

LA LAGUNE DE BAGES-SIGEAN

UN EXEMPLE DE GESTION INTÉGRÉE D'UNE LAGUNE MÉDITERRANÉENNE



«NOUS CROYONS REGARDER LA NATURE, MAIS C'EST LA
NATURE QUI NOUS REGARDE ET NOUS IMPRÉGNE»

CHRISTIAN CHARRIÈRE



Préambule

Aujourd’hui, le renforcement de la réglementation concernant la gestion de l’eau impose de déterminer l’intégrité écologique des eaux de surface. Au niveau européen cette volonté se traduit par la Directive Cadre sur l’Eau (DCE) de 2000 qui impose d’évaluer l’état des masses d’eau, mais surtout d’arriver à un bon « état écologie » de ces entités d’ici 2015 (sauf conditions particulières).

Mais comment évaluer et atteindre ce bon état écologique ? Comment gérer et si nécessaire restaurer les différents compartiments de ces masses d’eau ?

Plusieurs approches ont été proposées par la communauté scientifique comme l’approche DPSIR (Drivers, Pressures, State, Impact, Responses) qui permet de conceptualiser un écosystème, et qui s’intègre dans les processus de Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC) reconnu comme « le processus le plus approprié pour traiter à long terme les problématiques».

Mais existe-t-il des exemples de telles applications ? Comment mettre en place ces méthodes qui peuvent se révéler complexe ? Et surtout avec qui les mettre en place ?

Ce rapport synthétique a comme objectif d’améliorer la compréhension de ces notions et d’apporter des éléments de réponse à ces questions. Il porte sur la lagune de Bages-Sigean (Languedoc-Roussillon), sur laquelle les successions d’actions et de processus ont permis de suivre l’état écologique (au sens DCE) de cette lagune. Ce retour d’expérience s’intègre dans une approche de GIZC et permet de montrer la contribution d’une telle approche à la restauration des milieux aquatiques.

Ce rapport a été rédigé par M. Mathieu DEPETRIS dans le cadre d’un stage au sein du laboratoire Environnement Ressources en Languedoc-Roussillon de l’Ifremer de Sète encadré par Mme Nathalie MALET, Mme Valérie DEROLEZ et Mme Annie FIANDRINO.

Organismes ayant collaboré à l’élaboration de ce rapport :



Cépralmar

Sommaire

Contexte global

Le début des préoccupations environnementales.....	1
I. Vers une prise de conscience mondiale.....	1
II. Une politique tournée vers la qualité de l'eau.....	3
III. Une gestion fondée sur des bassins hydrographiques.....	7
IV. Une nécessité de protéger un littoral fragile.....	11

Contexte de l'étang de Bages-Sigean

Un complexe lagunaire au cœur d'un Parc Naturel Régional.....	14
I. Situation géographique: où se trouve l'étang de Bages-Sigean ?.....	14
II. Organisation administrative: qui «s'occupe» de cet étang ?.....	20
III. Contexte Réglementaire: comment est géré l'étang de Bages-Sigean ?.....	23
IV. Contexte industriel: une zone dite «accidentogène».....	30
V. Des usages et des activités: comment vit l'étang ?.....	34
VI. Des pressions sur un espace fragile.....	39

L'étang de Bages-Sigean à la fin du 20ème siècle.....

42

I. Un gradient de salinité qui conditionne les peuplements végétaux et animaux.....	42
II. Une pollution mise en évidence.....	46
III. Un constat qui ne laisse plus place au doute.....	47

Vers une restauration du milieu.....

48

I. Une contamination qui diminue mais laisse des cicatrices.....	48
II. Un état vis-à-vis de l'eutrophisation qui s'améliore.....	59
III. Le programme de surveillance de la DCE.....	78
IV. Une restauration de l'étang en marche, mais qui tend vers quoi ?.....	80

Vers une évolution des prises de décision.....

82

I. Comment améliorer le fonctionnement hydraulique des étangs ?.....	82
II. Un état vis-à-vis de l'eutrophisation qui s'améliore et un contexte qui évolue.....	88
III. Comment définir les objectifs pour atteindre le bon état biologique de la Directive Cadre sur l'Eau ?.....	91

Place de la future publication.....

93

Références.....

