



CONNAISSANCE DES LAGUNES

BILAN ET STRATÉGIE
DANS LE CADRE
DE LA MISE EN ŒUVRE
DU SDAGE 2016-2021

Mai 2016

Connaissance des lagunes : quel bilan, quelle stratégie dans le cadre de la mise en œuvre du SDAGE ?

1	RESUME	3
2	Bilan des connaissances et questions prioritaires	4
2.1	Bilan des connaissances.....	4
2.1.1	Sur l'eutrophisation.....	4
2.1.2	Sur la contamination chimique.....	8
2.1.3	Sur l'hydromorphologie et les pressions en général.....	8
2.1.4	Sur les espèces envahissantes.....	9
2.1.5	Sur le changement climatique.....	10
2.2	Axes & questions prioritaires.....	12
3	Stratégie R&D sur les lagunes.....	14
3.1	Un suivi scientifique des lagunes	14
3.1.1	Pourquoi mettre en place un suivi scientifique sur les lagunes de RMC ?	14
3.1.2	Contenu technique	14
3.2	Deux sites ateliers	17
3.2.1	Définition et objectif	17
3.2.2	Pourquoi Bages-Sigean et le complexe Or/Palavasiens ?	17
3.2.3	Contenu des sites ateliers	17
3.3	Synthèse de la stratégie « flux »	23
4	Conclusion et perspectives	25
5	Références bibliographiques	26

Auteurs

Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse : Anaïs GIRAUD & Stéphane STROFFEK

Remerciements pour leurs contributions à Valérie Derolez, Ines Le Fur, Annie Fiandrino, Vincent Ouisse et Dominique Munaron (Ifremer), Matthieu Papouin, Pierre Boissery, Cathy-Anna Valentini-Poirier, Thomas Pelte et Chantal Graille (Agence de l'eau).

Photo de couverture : Lagune de Gruissan – Régis Domergue

1 RESUME

Les lagunes littorales constituent un patrimoine naturel emblématique qui participe à l'image des côtes méditerranéennes (étangs de Thau, du Vaccarès...). Leur qualité paysagère et leur richesse écologique en font des pôles d'attraction :

- o Pour la faune et la flore aquatiques (herbiers de zostères, hippocampes, anguilles), mais plus largement pour toutes les espèces qui fréquentent les lagunes à un moment ou à un autre de leur cycle de vie (avifaune, reptiles...) parce qu'elles y trouvent des aires de refuge et d'alimentation essentielles.
- o Pour les usages de l'homme, économiques et non économiques, qui se sont développés dans ces milieux particuliers : pêche, conchyliculture, chasse, ornithologie, sports aquatiques, etc.

Les lagunes sont donc des milieux riches mais fragiles, au fonctionnement complexe et particulièrement exposés aux pressions physiques et aux pollutions compte tenu de la forte anthropisation de leurs bassins versants.

Les enjeux de restauration sont forts, clairement identifiés dans le SDAGE et le chemin vers le « bon état » demandé par la directive cadre sur l'eau (DCE) sera long ; 86 % d'entre elles ne l'ayant pas encore atteint.

Face à ce constat, l'agence de l'eau a réalisé un **bilan des connaissances disponibles** sur les lagunes. Il ne s'agit pas d'un bilan exhaustif mais d'un travail axé sur les problématiques qui affectent l'état ou le fonctionnement de ces écosystèmes : les pressions et leurs impacts sur le milieu.

Ce bilan a permis ensuite d'identifier les **questions prioritaires de R&D** auxquelles il nous faut répondre pour comprendre les processus en jeu sur les lagunes et identifier des leviers efficaces pour restaurer leur qualité et atteindre le bon état exigé par la DCE.

Une question essentielle ressort : quel poids jouent les principales interfaces (bassin versant/lagunes, mer/lagune, compartiment benthique/lagune) vis-à-vis de l'état observé ?

Il s'agit d'un point essentiel pour mieux dimensionner les capacités de restauration des masses d'eau et préciser sur quels axes doivent porter les efforts.

Les connaissances sur l'interface bassin versant/lagunes font défaut aujourd'hui : quels flux polluants arrivent aux lagunes par les cours d'eau affluents ?

Pour l'agence de l'eau il s'agit d'afficher clairement ses priorités en matière de R&D sur les lagunes et de définir une stratégie pour les décliner. Celle-ci s'intègre dans la stratégie de connaissance de l'agence à l'échelle du bassin (tous milieux confondus) qui est organisée autour de « 40 questions » phares au service du SDAGE et du programme Sauvons l'eau !

Pour les lagunes la stratégie se décline autour de 2 axes :

- o Un « **suivi scientifique lagunes** » est en cours de construction. Il s'agit d'un suivi, axé sur les pressions, en complément des suivis strictement DCE. Il vise à caractériser les gains écologiques sur les lagunes sous l'effet des plans de gestion et des mesures mises en œuvre.
- o **2 sites ateliers** ont été identifiés : Bages-Sigean et le complexe Or/Palavasien. Il s'agit de sites de recherche et d'expérimentation privilégiés pour des opérations pilotes sur le thème de la restauration des milieux lagunaires.

Au contact des scientifiques comme des gestionnaires et fortement impliquée dans la reconquête de la qualité écologique des lagunes, l'agence de l'eau entend ainsi contribuer à la mobilisation en faveur de ces milieux exceptionnels.

2 BILAN DES CONNAISSANCES ET QUESTIONS PRIORITAIRES

2.1 BILAN DES CONNAISSANCES

L'agence de l'eau a réalisé un bilan des connaissances sur les lagunes méditerranéennes françaises en 2012¹. Ce bilan ne se veut pas exhaustif de l'ensemble des connaissances scientifiques sur les milieux lagunaires. Il vise à **disposer d'une vision globale des acquis scientifiques et de cibler les thèmes à approfondir dans le cadre de la mise en œuvre de la directive cadre sur l'eau (DCE) et de l'atteinte des objectifs du schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE)**. Il a donc été construit autour des principales pressions qui affectent les milieux lagunaires.

Quels éléments principaux pouvons-nous en retenir ?

2.1.1 Sur l'eutrophisation...

Grâce aux travaux conduits dans le cadre du réseau de suivi lagunaire (RSL) et de la DCE, **les méthodes et la caractérisation de l'état et du niveau d'eutrophisation des lagunes sont consolidées** (annexe 1).

Malgré les efforts conséquents réalisés pour réduire les apports polluants, l'eutrophisation reste un enjeu pour les lagunes compte tenu de leurs caractéristiques naturelles (réceptacle des apports du bassin versant, caractère confiné, faible renouvellement des eaux, etc.).

On observe, grâce aux données disponibles, des trajectoires de restauration sur plusieurs masses d'eau² (Thau, Bages-Sigean et étangs palavasiens) qui témoignent de la réversibilité progressive du phénomène (figure 1).

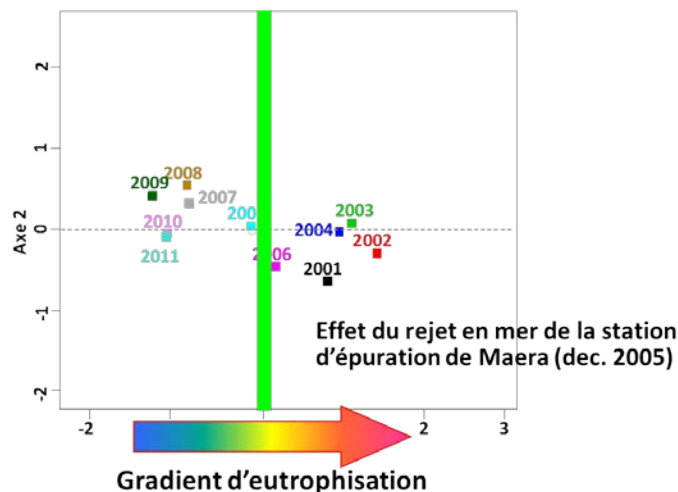


Figure 1. Analyse statistique des données du RSL (colonie d'eau / phytoplancton) - Résultats de l'ACP sur les suivis estivaux (2001 – 2011) des étangs palavasiens, les nombres correspondent aux années de prélèvement. Derolez et al., 2013.

L'évaluation des flux de nutriments, de leur devenir dans le milieu et l'estimation des flux admissibles de nutriments par les différentes lagunes restent des chantiers à conduire.

¹ Le Fur, 2012.

² Derolez & al., 2013. Leruste, A paraître.

L'estimation des flux de nutriments issus du bassin versant des lagunes est importante pour :

- Caractériser le poids des apports par le bassin versant par rapport à d'autres sources (apports directs, charge interne...) et dimensionner ainsi les enjeux sur les différentes lagunes dans un contexte de pression démographique forte.
- Suivre les flux dans le temps pour mettre en évidence les efforts accomplis même si l'état global de la lagune mettra du temps à évoluer. Le suivi peut constituer en cela une « métrique de l'effort » plus réactive que la mesure de l'état écologique.
- Proposer, à terme, des flux admissibles pour les différentes lagunes et définir des objectifs adaptés de réduction/suppression des flux.

La notion de flux admissibles est entendue dans ce document comme une valeur guide en nutriments à ne pas dépasser.

Le SDAGE 2016-2021³ définit le flux admissible comme une charge polluante maximale provenant du bassin versant ne remettant pas en cause le respect de son objectif de qualité. Il correspond ainsi au cumul maximal, pour une substance, de rejets polluants ponctuels et diffus dans son bassin versant permettant de respecter les objectifs de qualité (état écologique et état chimique notamment).

L'objectif est :

- d'atteindre, a minima, cette valeur si les flux actuels sont supérieurs aux flux admissibles,
- de ne pas dépasser cette valeur voire de réduire les flux actuels si ces derniers sont proches des flux admissibles,
- de ne pas atteindre cette valeur si les flux actuels sont inférieurs aux flux admissible. Le principe de non dégradation inscrit dans la DCE s'applique dans ce cas.

La compréhension des différentes interfaces (bassin versant-lagunes, mer-lagune, compartiment benthique-lagune) est capitale pour progresser dans cette voie. En effet, en milieu lagunaire, le temps de restauration va dépendre i) des apports du bassin versant, ii) de la structure et du fonctionnement des communautés biologiques (rôle dans le cycle de la matière, stockage des nutriments) iii) des échanges entre le compartiment benthique et la colonne d'eau (relargage sédimentaire en particulier), iv) de la capacité à exporter l'azote et le phosphore excédentaire vers les milieux ouverts (figure 2).

On peut noter que certaines lagunes, comme l'Or ou Salses Leucate, sont potentiellement influencées par des apports d'eaux souterraines (karsts ou nappes).

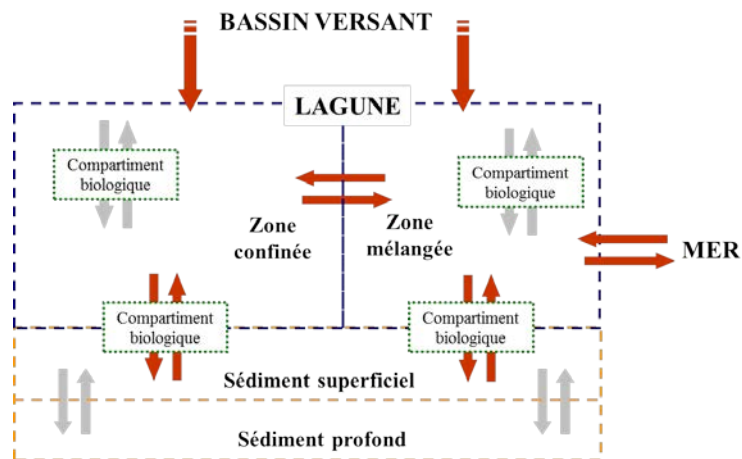


Figure 2. Représentation conceptuelle des échanges de matière au sein d'une lagune. Ouisse, 2013.

