents are discharged 12 km offshore into the Mediterranean through a blast pipe (total investment 150 M€). We studied the possibilities for these lagoons to achieve a desired state comprising more oligotrophic conditions and a dense submerged aquatic vegetation of marine Magnoliophyta, which are the targets set by the E.U. Water Framework Directive. While, the phytoplankton communities respond quickly to the reduction of the nutrient loading, the sediments have accumulated large amounts of N and P, which delays the recovery of the desired state and probably represent a major reason for hysteresis in back-shifting the regimes. In our combined ecological-economic study we composed a focus group of experts (i) to predict ecosystem trajectories for the current management (passive restoration) and (ii) to design additional measures applied in a two-step approach for accelerating the process (active restoration). There was a high degree of consensus among the experts, although controversies appeared with respect to (i) the feasibility of actively seeding and/or planting Magnoliophyta in the eutrophic lagoons, (ii) the use of terminology and use of species as indicators, i.e. ‘emblematic’, ‘symbolic’ or ‘patrimonial species’, (iii) using an existing reference state for defining the desired state. For the least impacted lagoon Ingril, the passive restoration will yield good result within a reasonable time frame. For the most impacted lagoon Méjean, we studied social preference and the willingness to pay, by local populations and tourists, for the extra costs related with the active restoration. We used a multiple contingent valuation (MCV) considering 4 different management options. Three levels of recovery of seagrass meadows were combined with different options for access (status quo, increasing access, increasing access with measures to reduce disturbance). Hence, we also studied whether the return to reference conditions implying a restoration of the Magnoliophyte meadows is a socially accepted desired state as these meadows represent a trade-off for the symbolic flamingos, while other bird species (ducks, swans, herons), emblematic seahorses and other fishes increase concomitantly with these meadows. The results of the multiple contingent valuation give support to the restoration project, but the uncertainty in the cost of restoration of Magnoliophyta meadows could highly impacts the final decision of public authorities.

Key words: Ecosystem services, Regime shifts, Desired State, Trajectories, Water Management, Trade-off

Abstract proposé pour soumission article (en préparation) à Aquatic Conservation – Marine and freshwater systems :

Ecological restoration of coastal lagoons; prediction of ecological trajectories and economic valuation

Rutger de Wit^{1,*}), Juliette Balavoine¹⁾, Hamedy Diop²⁾, Hélène Rey-Valette²⁾, and Robert Lifran²⁾

1) UMR "Ecologie des Systèmes marins côtiers (Ecosym)". Université Montpellier 2, CNRS, IRD, Ifremer, Université Montpellier 1. Place Eugène Bataillon, Case 093, F-34095 Montpellier Cedex 5, France

2) UMR LAMETA, INRA et Université Montpellier 1, F-34060 Montpellier Cedex, France

*) corresponding author email : rutger.de-wit@univ-montp2.fr

The seven lagoons of the Palavas complex (S. France) were exposed to nutrient over-enrichment during at least four decades mainly from the effluents of the WWTP of Montpellier. In order to improve the water quality of the lagoons this WWTP was renovated and upgraded and, since the end of 2005, its effluents are discharged 12 km offshore into the Mediterranean through a blast pipe (total investment 150 M€). We studied the possibilities of these lagoons to recover more oligotrophic conditions and the spontaneous recolonisation of the characteristic Magnoliophyta communities (*Zostera noltei*, *Z. marina*, or *Ruppia* sp.). While, the phytoplankton communities have responded quickly to the reduction of the nutrient loading (Leruste *et al.*, Lecce abstract book page 58), the sediments have accumulated large amounts of N and P, which delays the recovery of a good ecological status (Ouisse *et al.*, Lecce abstract book page 24). In our combined ecological-economic study we used a focus group of experts (i) to predict ecosystem trajectories for the current management (passive restoration) and (ii) to design additional measures applied in a two-step approach for accelerating the process (active restoration). Only for the least impacted lagoon Ingril, the passive restoration will yield good result within a reasonable time frame. For the most impacted lagoon Méjean, we studied the willingness to pay, by local populations and tourists, for the extra costs related with the active restoration. In a pilot study based on face-to-face interviews with 159 respondents we used a multiple contingent valuation (MCV) considering 4 different management options. Three levels of recovery of Magnoliophyta meadows were combined with different options for access (status quo, increasing access, increasing access with measures to reduce disturbance). We also considered that increasing Magnoliophyta meadows represent a trade-off for the emblematic flamingos, while other bird species (ducks, swans, herons), emblematic seahorses and other fishes increase concomitantly with the Magnoliophyta. Our results show a willingness to pay of about 25 euros per year for the highest level of restoration of the Magnoliophyta prairies, while the local and tourist population were less interested in paying for improving access.