95

Liste des tableaux et figures.....

99

Annexes.....

102

Contexte global

Le début des préoccupations environnementales

I. Vers une prise de conscience mondiale

Aujourd’hui, l’environnement et le développement durable occupent une place importante au sein des politiques et des objectifs de nos gouvernements. Cependant, cette « vision des choses » a une origine très récente, qui commence tout d’abord par une prise de conscience mondiale de la nécessité de mettre en œuvre une gestion durable de l’économie. Si la notion de « préservation » voit le jour sur le plan mondial en 1971 avec la convention de Ramsar (portant sur la protection des zones humides d’importance internationale), c’est en 1972 au sein de la Conférence des Nations Unies, que pour la première fois les questions écologiques sont placées au rang des préoccupations internationales.

Cette conférence, qui se déroule du 5 au 6 juin 1972 à Stockholm, marque l’émergence « d’une conception commune et de principes communs qui inspireront et guideront les efforts des peuples du monde en vue de préserver et d’améliorer l’environnement » ([Programme des Nations Unies pour l’environnement 2003](#)). Lors de ce sommet, 26 principes et un vaste plan d’action pour lutter contre la pollution sont adoptés par tous les participants.

Cette conférence marque aussi un événement majeur, qui est la création du Programme des Nations Unies pour l’Environnement (PNUE), qui représente la plus haute autorité environnementale au sein du système des Nations Unies. Ce programme joue un rôle de catalyseur, de défenseur et d’instructeur, œuvrant à promouvoir l’utilisation avisée et le développement durable de l’environnement mondial. A travers ces

missions, qui vont d’une évaluation des conditions et des tendances environnementales jusqu’au développement des instruments environnementaux nationaux et internationaux, il collabore avec de nombreux partenaires, dont les organismes des Nations Unies, des organismes internationaux, des gouvernements nationaux, des organismes non gouvernementaux, le secteur privé ou encore la société civile ([Programme des Nations Unies pour l’environnement 2003](#)).



Sigle du Programme des Nations Unies pour l’Environnement
([© www.unep.org](http://www.unep.org))

Cette conférence et ce programme marquent très clairement le début d’une volonté de coopération à l’échelle mondiale, et de la prise de conscience qu’une gestion efficace de la planète ne peut se faire qu’avec tous « les acteurs » concernés. C’est aussi la première fois que les dirigeants mondiaux s’engagent à se rencontrer tous les dix ans pour faire le point sur l’état de la Terre.

Dans les années qui suivent, 3 conventions internationales sont mises en place :

- la convention de Washington ou CITES, en 1973, qui réglemente le commerce international d'espèces de faune et flore sauvages menacées d'extinction,
- la convention de Bonn en 1979, qui est un traité international concernant la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage,
- la convention de Berne en 1979, qui concerne les pays membres de la Communauté Européenne, relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe.

Malgré ces grandes avancées, ce n'est qu'en 1992 qu'une réelle prise de conscience est née. Du 26 au 31 janvier 1992 s'est déroulée la Conférence internationale sur l'eau et l'environnement. Elle a eu lieu à Dublin et énonce la situation mondiale alarmante de l'eau : l'eau douce est rare et son emploi doit se faire avec considération ([Solanes & Gonzalez-Villarreal 1999](#)). C'est lors de cette conférence que sont énoncés quatre principes fondamentaux, les « principes de Dublin », qui seront les précurseurs d'une gestion intégrée des ressources en eau :

- l'eau douce est une ressource limitée et vulnérable, indispensable à la vie, au développement et à l'environnement,

- le développement et la gestion des eaux devraient être fondés sur une approche participative impliquant usagers, planificateurs et décideurs à tous niveaux,
- les femmes jouent un rôle central dans l'approvisionnement, la gestion et la sauvegarde de l'eau,
- l'eau a une valeur économique dans toutes ses utilisations concurrentes et doit être reconnue comme un bien économique,

Cette conférence fait partie des éléments clés qui conduiront à la création du Conseil Mondial de l'Eau (World Water Council WWC en 1996) et du Partenariat Mondial de l'Eau (Global Water Partnership GWP en 1996). Tous ces facteurs sont l'origine d'une prise de conscience mondiale de l'importance de la ressource en eau.