Ces dernières années, plusieurs études ont permis d'engager ce chantier avec des avancées significatives.

³ Disposition 5A-02 du SDAGE Rhône-Méditerranée 2016-2021

2.1.1.1 Interface bassin versant/lagune

L'estimation des flux peut se faire selon 2 approches :

- Estimer, puis additionner, les flux rejetés dans les lagunes ou leurs affluents, issus des principales sources grâce aux données disponibles : STEP, rejets industriels, lessivage des terres agricoles.
- **Calculer des flux apportés par les cours d'eau affluents des lagunes** en croisant les données de débit et de qualité (concentration) disponibles sur ces cours d'eau.

Ces approches sont complémentaires en ce sens que la première permet de disposer de la part relative des différentes sources d'apports mais ne tient pas compte des variations interannuelles et des processus d'autoépuration. La seconde, quant à elle, est plus précise et plus réaliste via des mesures et la prise en compte des événements hydrologiques mais elle ne permet pas de discriminer directement les sources d'apports et ne prend pas en compte les apports directs à la lagune.

Dans ce contexte, l'Agence de l'eau RMC a porté une réflexion pour identifier une **méthode d'estimation des flux** de nutriments adaptée aux lagunes, établir un **premier bilan de ces flux polluants** sur les différentes masses d'eau et proposer une **stratégie pour améliorer ces estimations** sur le moyen-long terme⁴.

Ce travail constitue une base solide sur laquelle s'appuyer pour bâtir un suivi et interpréter les données acquises (cf. chapitre 3).

Il a permis de mettre également en évidence des lacunes sur :

- la caractérisation des apports diffus agricoles,
- le suivi hydrométrique des affluents des lagunes,
- les données de qualité (nutriments) par temps de crues.

2.1.1.2 Interfaces mer/lagune et compartiment benthique/lagune⁵

On a démontré aujourd'hui que **les stocks d'azote et de phosphore dans le sédiment ralentissent la dynamique de restauration des lagunes** méditerranéennes. Les flux de d'azote inorganique dissout (NID), transférés vers la colonne d'eau, dépendent des stocks sédimentaires (plus les stocks sont importants plus les flux vers la colonne d'eau sont importants). L'intensité des flux de phosphates est quant à elle variable au cours de l'année et principalement corrélée à la température.

Les temps de restauration du sédiment ont été calculés sur chaque masse d'eau lagunaire. Ils sont de l'ordre de plusieurs décennies dans le cas d'un taux de renouvellement de la colonne d'eau inférieur à 10%, ce qui est le cas de la plupart des lagunes. En effet, les méthodes d'estimation ou de mesure du taux de renouvellement et de l'efficacité des échanges avec la mer ont beaucoup progressé. Les modèles hydrodynamiques, qui permettent de définir les temps caractéristiques des masses d'eau, offrent la possibilité de distinguer des zones de mélange (où les eaux saumâtres et les eaux marines sont rapidement et efficacement mélangées) des secteurs plus confinés de la lagune.

Néanmoins, même si les compartiments sont liés, la restauration de la qualité du sédiment n'est pas un « préalable absolu » à la restauration de l'état écologique de la lagune.

Le rôle des herbiers de zostères dans la régulation des flux benthiques d'azote et de phosphore est clairement identifié. Ces plantes ont un rôle structurant dans le compartiment benthique : bien que l'intensité des processus de reminéralisation soit plus importante (activité bactérienne dans le sédiment) dans les zones d'herbiers, le relargage d'azote et de phosphore reste limité car la demande en nutriments demeure également plus importante. Ainsi, les herbiers pourraient augmenter la capacité à stocker « durablement » des nutriments tout en limitant le relargage de nutriments du sédiment vers la colonne d'eau. Dit autrement, les flux de matière sont plus importants dans les zones eutrophisées dépourvues d'herbiers (annexe 2).

Plus largement, le rôle des macrophytes benthiques dans la régulation des flux de matière dans les lagunes méditerranéennes est à considérer.

⁴ Le Fur, 2014.

⁵ Ouisse & al., 2013. Fiandrino & Ouisse 2014. Ouisse & al., 2014.

Enfin, on sait que **les exports de nutriments par la mer sont loin d'être négligeables**. A titre d'exemple Bages-Sigean exporte par la mer 5 à 7 fois en un an le stock initial d'azote total contenu dans sa colonne d'eau.

2.1.1.3 Zoom sur les macrophytes⁶

80 % des masses d'eau lagunaires ne sont pas en bon état vis-à-vis du compartiment « macrophytes ».

Plusieurs hypothèses peuvent être émises face à ce constat : i) malgré une amélioration de la qualité de l'eau, la restauration du compartiment « macrophytes » est plus lente, ii) une contamination chimique de l'eau (métaux, herbicides) pourrait dégrader ce compartiment, iii) les macrophytes sont dégradés par un autre type de pression (piétinement, pression climatique, ect...) iv) les conditions naturelles du milieu ne sont pas réunies pour recevoir une population de macrophytes « de référence » (dont les herbiers représentent la majorité), en terme d'espèces ou de recouvrement. Ces hypothèses peuvent bien entendu se combiner.

De nouvelles connaissances émergent sur les facteurs qui gouvernent la distribution des macrophytes en milieu lagunaire et notamment les herbiers.

Par exemple, la présence de *Zostera noltei* en milieu lagunaire méditerranéen ne semble pas être influencée directement par la nature et l'état du sédiment. En revanche, sa présence serait le résultat d'une combinaison de facteurs naturels et anthropiques. A ceci, il faut ajouter la dynamique de dispersion liée à la connectivité des masses d'eau et les pressions ponctuelles (ancrage, piétinement...) pour expliquer la distribution actuelle de cette espèce.

La vitesse orbitale (vitesse des particules due au mouvement des vagues), la profondeur, l'azote total dans l'eau et les phosphate dans l'eau apparaissent comme les premiers paramètres à prendre en compte pour expliquer la présence ou l'absence de *Z.noltei*⁷. Ainsi, une modélisation a été réalisée pour identifier le potentiel de recolonisation par cette espèce de référence dans les différentes lagunes.

La recolonisation naturelle des herbiers étant très lente, leur réimplantation comme mesure accompagnatrice de la restauration des lagunes se pose dans un contexte d'amélioration des techniques d'ingénierie écologique⁸.

En France, plusieurs essais de réimplantation d'herbiers dans les lagunes ont été testés avec des résultats mitigés et des suivis peut-être trop courts. Par ailleurs on observe des recolonisations spontanées de certaines zones, ce qui laisse penser qu'un milieu où sont déjà présents des herbiers est capable d'assurer la reconquête des espaces disponibles lorsque les conditions environnementales sont favorables. Elle est assurée par des processus de multiplication végétative des herbiers, mais également par germination des graines contenues dans les sédiments ou importées.

En synthèse et à ce stade, plusieurs éléments peuvent être posés :

- L'amélioration des conditions environnementales de la colonne d'eau constitue un préalable à toute opération de réimplantations de plus grande envergure.
- Les réimplantations sont à étudier en priorité sur les lagunes dépourvues d'herbiers lorsque les conditions environnementales sont favorables.
- L'identification des secteurs potentiellement adéquats à des réimplantations est stratégique.

Aussi, l'acquisition de connaissances sur les facteurs favorables à la recolonisation est à poursuivre.

⁶ Les macrophytes intègrent les macroalgues et les phanérogames (herbiers de zostères). Ces dernières sont considérées pour la plupart (Zostères, Ruppia et Cymodocée) comme des espèces de référence, c'est-à-dire caractéristiques d'un milieu lagunaire en bon état.

⁷ Ouisse & al., 2014

⁸ Agence de l'eau RMC, 2014.

2.1.2 Sur la contamination chimique...

Les lagunes sont soumises à des apports en contaminants chimiques issus de l'industrie, de l'agriculture et des zones urbaines. La DCE identifie 41 substances pour lesquelles le bon état chimique doit être respecté dans chaque masse d'eau. Ces substances sont suivies sur des matrices intégratrices :

- Les échantillonneurs passifs (POCIS et DGT) qui se rapprochent le plus des mesures directes dans l'eau. Ils rendent compte de la concentration moyenne en contaminants dissous présents au cours de leur période d'exposition. Cette période s'étend jusqu'à 3 semaines pour les POCIS pour le suivi des contaminants organiques hydrophiles, et jusqu'à 8 à 10 jours pour les DGT pour le suivi de la fraction dissoute ou labile des métaux ;
- Le biote. Il permet de concentrer les contaminants bioaccumulables (métaux et organiques hydrophobes) dans un organisme vivant (les moules) qui se met à l'équilibre chimique avec la masse d'eau au cours de la période d'exposition (qui s'étend de 2,5 à 3 mois) ;
- Le sédiment. Compartiment plus intégrateur encore, il est utilisé à une fréquence plus faible (une fois tous les 6 à 10 ans) pour compléter le diagnostic par la recherche des contaminants qui possèdent des capacités à s'adsorber durablement sur les particules.

L'ensemble des outils utilisés permet à l'heure actuelle de mesurer un grand nombre de contaminants. Les résultats montrent une **contamination de la plupart des lagunes notamment par des pesticides**⁹ (annexe 1). On observe également des variations significatives entre les différentes campagnes de suivi.

Les outils de suivi sont disponibles mais l'interprétation des résultats reste à consolider en lien avec les questions de variabilité des flux apportés par le bassin versant, de variabilité météorologique et d'éventuelles sources internes (contaminants stockés dans les sédiments).

Compte tenu de ces résultats, il apparaît nécessaire de comprendre les processus mis en jeu dans cette contamination, d'autant plus que ces contaminants chimiques peuvent représenter une menace pour les organismes vivants. En effet, certaines substances ont la capacité d'être bioaccumulées¹⁰ et/ou bioamplifiées¹¹ le long de la chaîne trophique ayant un effet néfaste sur les prédateurs supérieurs tels que les poissons. Ils peuvent également jouer un rôle dans la dégradation des herbiers. Enfin, Les éléments disponibles sur l'écotoxicologie, les substances « émergentes » ou encore les « effets cocktails » des contaminants restent peu nombreux à ce jour.

2.1.3 Sur l'hydromorphologie et les pressions en général...

Selon la DCE, l'hydromorphologie, au même titre que la physico-chimie, est considérée comme support de la qualité biologique des milieux. Les paramètres hydromorphologiques influençant les compartiments biologiques (phytoplancton, macrophytes, invertébrés et poissons) sont les paramètres liés à la dynamique hydrologique, à la dynamique sédimentaire et aux paramètres morphologiques.

La plupart des lagunes de Rhône Méditerranée et de Corse sont situées sur des bassins versants particulièrement anthropisés : urbanisation des bassins versants, surfaces agricoles, gestion des apports d'eau douce (vannes, martelières...), présence de canaux, artificialisation des graus... Elles présentent donc des enjeux liés à l'hydromorphologie.