Dossier de Presse (décembre 2013 – janvier 2014) :

UNE RECHERCHE SUR L'INTERET DE LA RESTAURATION DES ETANGS LITTORAUX. LE CAS DES ETANGS PALAVASIENS

Projet de recherche financé par l'Observatoire Homme Milieu du CNRS

Une recherche conduite par une équipe interdisciplinaire de chercheurs des Universités Montpellier I et II, du CNRS et de l'INRA, a travaillé depuis le printemps 2013 sur un projet de restauration des étangs palavasiens. Elle vise à étudier les conditions et les délais de restauration d'un bon état écologique et à mesurer l'intérêt des habitants de l'Agglomération de Montpellier et des touristes pour une telle restauration.

Problématique de l'étude

La construction en 2005 de l'émissaire en mer de la station d'épuration de Montpellier a réduit considérablement l'impact de la station sur les étangs et fortement amélioré la qualité de l'eau. Cependant, au cours des 40 dernières années, de grandes quantités d'azote et de phosphore ont été stockées dans les sédiments et sont maintenant larguées dans l'eau des étangs. Sans intervention, ce processus se déroulera encore sur plusieurs décennies. **Le travail des chercheurs montre qu'il est possible de raccourcir ce délai de façon notable par la restauration des herbiers dans l'étang.**

Le projet de restauration étudié

La restauration des étangs littoraux est basée sur le retour des herbiers de phanérogames marines. Ces plantes sont un indicateur de la bonne qualité de l'eau et constituent un habitat pour de multiples animaux et une macro flore très diversifiée ; contribuant ainsi à l'amélioration de la biodiversité. Dans une première phase (4 à 5 ans) il faudrait favoriser le développement de macro-algues et les récolter. Celles-ci se nourrissent de l'azote et du phosphore et aident ainsi à décharger le sédiment, créant des conditions favorables aux herbiers. Dans une seconde phase, il s'agirait d'implanter des herbiers.

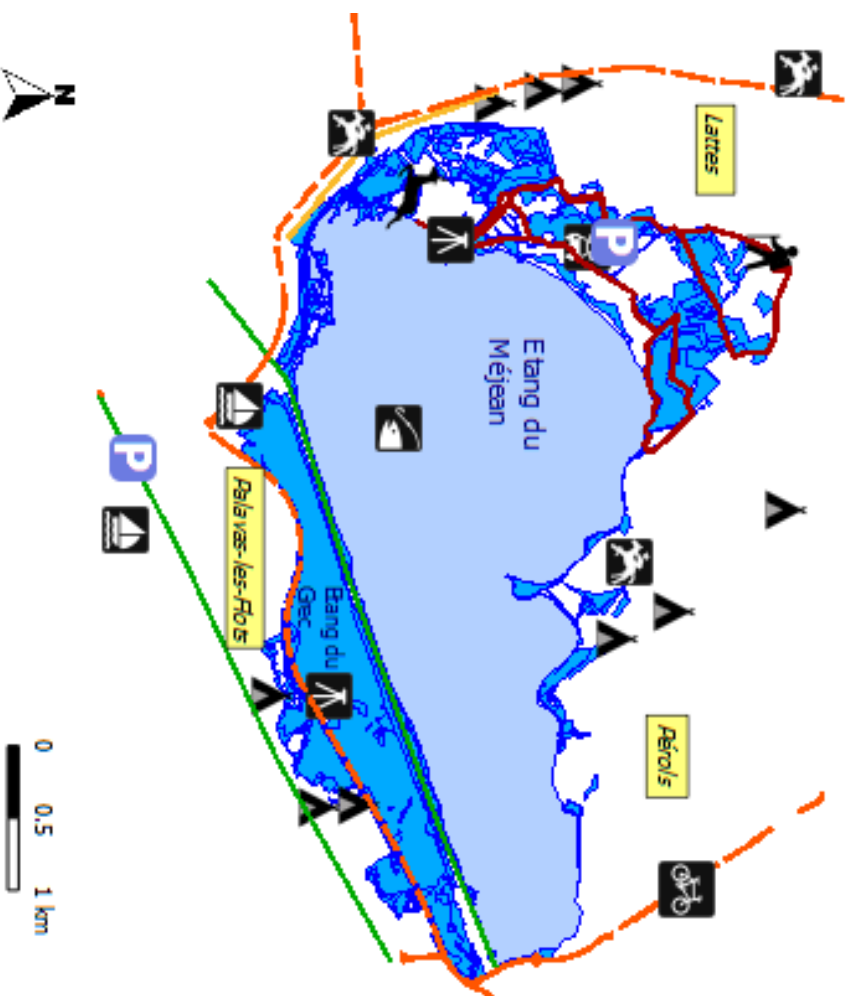
Suite à une consultation d'experts et de chercheurs, trois niveaux de couverture des herbiers ont été envisagés (faible, moyen et fort) et retenus pour la construction des scénarios. Le développement de la biodiversité (faune et flore) devrait rendre les étangs plus attractifs pour les riverains. On peut donc envisager aussi dans les scénarios des options de développement et/ou d'aménagement des sentiers (observatoires pour gérer le dérangement). Trois choix d'aménagement sont retenus : conservation des sentiers actuels, augmentation du nombre de sentiers sans aménagement, augmentation du nombre de sentiers avec aménagement.