La même année, du 3 au 14 juin 1992, a lieu le Sommet de la Terre de Rio de Janeiro. Cette conférence marque encore un pas en avant, en précisant notamment pour la première fois la notion de développement durable. Ce sommet a été marqué par l'adoption d'un texte fondateur de 21 principes ([United Nation Sustainable Development 1993a](#)). C'est au cours de cette conférence que le programme d'action pour le 21ème siècle a été adopté : l'Agenda 21 ([United Nation Sustainable Development 1993b](#)). Il énumère quelques 2500 recommandations concernant



Le Sommet de Rio de 1992 ([© www.les-crises.fr](http://www.les-crises.fr))

la mise en œuvre concrète des principes de la précédente déclaration, et reste encore aujourd’hui une référence pour la mise en œuvre du développement durable au niveau des territoires. Cette conférence a également vu l’adoption de la Convention sur le climat, qui affirme la nécessité de réduire les émissions de gaz à effet de serre et qui a abouti à la signature en 1997 du Protocole de Kyoto. Ce sommet est l’un des plus grands rassemblements de dirigeants mondiaux.

Par la suite, plusieurs conférences ont vu le jour sur les traces de ce sommet, comme par exemple le Forum mondial sur l’eau ([Forum mondial sur l'eau 2011](#)). Le premier a eu lieu en 1997 avec pour objectif de mobiliser les imaginations, les innovations, les compétences et les savoir-faire pour faire avancer la cause de l’eau. Il rassemble tous les acteurs des enjeux actuels (aussi bien locaux que régionaux ou mondiaux)

qui ne peuvent se traiter qu’avec toutes les parties prenantes réunies dans un cadre commun, avec des objectifs partagés.

Le monde a changé radicalement de vision, et les priorités sont désormais axées autour d’une optique de développement durable et de préservation des ressources. Cela donne même lieu en 2002 au Sommet mondial sur le développement durable. Il s'est déroulé du 26 août au 4 septembre 2002 à Johannesburg et a été l'occasion pour le monde entier de faire le bilan et de compléter le programme lancé lors du Sommet de Rio en 1992 ([Programme des Nations Unies pour l'environnement 2003](#)). Son objectif principal est donc d’inciter les Etats à renouveler leurs engagements politiques en faveur du développement durable, mais aussi de favoriser le renforcement d'un partenariat entre le Nord et le Sud.

Depuis les années 70, le changement des mentalités a fini par faire prendre conscience à l’humanité que le seul moyen de pouvoir prélever et utiliser les biens et services de l’écosystème doit passer par une gestion durable et contrôlée de celui-ci.

II. Une politique tournée vers la qualité de l'eau

En France, les premiers textes modernes concernant le droit sur l'eau remontent au code napoléonien de 1804 ([Agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse 2012](#)). Certaines dispositions de ce code sont même encore applicables aujourd’hui et son objectif était de déterminer le régime de propriété de l'eau. Cependant, aucune préoccupation liée à « l'environnement aquatique » n'est présente dans ces textes.

En 1898, on voit apparaître dans la législation française la notion de « police des eaux ». La loi du 8 avril 1898 réglemente et organise les différents usages de l'eau qui se sont largement développés suite notamment à la révolution industrielle ([Agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse 2012](#)). L'Etat intervient pour réglementer les usages par un système d'autorisation de type « police des eaux ». Cependant, les objectifs qu'elle poursuit ne sont pas d'ordre « écologique », mais veillent seulement à ce que le développement industriel reste compatible avec des impératifs de salubrité et donc de sécurité publique.

Il faudra attendre 1964 pour voir apparaître la première grande loi française sur l'eau. La loi du 16 décembre 1964 organise la gestion de l'eau autour des six grands bassins hydrographiques français ([Centre National de la Recherche Scientifique, 2012](#)). Ils sont issus du découpage naturel selon les lignes de partage des eaux. Cette loi instaure, à l'intérieur de chaque bassin, la notion de « gestion globale de l'eau » dans l'intérêt de tous ([Legifrance 2012](#)). Les Agences de l'eau sont chargées au sein de chaque bassin d'organiser la gestion de l'eau. On commence dès lors, à voir apparaître une structuration du territoire en fonction de la ressource en eau, et surtout un début de préoccupation lié à la qualité de l'eau.