Dans le contexte de la DCE, les descripteurs hydromorphologiques les plus structurants à priori ont été définis puis caractérisés lors d'une première campagne de suivi¹². Une base de données homogène sur l'ensemble des lagunes du programme de surveillance a ainsi pu être constituée. Elle vient compléter la base de données des « pressions » (toutes pressions confondues) constituée en 2012¹³ pour disposer d'une vision homogène des

⁹ Munaron & al., 2012. Andral & al., 2010. Sargian & al., 2013.

¹⁰ La bioaccumulation désigne la capacité de certains organismes à absorber et concentrer dans tout ou une partie de leur organisme certaines substances chimiques.

¹¹ La bioamplification décrit le processus par lequel les taux de certaines substances chimiques croissent à chaque stade du réseau trophique.

¹² Asconit, 2009 – Aquascop, 2014

¹³ Menez & al., 2013.

masses d'eau, établir le risque de non atteinte des objectifs environnementaux et identifier les actions à inscrire au programme de mesures.

Les apports polluants en nutriments et en substances toxiques restent le point de blocage majeur pour l'atteinte du bon état. Les altérations physiques peuvent, quant à elles, constituer un "facteur aggravant" mais ne constituent pas le facteur principal, en l'état actuel de nos connaissances. En effet, avec les données disponibles sur l'ensemble des lagunes, il n'a pas pu être démontré de lien fort et direct entre la qualité biologique et les descripteurs hydromorphologiques¹⁴.

Par contre, les résultats montrent les liens forts entre la qualité biologique et les pressions polluantes issues des bassins versants et confirment la priorité donnée à la réduction de ces apports¹⁵.

Ainsi les **mesures à double bénéfice « réduction des pollutions / restauration des habitats » sont à promouvoir** dans le cadre de la mise en œuvre du programme de mesures. La restauration physique des cours d'eau affluents et des zones humides périphériques des lagunes est à ce titre prioritaire.

En termes de perspectives il est indispensable de progresser sur l'évaluation de la qualité des habitats en tant que support de la biologie. Les habitats lagunaires remplissent un certain nombre de fonctions pour les espèces biologiques (nursérie, reproduction, alimentation, croissance, connectivité...).

Ces milieux saumâtres sont indispensables pour les poissons et notamment les grands migrateurs comme l'anguille. Cette dernière trouve dans les lagunes une alimentation diversifiée (crabes, mollusques) pour autant qu'elle puisse y rentrer et en sortir quelques années plus tard pour aller se reproduire en mer des Sargasses. En effet, nombre de lagunes ont des échanges contrôlés avec le milieu marin par l'intermédiaire des graus aménagés et d'ouvrages hydrauliques qui font obstacle à la migration.

Comme pour les cours d'eau, la continuité écologique est cruciale sur ces milieux et pour la biodiversité, mais reste complexe à appréhender sur le transit des poissons marins et amphihalins durant les périodes pertinentes pour leur cycle de vie (zones nourricière et refuge, montaison, dévalaison).

De même la fonction de nurserie remplie par les lagunes est reconnue pour de nombreuses espèces de poissons (soles, daurades...). Il est important désormais de caractériser l'état de cette fonction sur les lagunes grâce à une expertise sur les habitats qui en sont le support.

Identifier les travaux de restauration qui pourraient améliorer les fonctions de la lagune, c'est-à-dire les services rendus à l'environnement et aux usages, est une façon de disposer d'une vision plus intégrée de l'écosystème, en complément des indicateurs « classiques » (caractéristiques des pressions polluantes).

2.1.4 Sur les espèces envahissantes...

De par ses activités, l'Homme est responsable de l'introduction ou du développement de certaines espèces. Dans certains cas, ces espèces vont être capables de proliférer et dominer le milieu au détriment de certaines espèces indigènes. Lorsque ces espèces prolifèrent, elles sont qualifiées « d'espèces envahissantes ».

On recense aujourd'hui quelques cas d'invasions d'espèces dans les milieux lagunaires méditerranéens :

- Le cascaïl (*Ficopotamus enigmatus*), fortement lié à la problématique de l'eutrophisation, il est implanté dans les étangs de l'Or, du Méjean et de Campagnol
- Le plancton gélatineux tel que le cténaire *Mnemiopsis leidyi*, qui pose actuellement des problèmes de prolifération dans la lagune de Bages-Sigean. Cette espèce est également présente dans l'étang de Berre, mais absente dans Thau. Un projet (GELAMED) est actuellement en cours afin de suivre le plancton gélatineux dans ces 3 lagunes afin d'identifier l'origine et l'évolution de ces proliférations.
- Les macroalgues, dont l'espèce *Valonia aegagropila*, qui est présente avec de fortes biomasses dans l'étang de Salses-Leucate. Un inventaire réalisé sur Thau recense 45 espèces introduites dont 10 seraient potentiellement envahissantes. Ces espèces auraient été introduites via les transferts d'huîtres et de naissains pour la conchyliculture. La majorité de ces espèces sont fixées sur des

¹⁴ Secrétariat technique du SDAGE, 2016

¹⁵ Derolez & al., 2014

substrats durs (tables conchyliques). Elles ne présentent pas à l'heure actuelle un enjeu majeur car aucune prolifération n'est observée à ce jour.

2.1.5 Sur le changement climatique...

Les travaux scientifiques sur le changement climatique s'appuient sur des modélisations qui ont comme point de départ des scénarii d'émission de gaz à effets de serre traduits en projections pour les paramètres climatiques tels que la température, le rayonnement solaire, le vent, les précipitations. Ces projections sont ensuite traduites en incidences pour les milieux aquatiques. Ces travaux se rejoignent et estiment que d'ici la fin de ce siècle, le changement climatique pourrait entraîner des modifications environnementales majeures¹⁶ : la température de l'air pourrait augmenter de 3 à 5°C à l'horizon 2080 et devrait induire également une augmentation de la température de l'eau ; les précipitations estivales diminueraient en Méditerranée avec des ordres de grandeur attendus de -20 à -60%. Les études évoquent également une augmentation de la fréquence et de l'intensité des tempêtes ou la hausse du niveau de la mer pouvant influencer les aléas d'érosion et de submersion sur le littoral méditerranéen. Compte tenu de leur localisation et de leur fonctionnement, la question de l'impact du changement climatique sur les lagunes se pose légitimement malgré des connaissances encore peu précises.

L'augmentation des tempêtes et l'élévation du niveau de la mer pourraient :

- augmenter les phénomènes d'érosion avec un déplacement des lidos vers l'intérieur des lagunes.
- augmenter les échanges entre la mer et les lagunes, induisant une marinisation de certaines lagunes.
- entraîner un risque de morcellement voire de disparition des lidos avec ouverture et création de nouveaux graus.
- entraîner un risque de submersion permanente ou temporaire avec création de nouvelles zones profondes et de nouvelles zones humides périphériques.

Les dernières publications relatives à la Méditerranée¹⁷ parlent d'une élévation de son niveau compris entre 23 et 47 cm. Ces chiffres sont bien inférieurs à ceux issus des modèles globaux de prévision à l'échelle mondiale.

Si le signal sur l'augmentation du niveau de la Méditerranée reste à consolider, on s'attend en revanche à une dégradation de la biodiversité par assèchement des zones humides et via des contraintes sur l'habitat des organismes aquatiques liées notamment au réchauffement des eaux.

La disparition à moyen terme des lagunes est donc peu probable. La modification des conditions environnementales et ainsi de leur fonctionnement et de leur biologie est beaucoup plus vraisemblable.

Des études réalisées dans l'étang de Thau (via la plateforme MEDIMEER¹⁸) ont montré que l'augmentation de température induit une augmentation de la production primaire et une modification des réseaux trophiques planctoniques. Certains auteurs parlent également d'un risque de modification de la phénologie¹⁹ et de la physiologie²⁰ des espèces, d'une modification de la répartition des espèces et des communautés, d'une augmentation d'espèces invasives et d'espèces toxiques.

Les efflorescences nuisibles ou toxiques impactent depuis très longtemps les eaux marines des écosystèmes naturels du monde entier. Ces développements massifs ont un effet néfaste sur les écosystèmes (perturbation, mortalité de la faune...) et sur leur exploitation (biotoxines dangereuses pour les consommateurs). Naturellement ces efflorescences touchent depuis des décennies les lagunes du Languedoc-Roussillon. Néanmoins les effets du changement climatique (augmentation de la salinité et de la température) pourraient favoriser l'apparition et le développement de nouvelles espèces toxiques dans les lagunes comme le montre le travail sur *Vulcanodinium rugosum*²¹.

¹⁶ Fabre, 2012.

¹⁷ PNUE-PAM-CAR/ASP, 2010

¹⁸ <http://www.medimeer.univ-montp2.fr/>

¹⁹ La phénologie est l'étude de l'apparition d'événements périodiques (annuels le plus souvent) dans le monde vivant, déterminée par les variations saisonnières du climat.

²⁰ La physiologie étudie le rôle, le fonctionnement et l'organisation mécanique, physique et biochimique des organismes vivants et de leurs composants (tissus, cellules, ...) ainsi que les interactions entre un organisme vivant et son environnement.

²¹ Abadie, 2015

Il est essentiel de **mieux caractériser les effets du changement climatique sur les lagunes** et d'identifier les impacts potentiels sur l'état des eaux. Une des difficultés reste de faire la part entre les modifications liées à l'évolution naturelle des lagunes de celles liées au changement climatique. L'acquisition dans le temps de données de température, de salinité, de hauteur d'eau et de débit des affluents participera à une meilleure caractérisation des phénomènes.

Ce travail d'acquisition de connaissances sur le moyen/long terme n'est pas de nature à remettre en cause les investissements et la stratégie de restauration de l'état des milieux lagunaires et de leurs affluents portés par le SDAGE et le programme de mesure.

En effet, que ce soit pour des enjeux liés à la pérennité des usages nécessitant un milieu de bonne qualité (conchyliculture, la pêche, la baignade, loisirs nautiques, etc.) ou liés à leur caractère patrimonial, la reconquête de la qualité des lagunes est une priorité.

Les mesures de réduction des apports par les substances (y compris pesticides) sont à conduire compte tenu des dégradations qu'elles induisent sur l'écosystème et les ressources (poissons, coquillage, eau potable...). Il s'agit principalement de travaux sur les apports par temps de pluie, sur les équipements industriels et sur les pollutions diffuses d'origine agricole.

Les investissements et les efforts portés sur la réduction des flux de nutriments sont à poursuivre pour répondre à la sensibilité actuelle des milieux récepteurs (lagunes et cours d'eau affluents) et sont de nature à améliorer la capacité des milieux à faire face aux stress engendrés par les effets du changement climatique (température, débits, crues...).

Dans le même esprit, la préservation et la restauration des espaces naturels et des zones humides à la périphérie des lagunes constituent aussi des mesures d'anticipation sur les effets du changement climatique à double titre : pour améliorer la résilience du milieu et pour éviter la maladaptation (investissement sur des aménagements voués à disparaître).

Enfin, les mesures visant à améliorer les échanges hydrologiques entre la mer et les lagunes et celles visant à restaurer les équilibres entre les apports d'eau douce et d'eau salée contribuent à améliorer le renouvellement des masses d'eau, diminuer les phénomènes de stratification et d'anoxie et anticipent le lien probablement plus fort entre la mer et les lagunes lié aux effets du changement climatique.