Une enquête par Internet : Le croisement de ces différentes options permet de proposer quatre scénarios de restauration dans une enquête pilote qui permettra ainsi d'évaluer les consentements à payer des habitants et des touristes pour la restauration envisagée. En vous rendant sur le site internet ci-dessous, vous pouvez participer à cette enquête, et ainsi contribuer à faire progresser nos connaissances :

<http://catisae2.toulouse.inra.fr/limesurvey-2.0/index.php/55412/lang-fr>

Rutger De Wit (CNRS & Université de Montpellier) : rde-wit@univ-montp2.fr ; Site internet de l'OHM : <http://www.ohm-inee.cnrs.fr/spip.php?rubrique40>

Activités économiques sur l'étang du Méjean



Légende	
ACTIVITES RECREATIVES	
	Pistes cyclables
	Observatoires oiseaux
	Petite randonnée
	Ports de plaisance
	Pêche
	Chasse aux gibiers d'eau
	Centres équestres
	Campings
FREQUENTATION	
	Rééquentation importante
	Sites touristiques
	Accès plage
HYDROGRAPHIE	
	Canal du Rhône à Sète
	Contour_Lagune
	Lagune
	Etang du méjean

Cartographie: Juliette Balavoine, 2013
Données: DREAL LR, CBN LR, SIEL

B) PRESENTATION DU PROJET DE RESTAURATION

Le projet de restauration qui est envisagé repose sur la reconstitution des herbiers au fond de l'étang car ces herbiers favorisent à une amélioration de la qualité de l'eau et le développement de la biodiversité. Un étang avec des vastes herbiers présente un habitat pour les canards, les cygnes sauvages et les hippocampes qui sont des espèces emblématiques des lagunes de la région. Ces améliorations du milieu bénéficieront aussi directement à la population car il y aura moins de mauvaises odeurs à proximité des étangs, il sera plus agréable de s'y promener et on pourra observer plus d'oiseaux.

- Dans une première phase (pendant 4 à 5 ans) il faut favoriser le développement de macro-algues qui seront récoltées et emportées, ce qui diminuera la pollution accumulée dans le sédiment. Cela permet de créer des conditions propices au développement ultérieur de l'herbier.
- Dans une seconde phase, il s'agit d'implanter des herbiers pour favoriser une couverture optimale de la surface.

Plusieurs options sont possibles pour réaliser cette restauration. Ce sont ces options que nous allons vous présenter et vous demander d'évaluer.

Premièrement on peut fixer plusieurs objectifs de reconstitutions des herbiers. Plus il y a d'herbiers et plus la qualité de l'eau et de la biodiversité sera grande. Par contre la présence d'herbiers ne permet pas aux flamands roses d'avoir un accès facile à leurs proies dans le sédiment. Donc plus il y a d'herbiers et plus on peut s'attendre à une diversité d'espèces, notamment des cygnes, des canards et des hippocampes, mais à moins de flamants roses.