A l'échelle de l'Union Européenne (UE), plusieurs directives comme la directive eaux de baignade (76/160/CEE), la directive oiseaux (79/409/CEE), la directive nitrate (91/676/CEE), la directive sur les eaux résiduaires urbaines (91/271/CE) ou encore la directive habitat (92/43/CEE) commencent à définir

un cadre réglementaire commun, pour les pays membres, en matière de gestion des écosystèmes aquatiques. L'apparition de la loi littoral de 1986 en France va encore plus loin, et permet pour la première fois d'encadrer l'aménagement de la côte afin de permettre le libre accès au public (Loi littoral 1986).



Sigle de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée & Corse
(@ www.eaurmc.fr)

A l'échelle de l'Union Européenne (UE), plusieurs directives comme la directive eaux de baignade (76/160/CEE), la directive oiseaux (79/409/CEE), la directive nitrate (91/676/CEE), la directive sur les eaux résiduaires urbaines (91/271/CE) ou encore la directive habitat (92/43/CEE) commencent à définir un cadre réglementaire commun, pour les pays membres, en matière de gestion des écosystèmes aquatiques. L'apparition de la loi littoral de 1986 en France va encore plus loin, et permet pour la première fois d'encadrer l'aménagement de la côte afin de permettre le libre accès au public (Loi littoral 1986).

Mais c'est en 1992, par l'intermédiaire de la loi sur l'eau du 3 janvier, que les principes de gestion de l'eau franchissent une étape importante pour la prise en compte des milieux aquatiques ([Centre National de la Recherche Scientifique 2012, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse 2012](#)). Cette loi affirme que « l'eau fait partie du patrimoine commun de la nation ; sa protection, sa mise en valeur et le développement de la ressource utilisable, dans le respect des équilibres naturels, est d'intérêt général ». Elle définit pour la première fois la notion de « gestion équilibrée » de la ressource en eau, qui vise à assurer :

- la préservation des écosystèmes aquatiques,
- la protection contre toute pollution et la restauration de la qualité des eaux,

- le développement et la protection de la ressource en eau,
- la valorisation de l'eau comme ressource économique et la répartition de cette ressource.

Tous ces objectifs visent à satisfaire ou concilier, lors des différents usages, activités ou travaux, les exigences de tous les usagers. Cette loi affirme bien que la préservation des milieux aquatiques est un préalable nécessaire à la satisfaction des usagers, et que ce n'est qu'avec des milieux aquatiques « en bonne santé » qu'on pourra mieux satisfaire les différents usages.

C'est à partir de cette loi que sont instaurés les Schémas Directeurs d'Aménagements et de Gestion des Eaux (SDAGE) et les Schéma d'Aménagements et de Gestion des Eaux (SAGE) qui découlent du SDAGE mais qui s'appliquent à l'échelle d'unité hydrographique cohérente. Ce sont des outils de planification qui permettent de mettre en œuvre les grands principes de la loi sur l'eau. Ces outils permettent de mettre en œuvre des actions et des programmes, afin de permettre aux acteurs et gestionnaires de l'eau de gérer et de préserver la ressource en eau de leur bassin hydrographique.

Cette même année, l'UE voit l'apparition de L'Instrument Financier pour l'Environnement (LIFE), avec comme objectifs de « Contribuer à la mise en œuvre, à la mise à jour et au développement de la politique et de la législation environnementale de la Communauté, en particulier pour ce qui concerne l'intégration de l'environnement dans les autres politiques ainsi qu'à un développement durable » ([Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durable, 2007](#)). Il s'est terminé en 2006 après trois périodes de mise en œuvre dénommées LIFE 1 (1992-1995), LIFE 2 (1996-1999) et LIFE 3 (2000-2006). Ce programme de soutien financier est l'un des instruments de la mise en œuvre de la politique européenne de l'environnement qui se traduit par ailleurs par les textes réglementaires (directives, règlements et décisions), les instruments environnementaux (éco-labels européens, système de management environnemental européen : EMAS, Natura 2000), les actions de sensibilisation et d'information (Sustainable Cities and Towns Campaign, Green Week) et l'action internationale.