Lagunes palavasiennes vues du ciel (crédit MEBOS)

2.2 AXES & QUESTIONS PRIORITAIRES

Ce bilan des connaissances permet d'identifier et de structurer les **axes de travail et questions prioritaires** sur lesquelles nous devons progresser pour comprendre le fonctionnement des lagunes et identifier des leviers de restauration :

L'évaluation des flux de nutriments et le poids des interfaces (bassin versant-lagune, compartiment benthique-lagune, mer-lagune). Il s'agit d'évaluer le poids relatif des différentes interfaces lagunaires dans le devenir des polluants.

Quels sont les apports des tributaires des lagunes, quels impacts et quelle tendance ?

- Développer un réseau des flux d'eau et de sédiments des cours d'eau méditerranéens tributaires des lagunes.
- Dimensionner les exportations des stocks en lien avec le temps de renouvellement des lagunes.
- Préciser le rôle de l'hydrodynamisme dans la restauration des lagunes suite à une diminution des rejets.
- Caractériser les valeurs de flux au regard de leur incidence sur l'état des lagunes, en complément des grilles « concentration ».
- Proposer des plages de flux admissibles adaptées à chaque masse d'eau lagunaire.

La connaissance des facteurs de contrôle des macrophytes

- Quel est le potentiel de restauration du compartiment macrophytes dans les lagunes méditerranéennes ? Quelles sont les conditions favorables à leur recolonisation ?
- Dans un contexte de restauration, la dispersion naturelle peut-elle suffire à une recolonisation des zones potentielles ? Faut-il préconiser des réimplantations ?

La contamination chimique

Quelle contamination et quels impacts des substances sur l'écosystème lagunaire ?

- Etablir un diagnostic sur la contamination du milieu par les substances (notamment les pesticides) et leurs effets sur les communautés aquatiques (écotoxicité).
- Définir une méthode d'estimation des flux de pesticides apportés aux lagunes.
- Caractériser les processus d'accumulation des contaminants dans la chaîne trophique du milieu lagunaire.

L'hydromorphologie / les habitats

- Définir une stratégie relative aux habitats : Quelles sont nos ambitions ? Quels sont les axes de travail ? L'identification des fonctions les plus importantes et des habitats stratégiques qui s'y rattachent ainsi que la caractérisation des pressions qui les affectent seront des étapes clés du raisonnement.
- Développer un outil écologique complémentaire sur les liens entre les habitats et les poissons en lagunes.
- Quelle incidence de la gestion hydraulique des graus artificialisés (martelières, vannes...) sur le recrutement des civelles et la dévalaison des poissons ? Quel taux d'échappement ?

Le changement climatique

Comment mieux caractériser la vulnérabilité des lagunes au changement climatique ?

Il s'agira de progresser sur plusieurs thèmes :

- La vulnérabilité des espèces et des communautés lagunaires au changement climatique et les conséquences de l'évolution des cortèges d'espèces sur les référentiels des indicateurs d'état des milieux.
- L'évolution du régime hydrique et la modification de l'équilibre eau douce/eau salée et l'évolution des flux polluants.
- L'ampleur de la submersion marine sur les lagunes.

Poids des interfaces / Flux / Restauration

Objectifs :

- Estimation des flux d'apports polluants et développement d'un observatoire de flux au niveau des tributaires des lagunes
- Estimation des flux admissibles
- Processus de restauration vis-à-vis de l'eutrophisation

1

Bassin Versant / Lagune

- ⊗ Etablir une méthode d'estimation et de suivi des flux polluants arrivant aux lagunes ? ✓
- ⊗ Mettre en place un réseau « flux » et développer une grille de qualité ✓
- ⊗ Estimer les flux admissibles ✓

2

Eau / Compartiment benthique

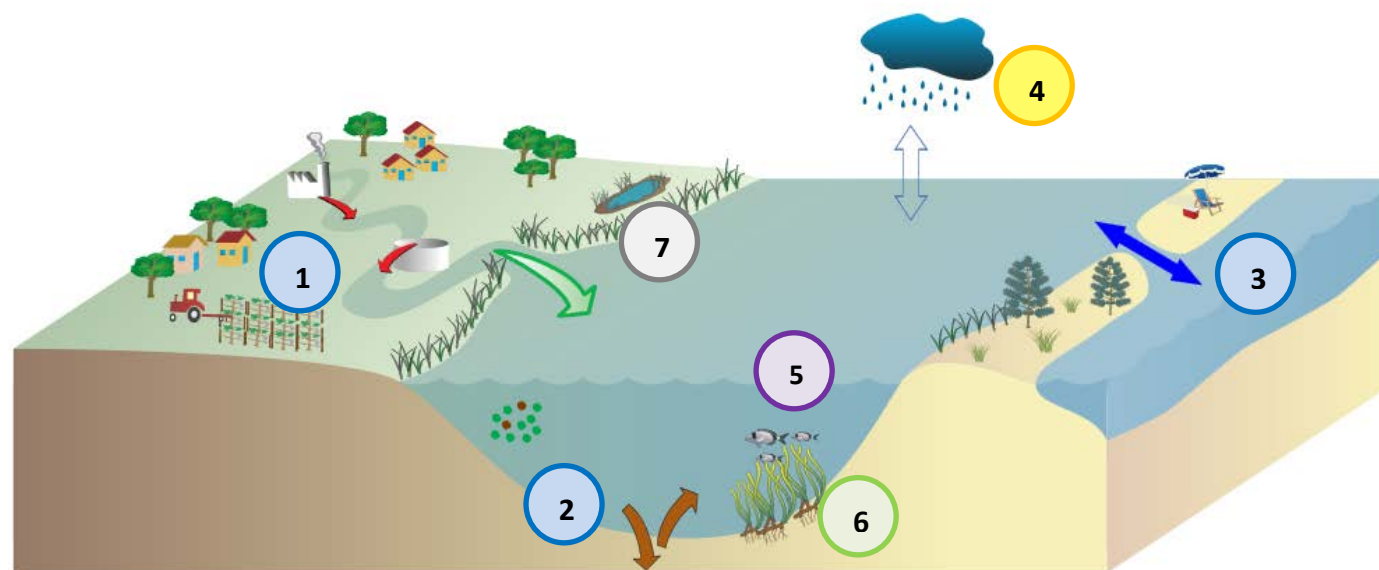
- ⊗ Estimer le poids du stock sédimentaire en nutriments et le temps de restauration de ce compartiment ✓
- ⊗ Comprendre l'évolution et le rôle des communautés biologiques dans un contexte de restauration de la colonne d'eau ?
 - *Phytoplancton* ✓
 - *Macrophytes* ✓

3

Mer / Lagune

- ⊗ Dimensionner l'exportation des stocks de nutriments
 - *Echanges hydrologiques mer/lagune* ✓
 - *Exportation de la matière* ✓

Figure 3. Axes de connaissance prioritaires en milieu lagunaire



5

Contamination chimique

- ⊗ Etablir un diagnostic de la contamination par les substances ✓
- ⊗ Définir une méthode d'estimation et de suivi des flux ✓
- ⊗ Evaluer la contamination dans la chaîne trophique ✓

7

Hydromorphologie / Habitats

- ⊗ Identifier les liens entre les descripteurs hydromorpho. et la biologie ? ✓
- ⊗ Caractériser la fonctionnalité des habitats notamment au travers des poissons ✓

6

Macrophytes

- ⊗ Identifier les conditions favorables et facteurs de contrôle des macrophytes en lagune ? ✓✓

4

Changement climatique

- ⊗ Comment mieux caractériser la vulnérabilité des lagunes au changement climatique ? ✓

- ✓ Etude réalisée
- ✓ Etudes en cours ou en lien avec la thématique
- ✓ Etudes à engager

3 STRATEGIE R&D SUR LES LAGUNES

Ce chapitre vise à préciser de quelle façon les différents axes prioritaires sont ou seront déclinés dans les années à venir. Principalement deux « outils » vont être utilisés et sont explicités dans ce chapitre : la mise en place d'un suivi scientifique d'une part et de sites ateliers d'autre part. Le premier vise l'acquisition « pérenne » de données spécifiques, complémentaires aux suivis existants (programme de surveillance DCE) dans une logique de réseau. Le second permet de lancer des études méthodologiques en fédérant les recherches autour de deux sites.

3.1 UN SUIVI SCIENTIFIQUE DES LAGUNES

3.1.1 Pourquoi mettre en place un suivi scientifique sur les lagunes de RMC ?

Les lagunes méditerranéennes constituent un des **milieux emblématiques** du bassin à l'instar des lacs alpins, du Rhône ou de la Méditerranée. A ce titre, et compte tenu des forts enjeux de restauration, l'agence de l'eau souhaite s'engager dans un suivi particulier de ces écosystèmes.

En complément des réseaux strictement DCE (suivi minimum réglementaire) et des 2 sites ateliers (chapitre 3.2), il s'agit de mettre en place un suivi régulier complémentaire, **axé sur les pressions**, visant à **caractériser les gains écologiques sur les milieux lagunaires sous l'effet des plans de gestion** (efficacité du programme de mesures). Il est déployé sur un nombre limité de masses d'eau lagunaires représentatives de Rhône Méditerranée Corse.

Ce suivi doit permettre de :

- Répondre à des **questions actuelles** ou à l'échéance du SDAGE (exemple : indicateurs plus réactifs que « l'état DCE »)
- Anticiper sur des **questions futures** (exemple : argumentaires en cas de non atteinte des objectifs à l'horizon 2021 et 2027)
- Travailler sur des **outils de diagnostic complémentaires** pour disposer d'une vision plus intégrée de ces milieux (exemple : lien poissons/habitats)

3.1.2 Contenu technique

Pour suivre les processus d'amélioration de l'état des lagunes et caractériser les gains écologiques sous l'effet des plans de gestion, 3 axes complémentaires sont développés, présentés par ordre chronologique de déploiement. Ces axes seront ajustés et optimisés au cours du temps en tenant compte des résultats obtenus. Le contenu technique de ce suivi n'est donc à ce jour pas figé.

3.1.2.1 Volet eutrophisation

Les objectifs visés sont les suivants :

- Construire des indicateurs de suivi plus réactifs que « l'état DCE » : 1 indicateur sur les flux arrivant aux lagunes et 1 indicateur de progression plus sensible sur les compartiments les plus réactifs au sein des lagunes.

- Progresser sur l'estimation des flux admissibles par les masses d'eau.
- Consolider les argumentaires sur le retard de restauration lié au fonctionnement de ces milieux particulier.
- Maintenir/accélérer la dynamique de réduction des apports en mettant en avant les progrès accomplis.

Pour ce faire 2 volets sont développés :

- Un réseau de suivi des **flux de nutriments** apportés par les tributaires aux lagunes est mis en place depuis le début de l'année 2015 et sera consolidé d'ici la fin 2016. Il est porté par l'agence de l'eau. Ce réseau constitue la composante « bassin versant » du volet eutrophisation. Il s'appuie sur le travail de définition méthodologique conduit par l'agence de l'eau en 2013-2014²². Ce réseau « flux de nutriments » permettra de mesurer à l'échelle du bassin, la réduction des apports aux masses d'eau lagunaires. Basé sur l'existant (programme de surveillance des cours d'eau), il porte sur 10 lagunes (correspondant à 12 masses d'eau) et vise le suivi de 18 cours d'eau tributaires. Ces affluents feront l'objet de mesure des nutriments tous les 15 jours (figure 5). De plus, afin de disposer de données de qualité en période de hautes eaux, 6 d'entre eux font l'objet de suivis par temps de crues de septembre 2015 à décembre 2017 (figure 4). Le tableau en annexe 3 présente les cours d'eau suivis.