Trois niveaux de couverture sont envisagés:

- FAIBLE (beaucoup de flamants, environnement non favorable à la présence de cygnes et d'hippocampes, qualité de l'eau améliorée mais ne remplit pas les critères de bon état de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE))
- MOYEN (moins de flamants, environnement peu favorable à la présence de d'hippocampes, de cygnes ou de canards, qualité de l'eau améliorée, mais risque d'être considérée pas encore assez bonne selon les critères de la DCE)
- ELEVE (peu de flamants, environnement favorable à l'installation d'hippocampes, de cygnes et de canards, bonne qualité de l'eau correspondant aux critères de la DCE)

Le développement de cette biodiversité et notamment des espèces d'oiseaux va rendre les étangs plus attractifs pour les promeneurs. On peut donc envisager par exemple d'aménager des sentiers de promenades, des postes d'observation des oiseaux. Cependant il ne faut pas que les promeneurs fassent fuir les oiseaux. Il faut pouvoir gérer le dérangement occasionné par ces promeneurs (bruit, piétinent des nids...).

Trois choix d'aménagement ont donc aussi été retenus.

- Conservation des sentiers actuels comme moyen d'accès de la zone.

- Multiplier le nombre de sentiers pour favoriser l'accessibilité du site et les promenades mais avec un effet de dérangement pour les oiseaux
- Augmenter les sentiers mais avec des aménagements qui permettent de limiter le dérangement des oiseaux

Enfin bien sûr, ces différentes options vont avoir un impact sur le coût du projet.

Il s'agit ici de savoir combien vous seriez prêt à payer pour plusieurs scénarios possibles qui combinent les différentes options de couverture des herbiers et d'aménagement. La réalisation du projet pourrait être en partie financé par des fonds publics (européens et régionaux) car ce sera un des projets les plus importants de restauration des herbiers en France, mais il aurait aussi des répercussions sur votre facture d'eau qui comprend une partie de taxe de lutte contre la pollution (autrefois appelée taxe d'assainissement) collectée par l'Agence de l'eau ou sur la taxe de séjour des touristes.

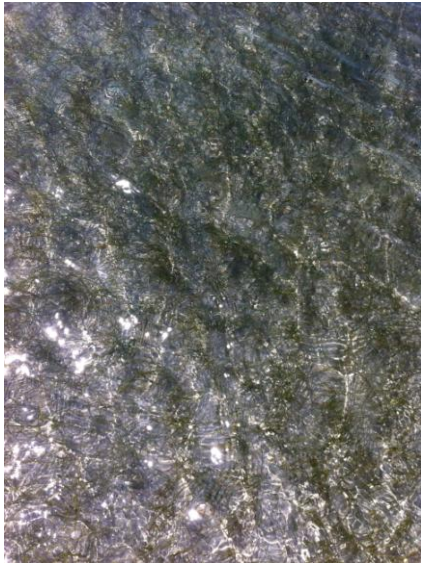
Pour vous permettre de situer les ordres de grandeur, la taxe est actuellement de 0,28 euros par M3 et la consommation nationale de référence pour un ménage de 2 personnes est de 130 m3/an. Le montant de la taxe correspondante est donc de 38 euros par an.

A titre indicatif, vous pouvez vous référer à votre dernière facture d'eau (consommation semestrielle) si vous l'avez en mémoire.

Nous allons maintenant vous présenter 4 scénarios qui permettent de combiner les différentes options et vous demander dans chaque cas quelle somme maximum vous seriez prêt à payer pour que ce scénario soit réalisé. Si aucun de ces scénarios n'est mis en place on est dans le cas de notre situation de référence actuelle c'est à dire que la restauration des étangs va durer plus 50 ans.

Scénario 1

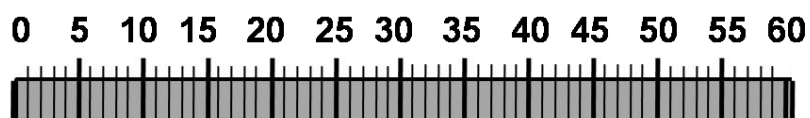
Faible couverture de l'herbier



Augmentation des sentiers sans aménagement (*fort dérangement*)



Montant (en €/an pendant 10 ans)



Scénario 2

Couverture intermédiaire de l'herbier



Maintien des sentiers actuels (dérangement moyen)



Montant (en €/an pendant 10 ans)

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60



Scénario 3

Couverture intermédiaire de l'herbier



Augmentation des sentiers mais avec des aménagements (faible dérangement)



Montant (en €/an pendant 10 ans)

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60



Scénario 4

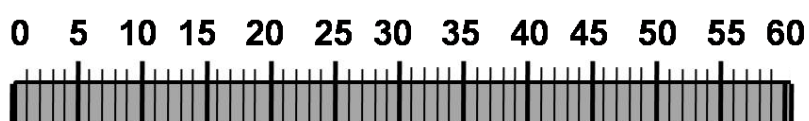
Forte couverture de l'herbier



Augmentation des sentiers mais avec des aménagements (faible dérangement)



Montant (en €/an pendant 10 ans)



Enquête sur les préférences pour la restauration des étangs palavasiens

Version Habitants de Montpellier et de sa région.