L'Instrument Fiancier pour l'Environnement
(www.rn-rohrschen.strasbourg.eu)

Le programme LIFE se compose de 3 volets dénommés LIFE Nature, LIFE Environnement et LIFE Pays tiers :

- LIFE Nature s'applique à la mise en œuvre des Directives Oiseaux et Habitats dans le cadre de la mise en place de la gestion de réseau des sites Natura 2000,
- LIFE Environnement a pour objectif spécifique de contribuer au développement de techniques et de méthodes novatrices et intégrées, ainsi qu'au développement plus poussé de la politique communautaire en matière d'environnement,
- LIFE Pays tiers contribue à la création de capacités et de structures administratives nécessaires dans le domaine de l'environnement et au développement de politiques et de programmes d'action en matière d'environnement dans les pays tiers riverains de la mer Méditerranée et de la mer Baltique.

Alors qu'un deuxième volet de ce programme intitulé LIFE+, qui poursuit l'essentiel de l'action de l'instrument LIFE durant la période 2007-2013, a débuté en 2006, on dénombre 162 projets financés en France (plus de 87 millions d'euros) et 1513 en Europe.

Dans la même continuité, la loi de 1995 permet d'établir des mesures de renforcement de la protection de l'environnement ([Assemblée nationale 2012](#), [Agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse 2012](#)). Elle énonce quatre grands principes de prévention, qui font aujourd'hui partie intégrante de chaque mesure de gestion :

- le principe de précaution : « l'absence de certitudes, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures affectives et proportionnées visant à prévenir un risque de dommages graves et irréversibles à l'environnement à un coût économique acceptable »,
- le principe d'action préventive et de correction : il faut agir « par priorité à la source des atteintes à l'environnement, en utilisant les meilleures techniques disponibles à un coût économiquement acceptable »,
- le principe de « pollueur-paiEUR » selon lequel les frais résultant des mesures de prévention, de réduction de la pollution et de lutte contre celle-ci doivent être supportés par le pollueur »,
- le principe de participation « selon lequel chaque citoyen doit avoir accès aux informations relatives à l'environnement, y compris celles relatives aux substances et activités dangereuses ».

Cette loi crée en outre la Commission nationale du débat public, qui est chargée de veiller au respect de la participation du public au processus d'élaboration des projets d'aménagements ou d'équipements d'intérêt national.

A partir de cette période, on voit nettement apparaître dans la législation des textes de loi qui protègent l'environnement et qui vont progressivement vers une optique de restauration des milieux. Dans ce but, le parlement français crée une délégation parlementaire à l'aménagement et au développement durable du territoire en 1999 ([Assemblée nationale 2012](#)). Sa mission est d'évaluer les politiques d'aménagement et de développement du territoire. C'est aussi à ce moment au sein de l'UE qu'est introduit le traité d'Amsterdam (1er mai 1999). Ses objectifs sont de parvenir à un développement harmonieux, équilibré et durable des activités économiques ([Journal officiel des Communautés européennes 1999](#)). Ce traité marque le commencement d'une volonté des pays membres de l'UE d'œuvrer en faveur du développement durable.

Cette volonté se traduit encore plus avec la Directive Cadre sur l'Eau (DCE, Directive 2000/60/CE) de 2000 ([Agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse 2012](#)). L'UE établit un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau, et renforce la prise en compte des milieux aquatiques par le Droit. Elle fixe explicitement un objectif de « bon état » des différents milieux aquatiques des pays de l'UE, à atteindre avant 2015 ou 2021. Ce bon état a été défini par la suite et exprimé au sein de textes législatifs pour chaque type de masse d'eau : pour les eaux douces de surface (circulaire DCE 2005/12 n°14 du 25 juillet 2005), pour les eaux souterraines (circulaire DCE 2006/18 du 21 décembre 2006) et pour les masses d'eau fortement modifiées et artificielles (circulaire DCE 2006/13 du 28 février 2006). Elle définit également ce que l'on doit entendre comme « bon état écologique » et donne ainsi un contenu à la notion de « qualité des milieux aquatiques ».