Ce suivi permettra de progresser sur l'évaluation des flux admissibles par les lagunes. En effet ces données de flux alimenteront un modèle qui permettra d'estimer les charges maximales en azote et phosphore qu'une lagune peut tolérer tout en satisfaisant aux exigences du « bon état écologique » au sens de la DCE. Il permettra, à terme, de tester différents scénarios et de prioriser les efforts de réduction à engager. Les acquisitions de connaissances et les apports méthodologiques nécessaires pour réaliser ces évaluations seront développés dans le cadre de sites ateliers (cf. chapitre 3.2) (figure 4).

- Un suivi plus fréquent des compartiments les plus réactifs des lagunes (phytoplancton, nutriments), confié à l'Ifremer, est engagé à partir de 2016 : suivi annuel contre tous les 2 ans dans le cadre du programme de surveillance 2016-2021 de la DCE. L'objectif est de mettre en évidence des tendances d'évolution de ces 2 compartiments plus sensibles que les indicateurs DCE. Les lagunes suivies dans ce cadre sont : Canet, Bages-Sigean, Thau, étangs palavasiens, Or, Berre, Biguglia, La Palme et Ayrolle. Il s'agit de 9 lagunes poly-euhalines représentatives d'un gradient de perturbations et couvrant les lagunes emblématiques des bassins Rhône Méditerranée et Corse.

3.1.2.2 Volet chimie

Cet axe vise à caractériser et à évaluer le niveau de contamination des lagunes par les pesticides. Ce suivi d'état de contamination par les pesticides reflétera un niveau de pression exercé sur les bassins versants et s'apparentera à un réseau de suivi de la pression exercée par les activités émettrices de pesticides (différent du suivi de l'état chimique au sens de la DCE qui vise un nombre très limité de substances).

Un travail méthodologique, confié à l'Ifremer, est engagé en 2016 pour préciser la stratégie spatiale et temporelle dans les masses d'eau lagunaires ainsi que l'interprétation qui sera faite des données acquises. Les suivis proprement dits démarreront en 2017. Ils porteront sur les 9 lagunes identifiées ci-dessus : Canet, Bages-Sigean, Thau, étangs palavasiens, Or, Berre, Biguglia, La Palme et Ayrolle.

²² Le Fur, 2014.

Au niveau des apports par le bassin versant, la stratégie de suivi sur les flux de nutriments est déclinée sur les pesticides. 12 cours d'eau affluents font l'objet de mesures des pesticides tous les mois à partir de janvier 2016. De plus, afin de disposer de données de qualité en période de hautes eaux, 6 d'entre eux font l'objet de suivis par temps de crues de septembre 2015 à décembre 2017 (figure 4). Le tableau en annexe 3 présente les cours d'eau suivis. Ces suivis sur les cours d'eau affluents sont portés par l'agence de l'eau.

3.1.2.3 Poissons-habitats

Les indicateurs actuellement disponibles pour caractériser l'état des lagunes sont essentiellement caractéristiques des pressions polluantes. La question des habitats lagunaires et de leur relation avec la biologie reste complexe. Pourtant, ces habitats (herbiers, zones sableuses, marais périphériques...) remplissent un certain nombre de fonctions essentielles pour les espèces biologiques et notamment pour les poissons (nursérie, reproduction, alimentation, croissance, refuge...).

L'objectif de cet axe est de travailler au développement d'un **outil écologique complémentaire aux outils DCE**, plus intégrateur (pas uniquement basé sur l'enrichissement trophique du milieu) et caractérisant les fonctions existantes au sein de l'écosystème lagunaire. Il s'agirait, à terme, de définir puis mettre en place un suivi des poissons en lagunes en lien avec leurs habitats.

Les questions qui guident la réflexion sont les suivantes :

- Quelles sont les fonctions « clés » pour la lagune et pour les liens mer/lagune, cours d'eau/lagune et zones humides/lagune ?
- Quelles sont les espèces clés représentatives de ces fonctions ?
- Quels sont les habitats stratégiques pour ces espèces ?
- A quelles pressions sont-elles sensibles ?
- Quelles modalités de suivi : indicateurs, outils, stratégie spatiale et temporelle ?

Pour ce faire, des travaux méthodologiques préalables doivent être engagés. Une expertise collective conduite par les référents scientifiques sur le sujet se déroule en 2016. Des compléments de connaissances pourront être engagés dans le cadre des sites ateliers (cf. chapitre 3.2).

3.2 DEUX SITES ATELIERS

3.2.1 Définition et objectif

Afin de progresser sur la déclinaison des axes et questions prioritaires (cf. chapitre 2.2), et en complément du suivi scientifique (cf. chapitre 3.1), **deux sites ateliers lagunaires ont été identifiés : Bages-Sigean et le complexe Or/Palavasiens.**

L'objectif des sites ateliers est d'améliorer les connaissances sur le fonctionnement des écosystèmes lagunaires avec comme fil conducteur la restauration écologique et chimique de ces milieux : compréhension des phénomènes et identification de leviers d'actions.

Pour l'agence de l'eau, les sites-atelier sont des « outils » qui permettent d'avancer sur des questions scientifiques et/ou méthodologiques pré-identifiées et à caractère opérationnel. Ces sites favorisent les échanges interdisciplinaires, permettent de créer une dynamique de coopération scientifique en « concentrant la matière grise » sur un nombre limité de sites et de capitaliser les acquis tout en optimisant le suivi et les efforts financiers. Les études réalisées dans le cadre des sites ateliers constituent souvent des préalables à la définition d'opérations pilotes.

Concrètement pour l'agence, il s'agit de faire émerger des projets sur ces sites en réponse aux questions ciblées ou d'orienter sur ces sites les projets qui lui sont proposés, s'ils alimentent ces questions. Les résultats de ces études doivent être transposables (plus ou moins directement) sur les autres lagunes. C'est bien ici les résultats méthodologiques qui nous intéressent dans une logique de déploiement de façade.

3.2.2 Pourquoi Bages-Sigean et le complexe Or/Palavasiens ?

Ces sites ont été retenus pour plusieurs raisons. Tout d'abord, ils ont tous deux bénéficié d'une réduction drastique des flux polluants : condition *sine qua non* pour traiter du thème de la restauration. Néanmoins les deux sites sont dans des états écologiques différents (moyen/bon vs médiocre/mauvais) ce qui permet d'appréhender la notion de trajectoire de restauration. En ce sens il s'agit de sites complémentaires. Ces lagunes ne présentent pas un caractère atypique qui rendrait les résultats obtenus non transposables. Elles sont par ailleurs assez diversifiées pour pouvoir travailler sur des questions plus spécifiques (apports par des canaux, caractère confiné/mélangé de certaines zones, occupation contrastée de leurs bassins versants, ...).

De plus, compte tenu des caractéristiques des lagunes et de leurs bassins versants, l'un ou l'autre des sites se prête mieux à l'engagement de réflexions sur telle ou telle question (type de pression, configuration hydrologique des affluents, lien avec les canaux, etc.). Enfin, des travaux scientifiques structurants sur le thème de la restauration (GAMELAG, DEPART, échanges mer/lagune...) ont été conduits sur ces 2 sites constituant une base sur laquelle s'appuyer pour poursuivre les réflexions.

3.2.3 Contenu des sites ateliers

Le chapitre 2 a montré que la question des flux polluants aux différentes interfaces et de leur devenir au sein des lagunes est cruciale pour progresser sur la capacité de restauration de ces écosystèmes dégradés.

D'autre part, les macrophytes, élément le plus déclassant de l'état écologique des lagunes, jouent un rôle particulier : ils interviennent dans le processus de restauration pour consommer et stocker des nutriments, ils

jouent le rôle d'habitats pour d'autres espèces et enfin ils constituent un indicateur de qualité utilisé pour classer l'état écologique.

Ainsi, les questions méthodologiques autour des flux polluants et des macrophytes constituent, dans un premier temps, les axes de travail prioritaires sur les sites ateliers lagunaires.

3.2.3.1 Interface bassin versant / lagune : un axe majeur pour caractériser les pressions

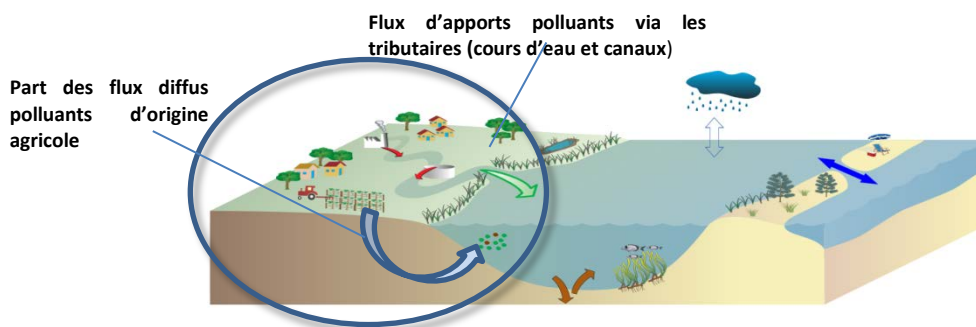
L'estimation des flux peut se faire selon deux approches différentes mais complémentaires :

- **Estimer, puis additionner, les flux rejetés dans les lagunes ou leurs affluents, issus des principales sources grâce aux données disponibles** : STEP, rejets industriels, lessivage des terres agricoles. Les estimations de flux polluants issus des stations d'épuration urbaines et industrielles sont relativement robustes grâce aux données homogènes récoltées par l'agence via les redevances. En revanche les apports d'origine agricole sont beaucoup plus complexes à quantifier.
- **Calculer des flux apportés par les cours d'eau affluents des lagunes** en croisant les données de débit et de qualité disponibles sur ces cours d'eau. Les calculs de flux sont actuellement possibles à partir des données de concentration en nutriments issus des réseaux de surveillance croisées aux données de débit issue des stations hydrométriques existantes. En revanche, les débits de beaucoup d'affluents de lagunes ne sont pas suivis. D'autre part, de nombreuses lagunes sont soumises à des apports polluants parfois non négligeable via des canaux : étangs palavasiens et l'Or via le canal du Rhône à Sète, Berre via le canal EDF de St Chamas, Bages Sigean via le canal de la Robine, Campagnol via le canal de la Réunion, Bagnas via le canal du Midi, etc. Ces apports via les canaux sont difficiles à estimer par manque de données sur leur qualité et/ou sur les débits.

Ces approches sont complémentaires en ce sens que la première permet de disposer de la part relative des différentes sources d'apports mais ne tient pas compte des variations interannuelles et des processus d'autoépuration. La seconde, quant à elle, est plus réaliste via des mesures et la prise en compte des événements hydrologiques mais elle ne permet pas de remonter directement aux sources d'apports et ne prend pas en compte les apports directs à la lagune.

Ainsi, plusieurs questions méthodologiques restent à traiter :

- Comment mieux estimer les apports diffus (flux de nutriments et de pesticides d'origine agricole) ?
- Comment estimer les débits sur les cours d'eau non instrumentés de manière pérenne ?
- Comment estimer les flux apportés par les canaux ?
- Comment caractériser les valeurs de flux au regard de leur incidence sur l'état des lagunes, en complément des grilles « concentration » ?