Depuis les années 1960, les étangs palavasiens ont été dégradés par des apports excessifs d'azote et de phosphore. Ces apports principalement issus de la station d'épuration de Montpellier ont entraîné une dégradation du milieu et de la qualité de l'eau. C'est l'étang du Méjean qui est le plus touché. L'agglomération de Montpellier en collaboration avec La Région et l'Agence de l'Eau ont financé la construction fin 2005 d'un émissaire en mer qui réduit considérablement l'impact de la station d'épuration sur les étangs. La qualité de l'eau s'est donc fortement améliorée. Cependant de grandes quantités d'azote et de phosphore ont été stockées dans les sédiments et sont régulièrement larguées dans l'eau. L'atteinte d'un bon état écologique, comme le réclame la directive européenne sur l'eau va donc prendre beaucoup de temps (plus de 50 ans). **Selon les experts, il est possible de raccourcir ce délai de façon importante par la restauration des herbiers dans l'étang. Plusieurs options sont possibles. Cette enquête vise à identifier vos préférences par rapport à ces options qui auront des coûts et des bénéfices différents pour la société.**

Cette enquête est réalisée par le CNRS et l'Université de Montpellier. Elle vise à recueillir les préférences des habitants et des touristes sur les modalités d'amélioration de la qualité des eaux des étangs palavasiens.

Les données individuelles ou opinions recueillies dans cette enquête sont strictement confidentielles et seront uniquement utilisées dans un but de recherche. Elles feront l'objet d'un traitement statistique.

En aucun cas, elles ne pourront être utilisées par les administrations ou les collectivités territoriales.

A) VOUS ET LES ETANGS PALAVASIENS

A1- Dans quelle commune habitez-vous ?

A2- Depuis combien de temps vous y habitez ?

A3- Etes vous originaire de la région Languedoc Roussillon? ☐ Oui ☐ Non

A4- Connaissiez-vous l'existence des étangs palavasiens avant cette enquête ?

☐ Oui j'y suis déjà allé ☐ Oui j'en ai entendu parler ☐ Non (->question A-9)

A5- Quelle est la fréquence de votre fréquentation des étangs palavasiens ? (préciser qu'il ne s'agit pas seulement de passer devant mais de s'arrêter et au moins descendre de voiture)

☐	Moins 1 fois/ an	☐	1 fois /an	☐	1 à 2 fois/an	☐	Plus de 2 fois/ an
--------------------------	------------------	--------------------------	------------	--------------------------	---------------	--------------------------	--------------------

A6-Dans quelle zone du Méjean allez-vous en priorité ? (voir la carte)

☐ Piste cyclable ☐ chemin de halage ☐ sentier de la maison de la nature

A7-Combien de fois avez-vous visité la maison de la nature de Lattes ?

☐	Jamais	☐	1 fois /an	☐	1 à 2 fois/an	☐	Plus de 2 fois/ an
--------------------------	--------	--------------------------	------------	--------------------------	---------------	--------------------------	--------------------

A8-Si vous fréquentez les zones des étangs quelles sont les activités que vous pratiquez ?

	Promenade à pied, découverte de la nature		Sports nautiques
	Promenade à vélo		Pêche de loisir
	Promenade à cheval		Chasse
	Promenade du chien		Autre : précisez

A9- Si non, pourquoi ne fréquentez-vous pas les zones des étangs?

	Ça ne m'intéresse pas
	Ils sont trop loin
	Ils ne sont pas accessibles
	Je ne connais pas ces étangs
	Ils sont trop pollués / odeurs gênantes
	Autres précisez

A10- Vous arrive-t-il de vous rendre près d'autres étangs☐

Oui

☐

Non

C1- Valorisation des scénarios

Scénarios	1	2	3	4
Montant				

C2-Quel scénario préférez-vous ?.....**D1- Etiez-vous certains de vos choix en répondant aux questions sur les scénarios ? :**☐*Incertain*☐*Plutôt certain*☐*Certain***D2. Etes-vous pour ou contre l'idée de contribuer au financement ? Pourquoi ?**