Drapeau de l'Union Européenne
(© [www.ndf.fr](#))

Dans la continuité de ces éléments, la France met en place une stratégie nationale de développement durable en 2003 ([Assemblée nationale 2012](#)). Cette stratégie s'accompagne d'une série d'actions à mener. Son principal axe est la transversalité : sous l'impulsion de l'Etat, il faut faire participer l'ensemble des ministères et des services déconcentrés, les collectivités locales et la société civile. L'Etat s'est doté d'un réseau dans lequel le ministère chargé du développement durable joue un rôle essentiel. Le ministère de l'écologie et du développement durable succède au secrétariat d'Etat en charge du développement durable mise en place en 2002. Conformément aux recommandations internationales selon lesquelles il est essentiel d'associer la société civile, un Conseil national du développement durable a été créé, dont le rôle est d'être une force de proposition.

L'année suivante, la loi du 21 avril 2004 transcrit en droit français la Directive Cadre sur l'Eau de 2000 et instaure pour la première fois une obligation de conformité entre les documents d'urbanisme et les SDAGE/SAGE. Pour marquer encore plus sa volonté d'œuvrer pour le développement durable, la France introduit dans sa constitution la Charte de l'environnement en 2005. Elle marque une évolution de la législation de la défense de l'environnement vers le droit à un environnement protégé et préservé.

L'année 2005 voit aussi l'apparition de la loi relative au développement des territoires ruraux (loi DTR 2005). Elle permet d'ajuster la réglementation déjà en vigueur afin de répondre au développement des espaces ruraux. Pour améliorer encore son pouvoir d'action, une loi instaurée le 30 décembre 2006 portant sur l'eau et les milieux aquatiques, permet à la France de se doter de nouveaux outils réglementaires permettant d'améliorer les luttes contre les pollutions, la gestion quantitative de l'eau et la restauration de bon fonctionnement des milieux aquatiques ([Agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse 2012](#)).

L'année 2006 voit l'apparition de la directive des eaux conchyliques qui instaure des mesures pour sauvegarder certains coquillages des conséquences néfastes du rejet de substances polluantes dans les eaux de mer (directive 2006/113/CE). L'Etat fait même plus en créant le 18 mai 2007 le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement (MEDDTL), qui est un ministère absolument « inédit » en Europe, voire dans le monde ([Assemblée nationale 2012](#)).



(© [www.developpement-durable.gouv.fr](#))

Avant l'arrivée de la DCE en 2000, la France (considérée comme un précurseur en matière de gestion de l'eau en Europe) avait déjà mis en place plusieurs outils de gestion comme les SDAGE ou encore les SAGE. L'évolution des politiques et des objectifs toujours plus exigeants dans les mesures de protection de l'environnement, permet aujourd'hui en France de considérer le bon état écologique des milieux aquatiques comme une condition indispensable au bon déroulement des activités humaines.

III. Une gestion fondée sur des bassins hydrographiques

Depuis la loi de 1964, la France est découpée en plusieurs bassins hydrographiques. Un bassin est un ensemble de terres irriguées par un même réseau hydrographique : un fleuve avec tous ses affluents et tous les cours d'eau qui les alimentent. Il constitue un système écologique cohérent formé de différents éléments : l'eau, la terre et les ressources minérales, végétales et animales. Comme dit précédemment, le bassin hydrographique constitue la pierre angulaire de la politique de l'eau française ([Centre National de la Recherche Scientifique 2012](#)).

Aujourd'hui, il existe 12 bassins français : Seine-Normandie, Loire-Bretagne, Adour-Garonne, Artois-Picardie, Rhin-Meuse, Rhône-Méditerranée, Corse, Martinique, Réunion, Mayotte, Guadeloupe et Guyane. A chaque bassin correspond deux instances, un Comité de bassin et une Agence de l'eau. Elles sont chargées de gérer et de protéger les ressources en eau à l'échelle de ce bassin.

Le bassin Rhône-Méditerranée regroupe les bassins versants des cours d'eau continentaux qui s'écoulent vers la Méditerranée et le littoral Méditerranéen. Il couvre 9 régions et 30 départements, et s'étend sur plus de 120 000 km², soit près de 25% du territoire national (Comité de bassin Rhône-Méditerranée, 2009).