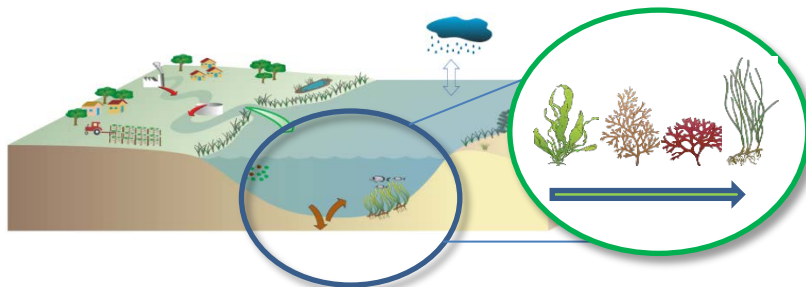


3.2.3.2 Interface sédiments / biote / colonne d'eau : comprendre et améliorer les dynamiques de restauration

Le chapitre 2 a montré que les questions autour des stocks sédimentaires de nutriments et du rôle des herbiers dans les flux de matière au sein du compartiment benthique ont été travaillées au travers de plusieurs études : estimation des stocks sédimentaires, étude des flux avec et sans herbiers, estimation du temps de restauration sédimentaire. Ces travaux ont permis des avancées notables et mettent en avant les macrophytes comme compartiment intégrateur et structurant des communautés benthiques.

Sur ce thème l'objectif des sites ateliers est d'apporter les éléments de compréhension sur les facteurs qui conditionnent l'installation de macrophytes et la recolonisation dans des milieux dégradés :

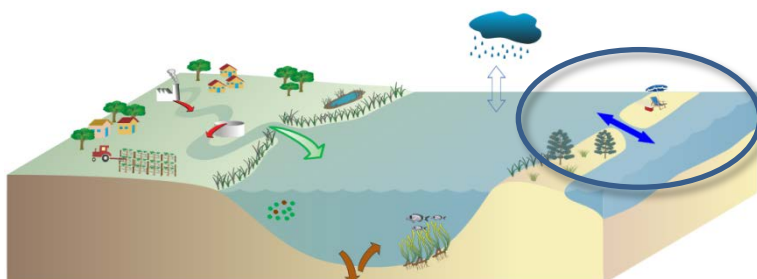
- Préciser les facteurs de contrôle de la distribution spatiale des herbiers et les successions écologiques des macrophytes pendant la phase de restauration des lagunes.
- Poursuivre l'identification des conditions favorables à la recolonisation par les herbiers et préciser le rôle et l'intérêt des opérations de réimplantation en lagune.



3.2.3.3 Interface mer / lagune : préciser le rôle des exports vers la mer

Ici aussi les méthodes d'estimation des échanges entre la mer et les lagunes ainsi que les exports de nutriments sont globalement établies. Néanmoins, de la même façon que sur les apports du bassin versant, il paraît utile de compléter la connaissance par temps de crues. Les objectifs sont les suivants :

- Identifier les types de crues pour lesquelles on observe un export de matière vers la mer par les graus (lorsqu'ils existent) et celles où les nutriments restent piégés dans les lagunes.
- Préciser ainsi la part de matière issue du bassin versant.

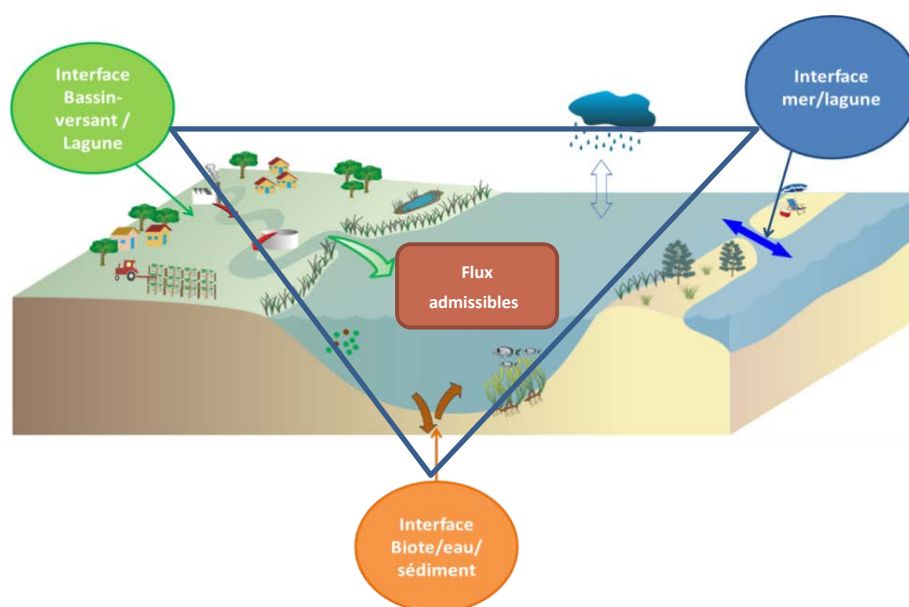


3.2.3.4 Estimation des flux admissibles²³

In fine, les estimations de flux aux différentes interfaces (bassin versant, sédiment, mer) seront intégrées dans un outil de modélisation pour simuler :

- Le devenir des nutriments au sein de l'écosystème lagunaire : assimilation, stockage, export, ...
- L'impact de ces apports sur les compartiments biologiques de la lagune quand cela est possible.
- Les flux admissibles par chaque lagune compatibles avec le bon état écologique.
- Les scénarii de gestion et de réduction des flux.

Ce point, qui constitue l'aboutissement de la réflexion méthodologique, sera nécessairement le plus long. Par conséquent il est nécessaire de l'engager dès à présent pour obtenir des résultats à l'échéance du SDAGE 2016-2021.



²³ Comme précisé au 2.1.1, La **notion de flux admissibles** est entendue dans ce document comme une valeur guide à ne pas dépasser.

3.2.3.5 Substances

Les lagunes constituent des réceptacles finaux pour de nombreux polluants chimiques issus de produits d'usage industriel, agricole ou domestique, en complément des apports en nutriments qui constituent toujours une préoccupation majeure. A l'heure actuelle, les sources et surtout les quantités en termes de flux de contaminants issus de ces différentes sources sont encore mal connues.

Le suivi scientifique mis en place (cf. 3.1) permettra d'acquérir des données permettant de caractériser l'état de contamination des lagunes par les pesticides ainsi que des mesures plus fréquentes des pesticides sur les principaux affluents des lagunes. Les sites ateliers, quant à eux, doivent nous permettre de progresser sur la méthode d'estimation des flux de pesticides apportés aux lagunes. Les pesticides constituent à ce stade la priorité mais d'autres substances feront, à terme, l'objet de travaux.

A plus long terme, il s'agira de s'attacher 1/ à caractériser la contamination dans la chaîne trophique (bioaccumulation, bioamplification) par les substances les plus problématiques et les plus concernées par ces phénomènes ; et 2/ d'apprécier les effets des contaminants sur les organismes (écotoxicologie). Les travaux conduits en ce moment sur le milieu marin dans le cadre de la DCSMM serviront de support à ces futurs travaux et permettront de cibler les substances concernées.

3.2.3.6 Habitats

En termes de perspectives il est indispensable de progresser, en complément des volets « eutrophisation » et « substances », sur l'évaluation de la qualité des habitats en tant que support de la biologie, notamment pour les communautés aquatiques caractéristiques de l'état écologique. En effet les habitats lagunaires remplissent un certain nombre de fonctions pour les espèces biologiques (nursérie, reproduction, alimentation, croissance...). Travailler à identifier les travaux de restauration qui pourraient améliorer les fonctions de la lagune, c'est-à-dire les services rendus à l'environnement et aux usages, est une façon de disposer d'une vision plus intégrée de l'écosystème, en complément des indicateurs « classiques » (caractéristiques des pressions polluantes).

Cela nous invite à travailler sur deux objectifs :

- Définir une stratégie de préservation/restauration des habitats. Pour cela, deux étapes clefs du raisonnement : identifier les fonctions les plus importantes (nursérie, alimentation, protection...) et les habitats stratégiques qui s'y rattachent et caractériser des pressions qui les affectent.
- Développer un outil écologique complémentaire sur les liens entre les habitats et les poissons en lagunes : Quelles informations sont nécessaires pour dire que la lagune fonctionne au niveau ichtyofaune ? Le travail sur les habitats et les fonctions écologiques associées est un préalable indispensable pour traiter cette question.

Ce sujet est également identifié sur le volet « suivi scientifique » (cf. 3.1). En effet, à ce stade, il est probable que les réflexions sur les habitats démarrent par des travaux méthodologiques dans le cadre des sites ateliers avant d'être potentiellement déployées dans le cadre du suivi scientifique. L'expertise collective conduite par les référents scientifiques sur le sujet en 2016 permettra de préciser les axes de travail.

3.2.3.7 Synthèse des opérations sur les sites atelier

Le tableau ci-dessous synthétise les objectifs poursuivis sur les sites atelier ainsi que les opérations associées le cas échéant. Il s'agit des priorités, à ce stade, qui pourront évoluer et s'élargir au fur et à mesure de l'avancement des travaux.

Thème	Objectif	Partenaires	Opération engagée	Site atelier
Interface bassin versant / lagune	Méthode d'estimation des flux de nutriments et de pesticides d'origine agricole	Chambre d'agriculture 34 Sup Agro	Oui	Complexe Or/Palavasiens
Interface bassin versant / lagune	Méthode d'estimation des débits sur les cours d'eau non instrumentés	SupAgro	Oui	Complexe Or/Palavasiens
Interface bassin versant / lagune	Méthode d'estimation des flux apportés par les canaux	Non défini	Non	A préciser
Interface bassin versant / lagune	Construire une grille flux en complément des grilles concentration	Non défini	Non	A préciser
Interface sédiments / biote / colonne d'eau	Rôle des macrophytes dans la restauration et successions écologiques	Ifremer	Oui	Bages-Sigean et complexe Or/Palavasiens
Interface sédiments / biote / colonne d'eau	Rôle et intérêt des opérations de réimplantation d'herbiers	SM2	Oui	Complexe Or/Palavasiens
Interface mer / lagune	Préciser les exports par temps de crue	Ifremer	Oui	Bages-Sigean
Flux admissibles (toutes interfaces)	Estimer les flux admissibles via un outil de modélisation	Ifremer	Oui	Bages-Sigean
Substances	Méthode d'estimation des flux de pesticides apportés aux lagunes	Non défini	Non	A préciser
Substances	Caractériser la contamination dans la chaîne trophique et les effets des contaminants sur les organismes	Non défini	Non	A préciser
Habitats	Caractériser la fonctionnalité des habitats lagunaires et développer un outil écologique complémentaire sur les poissons en lagune	Non défini	Non (expertise collective préalable en 2016)	A préciser

3.3 SYNTHÈSE DE LA STRATÉGIE « FLUX »

Les figures 4 et 5 visent à présenter de manière synthétique la stratégie développée pour avancer sur la question des flux de nutriments et de substances apportés aux lagunes. La figure 4 montre l'articulation entre les suivis réalisés dans le cadre du suivi scientifique (rectangles) et les réflexions/études engagées (ou à engager) dans le cadre des sites ateliers (bulles bleues).