☐	Je ne suis pas contre le fait de contribuer
☐	Je ne veux pas payer de nouvelle taxe
☐	Je ne crois pas que ma contribution sera réellement utilisée pour la restauration de l'étang du Méjean
☐	Ce n'est pas à moi de financer ces travaux

D 3- Parmi les aménagements possibles lesquels aimeriez-vous trouver?Choisir 2 réponses par ordre d'importance **Choix 1 | ____ | (le plus important) **Choix 2** | ____ |**

	A.	Des panneaux explicatifs
	B.	Des tables de pique-nique
	C.	Des bancs
	D.	Des équipements de type parcours sportif
	E.	Des huttes pour l'observation des oiseaux
	F.	Parcs d'enfants
	G.	Autre : précisez
	H.	Aucun aménagement : je préfère garder le caractère sauvage

Etes d'accord avec les affirmations suivantes ?

		Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Plutôt pas d'accord	Pas d'accord du tout	Ne sait pas
D4	Les étangs font partie de notre patrimoine naturel et ils doivent être préservés pour les générations à venir	☐	☐	☐	☐	☐
D5	Ces scénarios ne correspondent pas à mes attentes de la restauration de cet étang	☐	☐	☐	☐	☐
D6	Je pense que la restauration envisagée permettra d'atteindre les objectifs escomptés	☐	☐	☐	☐	☐
D7	Trop d'importance est donnée à la restauration de ces étangs, il y a d'autres causes prioritaires pour lesquelles cet argent pourrait être attribué	☐	☐	☐	☐	☐
D8	Il est inutile de restaurer si on sait que tôt ou tard les étangs seront submergés par la mer	☐	☐	☐	☐	☐

D9- Quelle est selon vous l'importance des étangs pour les fonctions suivantes : Choisir 2 réponses par ordre d'importance **Choix 1** | ____ | (le plus important) **Choix 2** | ____ |

A. Gestion du risque inondation
B. Epuration de l'eau
C. Paysage
D. Biodiversité
E. Pêche
F. Chasse
G. Promenades, loisirs

D10- A quels enjeux sociétaux consacreriez-vous en priorité les fonds publics ?

Classez les propositions suivantes de la plus prioritaire (1) à la moins prioritaire (5)

- | | |
|-------------------------|--------------------------------|
| a. L'éducation | d. L'emploi / le chômage |
| b. L'environnement..... | e. La santé..... |
| c. La sécurité. | |

D11- Combien donnez-vous par an à des associations de protection de la nature ? _____

D12- Avez-vous fait des dons à des opérations de solidarité ou des œuvres diverses au cours des 12 derniers mois ?	☐	Oui	☐	Non
---	--------------------------	-----	--------------------------	-----

E) CARACTERISTIQUES PERSONNELLES

E1- Vous êtes : ☐ Un homme ☐ Une femme

E2- Quel est votre âge?

☐ 18-30 ans ☐ 31-45 ans ☐ 46-65 ans ☐ >65 ans

E3- Êtes-vous :

☐ Marié(e), Pacsé(e), ou en concubinage ☐ Célibataire, Veuf(ve) ou Divorcé(e)

E4- Combien d'enfants avez-vous ?

E5- Dont encore à charge

E6- Vivez-vous en copropriété?Oui ☐ non ☐

E7- Est-ce que votre activité professionnelle est ou était liée. Plusieurs réponses possibles

☐ Au littoral ☐ A l'environnement ☐ Aucun

E8- Quelle est votre CSP ?

☐ Agriculteur	☐ Ouvrier
☐ Artisan, commerçant, chef d'entreprise	☐ Chômeur
☐ Cadres et professions supérieures	☐ Étudiant/scolaire
☐ Professions intermédiaires	☐ Retraité
☐ Employé	☐ Autre : précisez

E9- Quelles sont les ressources mensuelles moyennes totales de votre ménage (y compris les allocations familiales, loyers perçus...) ?

☐	Moins de 700 €	☐	De 700 à 1.000 €	☐	De 1.000 à 1.300 €
☐	De 1.300 à 2.000 €	☐	De 2.000 à 3.000 €	☐	De 3.000 à 4.500 €
☐	De 4.500 à 6.000 €	☐	De 6.000 à 9.000 €	☐	Plus de 9.000 €
☐	Ne sait pas.				

E10- Des commentaires sur ce questionnaire et/ou sur le projet de restauration de l'étang du Méjean.

Merci de votre compréhension et de votre contribution.

Si vous souhaitez recevoir les résultats de cette enquête, vous pouvez nous laisser vos coordonnées ci –dessous :