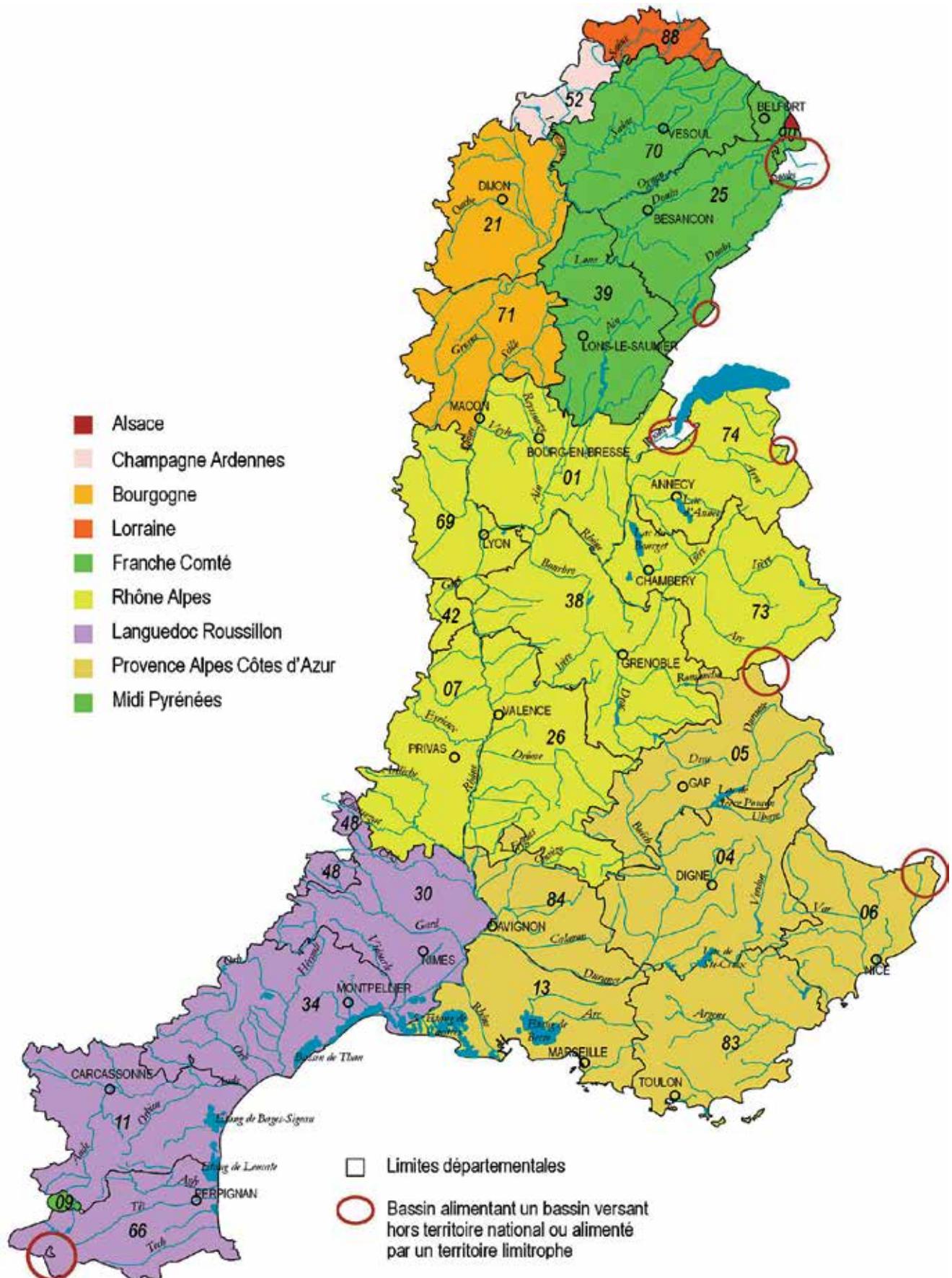
Comparées à l'ensemble des ressources hydriques de la France, celles du bassin Rhône-Méditerranée apparaissent relativement abondantes, notamment au niveau des zones humides qui sont riches et diversifiées (on recense au niveau de ce bassin 11 des

13 grands types de zones humides). Les deux instances chargées de gérer et protéger les ressources en eau sont le comité de bassin Rhône-Méditerranée et l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse.