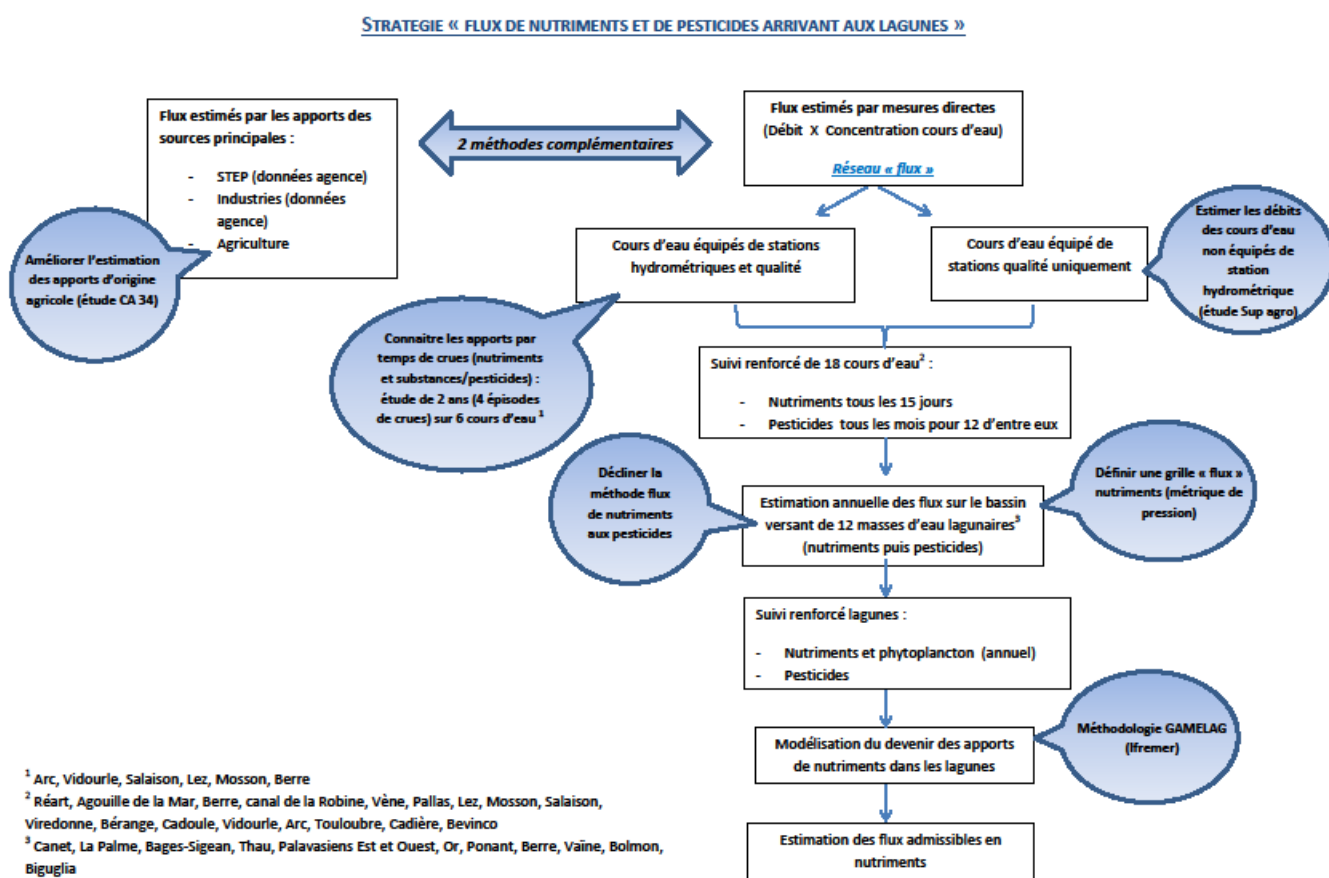


Figure 4 : Synthèse de la stratégie d'évaluation des flux de nutriments et de pesticides arrivant aux lagunes.

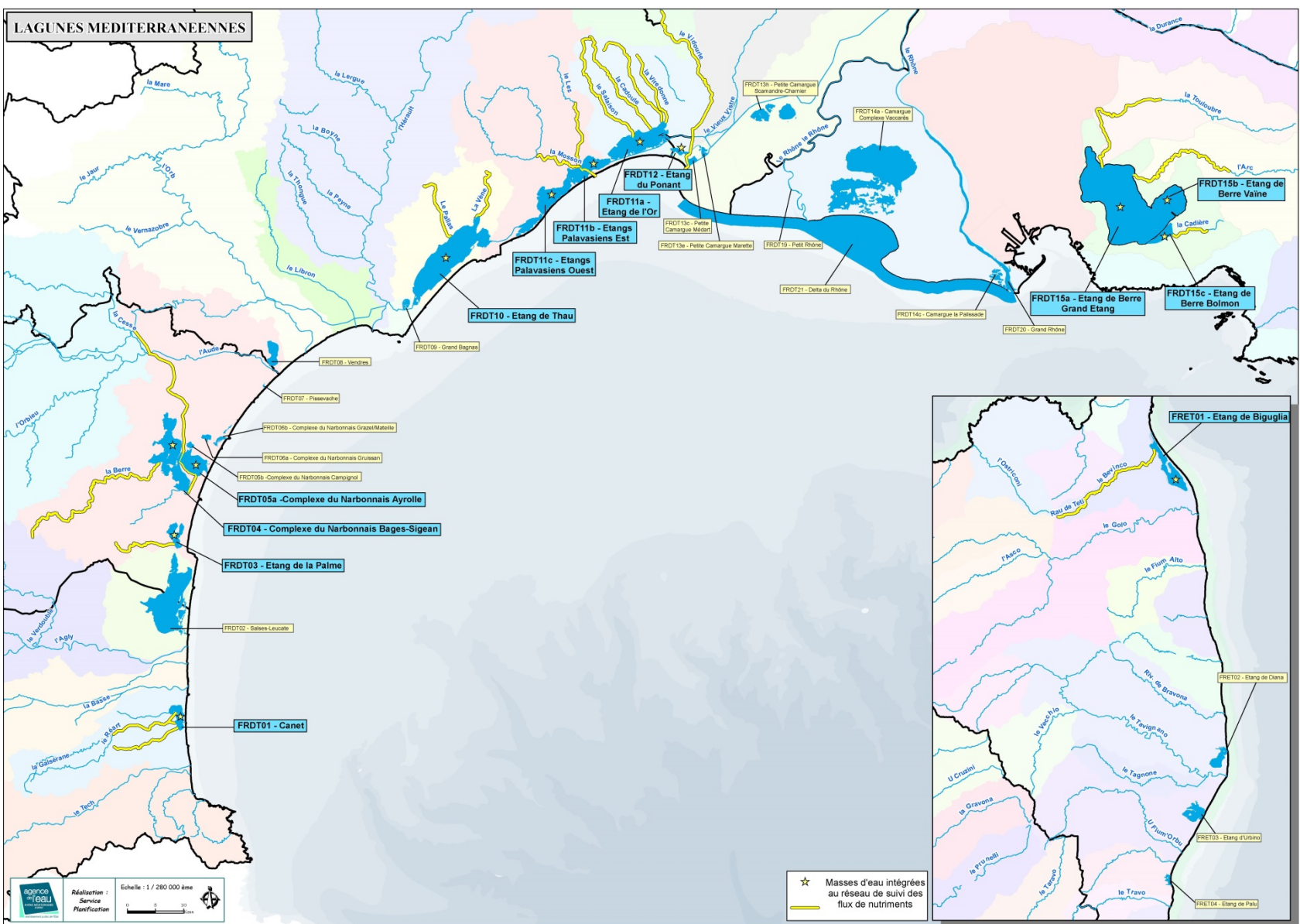


Figure 5 : Masses d'eau cours d'eau et lagunaires intégrées au réseau de suivi des flux de nutriments

4 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les connaissances sur le fonctionnement des milieux lagunaires et les pressions qui les affectent ont considérablement progressé à partir des années 2000.

La caractérisation de leur état trophique et des principaux processus qui le gouvernent est désormais consolidée. La connaissance des processus de restauration vis-à-vis de l'eutrophisation progresse.

En revanche, plusieurs étapes restent à franchir pour identifier les flux de nutriments admissibles par les lagunes et décliner des objectifs adaptés de réduction voire de suppression des apports polluants. Ce travail collectif, à l'échelle des bassins versants lagunaires, est clairement identifié dans les orientations fondamentales 5A et 5B du SDAGE 2016-2021. Les études méthodologiques et les acquisitions de données soutenues ou portées par l'agence de l'eau participent à la déclinaison de ces orientations en complément des réflexions portées par de nombreuses structures locales de gestion des lagunes dans le cadre des SAGE.

Au-delà de cet enjeu stratégique sur l'eutrophisation, d'autres défis sont à relever pour restaurer la qualité écologique des lagunes méditerranéennes. Notons principalement les questions autour :

- de la contamination chimique de l'eau et de l'écosystème,
- des habitats lagunaires benthiques.

Enfin la caractérisation de la vulnérabilité des lagunes au changement climatique reste à conduire en s'appuyant sur les travaux de la communauté scientifique.

L'agence de l'eau, au travers de sa politique « connaissance » du programme Sauvons l'eau ! entend participer à la déclinaison de ces axes stratégiques qui doivent nous permettre de préciser les bons leviers à activer pour progresser vers le bon état demandé par la DCE.

5 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abadie E., 2015, Etude des espèces microalgales toxiques émergentes dans les lagunes du Languedoc-Roussillon – projet MICROTOXEM. 69p.

Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, 2014. Restauration du milieu marin Méditerranée – Etat des travaux en cours et perspectives. 60p.

Andral B., Sargian P., Boissery P., Giraud A., Dutrieux E., Schvartz T., Thorin S., Bouchoucha M., Derolez V., Gonzalez J.L., Laugier T., Miralles F., Munaron D., Sargian P., Sartoretto S., Tomasino C., Amouroux J.-M., Labruno C., Markovic L., Thibaut T., 2010. Directive Cadre Eau. Contrôles de surveillance/opérationnel. District « Rhône et côtières méditerranéens ». Campagne DCE 2009. 129p.

Andral B., Sargian P., Boissery P., Giraud A., Dutrieux E., Schvartz T., Thorin S., Andral B., Bouchoucha M., Derolez V., Gonzalez J.L., Laugier T., Miralles F., Munaron D., Sargian P., Sartoretto S., Tomasino C., Chery A., Lejeune P., Pelaprat C., Gobert S., Goffart A., Markovic L., Thibaut T., Blaufune A., 2010b. Directive Cadre Eau. Contrôles de surveillance/opérationnel. District « Corse ». Campagne DCE 2009. 99p.

Aquascop, 2014. Réalisation d'une ou deux campagnes d'acquisition et d'interprétation de données de descripteurs hydromorphologiques des lagunes littorales des bassins Rhône Méditerranée Corse. Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse. 87p + annexes.

Asconit Consultants, 2009. Caractérisation et évaluation des paramètres hydromorphologiques des lagunes du bassin Rhône-Méditerranée et Corse dans le cadre de la DCE. Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse. 242p.

Dandine F., 2013. Transplantations de zostères : un outil clé pour l'interprétation écologique des herbiers de l'Etang de Berre (Provence, France). GIPREB. 36p.

Derolez V., Fiandrino A., Munaron N., 2014. Bilan sur les principales pressions pesant sur les lagunes méditerranéennes et leur lien avec l'état DCE. 46p.

Derolez V., Ouisse V., Fiandrino A., Munaron D., Bissery C., Kloareg M., 2013. Analyse statistique des données du RSL - Etude des trajectoires écologiques des lagunes entre 2001 et 2012. 39p.

Fiandrino, A., Robin, S., Pinatel C., 2012. Validation d'une méthode d'estimation des volumes d'eau échangés entre la mer et les lagunes. Ifremer. 100p.

Hebert M., Dupré N., Barral M., Messiaen G., Oheix J., Deslous-Paoli JM., 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 Cefralmar 07-2012.

Le Fur I., Giraud A., 2012. Bilan des connaissances sur les lagunes méditerranéennes françaises. Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse. 72p.

Le Fur I., 2014. Méthodologie et stratégie d'évaluation des flux polluants aux lagunes du bassin Rhône Méditerranée Corse. Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse. 88p.

Meinesz C., Bouchoucha M., Derolez V., 2013. Base de données « pressions sur les lagunes méditerranéennes ». Analyse des liens état – pression. RST.ODE/LER-PAC/13-11. 69p.

Munaron D., Hubert M., Gonzales J.-L., Tapie N., Budzinski H., Guyomarch J., Andral B., 2013. PEPFLAG : Projet Echantillonneurs Passifs pour la Surveillance de la contamination chimique des LAGunes Méditerranéennes. Ifremer. 79p.

Ouisse V., Fiandrino A., De Wit R., Malet N., 2013. Restauration des écosystèmes lagunaires : évaluation du rôle du sédiment et des herbiers à phanérogames. Ifremer. 38p.

Ouisse V., Fiandrino A., De Wit R., Giraud A., Malet N., 2014. Devenir du phosphore et de l'azote dans un contexte de restauration des milieux lagunaires méditerranéens – DEPART. Ifremer. 51p.

Ouisse V., Perron C., Fiandrino A., Rochette S., 2014. Rôle des macrophytes dans la restauration des milieux lagunaires : distribution spatiale de *Zostera noltei* - MARES1. Ifremer. 63p.

PNUE-PAM-CAR/ASP, 2010. Impact des changements climatiques sur la biodiversité en Mer Méditerranée. Par S. Ben Haj et A. Limam, CAR/ASP Edit., Tunis. 28p.

Sargian P., Andral B., Derolez V. et al., 2013a. Réseaux de surveillance DCE – Campagne 2012 – District « Rhône et côtiers méditerranéens ». 132p.

Sargian P., Andral B., Derolez V. et al., 2013b. Réseaux de surveillance DCE – Campagne 2012 – District « Corse ». 109p.

Secrétariat technique du SDAGE, 2016. L'hydromorphologie des lagunes dans le contexte de la Directive Cadre sur l'eau – Bassin Rhône Méditerranée. 34p.

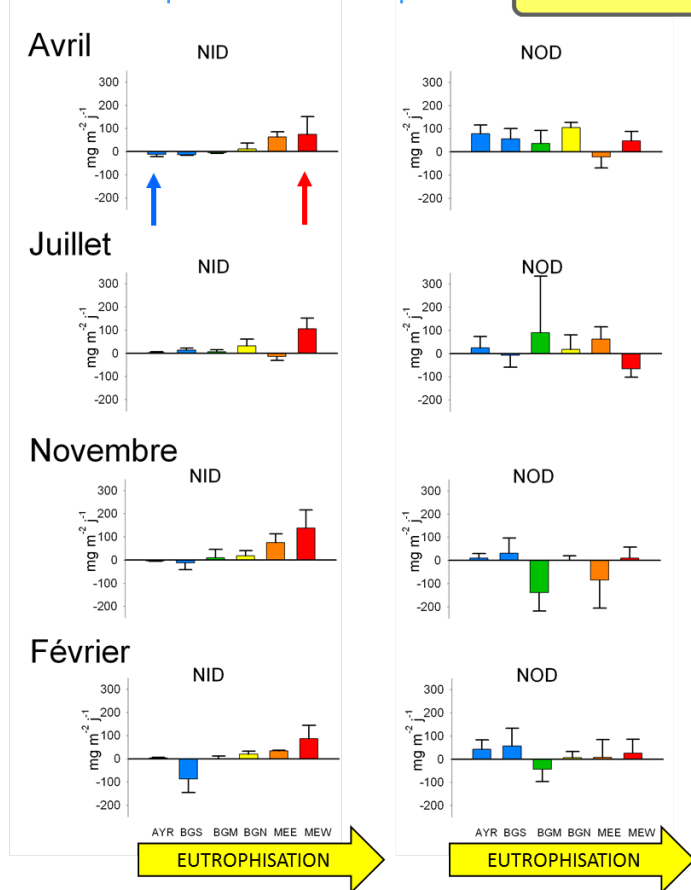
Annexe 1 Etat écologique et chimique des masses d'eau lagunaires des bassins Rhône Méditerranée et Corse (SDAGE 2016-2021)

Code	Libellé de la masse d'eau	Etat écologique	Phytoplancton	Macrophytes	Macroinvertebrates	Physico-chimie	Etat chimique
FRDT01	Canet	5	5	5	3	5	
FRDT02	Salses-Leucate	2	2	2	2	2	
FRDT03	Etang de La Palme	2	2	1	2	2	
FRDT04	Complexe du Narbonnais Bages - Sigean	3	2	3	2	1	
FRDT05a	Complexe du Narbonnais Ayrolle	2					
FRDT05b	Complexe du Narbonnais Campagnol	4	4	4		5	
FRDT06a	Complexe du Narbonnais Gruissan	3	1	3	2	1	
FRDT06b	Complexe du Narbonnais Grazel/Mateille	4					
FRDT07	Pissevache	2					
FRDT08	Vendres	5	5	2		5	
FRDT09	Grand Bagnas	4	4	3		5	
FRDT10	Etang de Thau	3	2	3	1	2	
FRDT11a	Etang de l'Or	5	5	3	4	5	
FRDT11b	Etangs Palavasiens Est	4	4	4	3	5	
FRDT11c	Etangs Palavasiens Ouest	4	4	4	4	2	
FRDT12	Etang du Ponant	5	5	4	3	4	
FRDT13c	Petite Camargue Médart	4					
FRDT13e	Petite Camargue Marette	4	4	3		4	
FRDT13h	Petite Camargue Scamandre- Charnier	4		4			
FRDT14a	Camargue Complexe Vaccarès	3	3	3	2	4	
FRDT14c	Camargue La Palissade	4	4	2		5	
FRDT15a	Etang de Berre Grand Etang	5	3	5	3	2	
FRDT15b	Etang de Berre Vaïne	4	4	4	3	3	
FRDT15c	Etang de Berre Bolmon	5	5	4		5	
FRET01	Etang de Biguglia	5	5	4	4	5	
FRET02	Etang de Diana	3	2	3	3	2	
FRET03	Etang d'Urbino	4	2	3	4	1	
FRET04	Etang de Palu	4	4	2	3	4	

Annexe 2 Flux journaliers d'azote dissout inorganique (NID) et d'azote dissout organique (NOD) en mg m^{-2} en avril, juillet et novembre 2012 et février 2013 sur les six sites (AYR, BGS, BGM, BGN, MEE et MEW). Ouisse, 2014.

Rôle du compartiment benthique

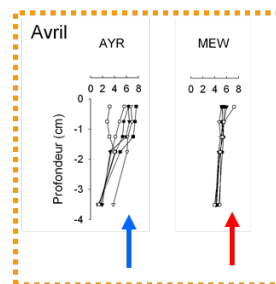
Flux benthiques : résultats



SOURCE PRINCIPALE DE VARIABILITE

- Flux de NID dépendant des stocks sédimentaires

Concentration d'azote total dans le sédiment



- Flux moins importants en présence d'herbier pour un stock comparable

Annexe 3 : Tableau présentant les suivis réalisés au titre de l'évaluation des flux de nutriments et de pesticides aux lagunes

Code masse d'eau	Lagune	Nom du point	Fréquence Nutriments	Fréquence pesticides
FRDT01	Canet	AGULLA DE LA MAR A ALENYA	BIMENSUEL	BIMESTRIEL
FRDT01	Canet	REART A ST-NAZAIRE	BIMENSUEL	MENSUEL
FRDT01	Canet	FOSSELLA A ST-NAZAIRE	MENSUEL	BIMESTRIEL
FRDT03	La Palme	RIEU DE LAPALME A LAPALME	BIMENSUEL	MENSUEL
FRDT04	Bages Sigean	BERRE A PORTEL-DES- CORBIERES 1	BIMENSUEL	MENSUEL
FRDT04	Bages Sigean	CANAL DE LA ROBINE A GRUISSAN	BIMENSUEL	MENSUEL
FRDT04	Bages Sigean	AUDE A SALLES-D'AUDE	MENSUEL	MENSUEL
FRDT10	Thau	PALLAS A LOUPIAN 2	BIMENSUEL	MENSUEL
FRDT10	Thau	VE NE A POUSSAN 1	BIMENSUEL	MENSUEL
FRDT11a	Or	SALAI SON A MAUGUIO 2	BIMENSUEL	MENSUEL
FRDT11a	Or	CADOULE A MAUGUIO 3	BIMENSUEL	BIMESTRIEL
FRDT11a	Or	BERANGE A CANDILLARGUES 2	BIMENSUEL	BIMESTRIEL
FRDT11a	Or	VIRE DONNE A LANSARGUES 2	BIMENSUEL	BIMESTRIEL
FRDT11b - FRDT11c	Palavasiens	LEZ A LATTES 2	BIMENSUEL	MENSUEL
FRDT11b - FRDT11c	Palavasiens	MOSSON A LATTES	BIMENSUEL	MENSUEL
FRDT12	Ponant	VIDOURLE A ST-LAURENT- D'AIGOUZE	BIMENSUEL	MENSUEL
FRDT15a - FRDT15b	Berre	ARC A BERRE-L'ETANG	BIMENSUEL	MENSUEL
FRDT15a - FRDT15b	Berre	TOULOUBRE A ST-CHAMAS 1	BIMENSUEL	/
FRDT15a - FRDT15b	Berre	TOULOUBRE A LA-BARBEN 2	MENSUEL	BIMESTRIEL
FRDT15c	Bolmon	CADIERE A MARIGNANE 1	BIMENSUEL	BIMESTRIEL
FRET01	Biguglia	BEVINCO A RUTALI	BIMENSUEL	MENSUEL

CONNAISSANCE DES LAGUNES

BILAN ET STRATÉGIE DANS LE CADRE DE LA MISE EN ŒUVRE DU SDAGE 2016-2021

Les lagunes sont des milieux riches mais fragiles, au fonctionnement complexe et particulièrement exposés aux pressions et aux pollutions compte tenu de la forte anthropisation de leurs bassins versants. Les enjeux de restauration sont forts, clairement identifiés dans le nouveau Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) 2016-2021.

Cette note présente un bilan synthétique des connaissances disponibles sur les lagunes. Il ne s'agit pas d'un bilan exhaustif mais d'un travail axé sur les problématiques qui affectent l'état ou le fonctionnement de ces écosystèmes : les pressions et leurs impacts sur le milieu.

Elle identifie également les questions prioritaires de R&D auxquelles il nous faut répondre pour comprendre les processus en jeu sur les lagunes et identifier des leviers efficaces pour restaurer leur qualité et atteindre le bon état exigé par la DCE.

Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse
2-4 allée de Lodz - 69363 Lyon cedex 07
Tél. 04 72 71 26 00

Délégation de Marseille
Immeuble le Noailles - 62, La Canebière - CS 90464 - 13207 MARSEILLE Cedex 01
Tél. 04 26 22 30 00

Délégation de Montpellier
Immeuble le Mondial - 219 rue le Titien - CS59549 - 34961 MONTPELLIER Cedex 2
Tél. 04 26 22 32 00