Le comité de bassin est une assemblée qui regroupe les différents acteurs, publics ou privés, agissant dans le domaine de l'eau. Il est chargé de l'élaboration du SDAGE ([Comité de bassin Rhône-Méditerranée 2009](#)), qui est un document de planification décentralisé qui oblige les programmes et les décisions administratives à respecter les principes d'une gestion équilibrée et de protection de la ressource en eau.



Carte des 12 bassins hydrographiques français
(© SDAGE 2010-2015)



Carte du bassin hydrologique Rhône-Méditerranée
 (© SDAGE 2010-2015)

Depuis la loi sur l'eau de 1992 il y a eu deux SDAGE. Le premier SDAGE portait sur la période 1996-2009, et ces objectifs étaient axés autour de 10 points, qui portaient sur une volonté de mieux gérer, et ainsi préserver, les ressources en eau et les milieux aquatiques ([Comité de bassin Rhône-Méditerranée-Corse 1995](#)). Le 2ème SDAGE, qui s'étend sur la période 2010-2015, a vu de grands changements s'opérer, notamment dans la démarche de gestion des eaux ([Comité de bassin Rhône-Méditerranée 2009](#)). Il s'appuie sur deux textes réglementaires qui sont de véritables bonds en avant pour la gestion de l'eau :

- la DCE, qui instaure un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau,
- la loi sur les milieux aquatiques du 30 décembre 2006, qui permet de se doter de nouveaux outils réglementaires permettant d'améliorer la lutte contre la pollution, la gestion quantitative de l'eau et le bon fonctionnement des milieux aquatiques.

Le SDAGE 2010-2015 se veut plus ancré dans des mesures précises pour la gestion de l'eau que le SDAGE 1996-2009. Il s'appuie notamment sur l'importance de cibler les sources des problèmes pour mieux les traiter, et s'ouvre plus à une dimension sociale et économique afin de mieux anticiper l'avenir et s'axe davantage dans une optique de développement durable.

Le comité de bassin s'appuie sur plusieurs groupes de travail pour argumenter la discussion autour des axes directeurs et de la rédaction du SDAGE. Il s'appuie notamment sur :

- 9 commissions territoriales de bassin, qui sont ouvertes à l'ensemble des acteurs du territoire et constituent des lieux d'informations et de débats,
- la commission des milieux naturels aquatiques (CMNA), consultée sur les orientations du SDAGE en matière de protection des milieux aquatiques et sur toute question les concernant,
- un groupe de travail socio-économique, qui est chargé de mettre au point certaines méthodes spécifiques en application de la directive cadre sur l'eau et de développer l'approche dans le domaine des sciences sociales et économiques,

- un conseil scientifique, qui réunit des scientifiques qui sont chargés d'émettre des avis sur le projet dans son ensemble ou sur des questions ciblées.

Les Agences de l'eau quant à elles, sont des Etablissements Publics de l'Etat (EPA) sous tutelle du Ministère chargé du développement durable ([Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse 2012](#)). Elles sont au nombre de 6, et furent créées en 1964 avec comme objectifs de contribuer à l'amélioration de la gestion de l'eau, de lutter contre sa pollution et de protéger les milieux aquatiques. Pour agir, elles perçoivent des redevances sur les usages de l'eau selon les principes de « préleveur-payeur » et de « pollueur-payeur ». Le produit de ces redevances permet d'apporter des aides financières aux actions d'intérêt commun menées dans les domaines de l'eau par les collectivités locales, les industriels, les agriculteurs et les associations.

Ces Agences apportent aussi un appui aux acteurs locaux de la gestion de l'eau en développant des outils méthodologiques, en conseillant les maîtres d'ouvrages, en animant les réseaux d'acteurs et en mettant en œuvre des actions de sensibilisation (elles n'assurent pas directement la construction ou la gestion d'équipements). Elles appuient leurs actions sur des études et une surveillance renforcée des milieux aquatiques (ce qui lui fournit des indicateurs afin d'évaluer sa politique d'intervention).

Au niveau du bassin Rhône-Méditerranée et Corse, ce suivi de l'état des milieux aquatiques est mis en œuvre à travers le programme de surveillance de la directive cadre européenne sur l'eau.

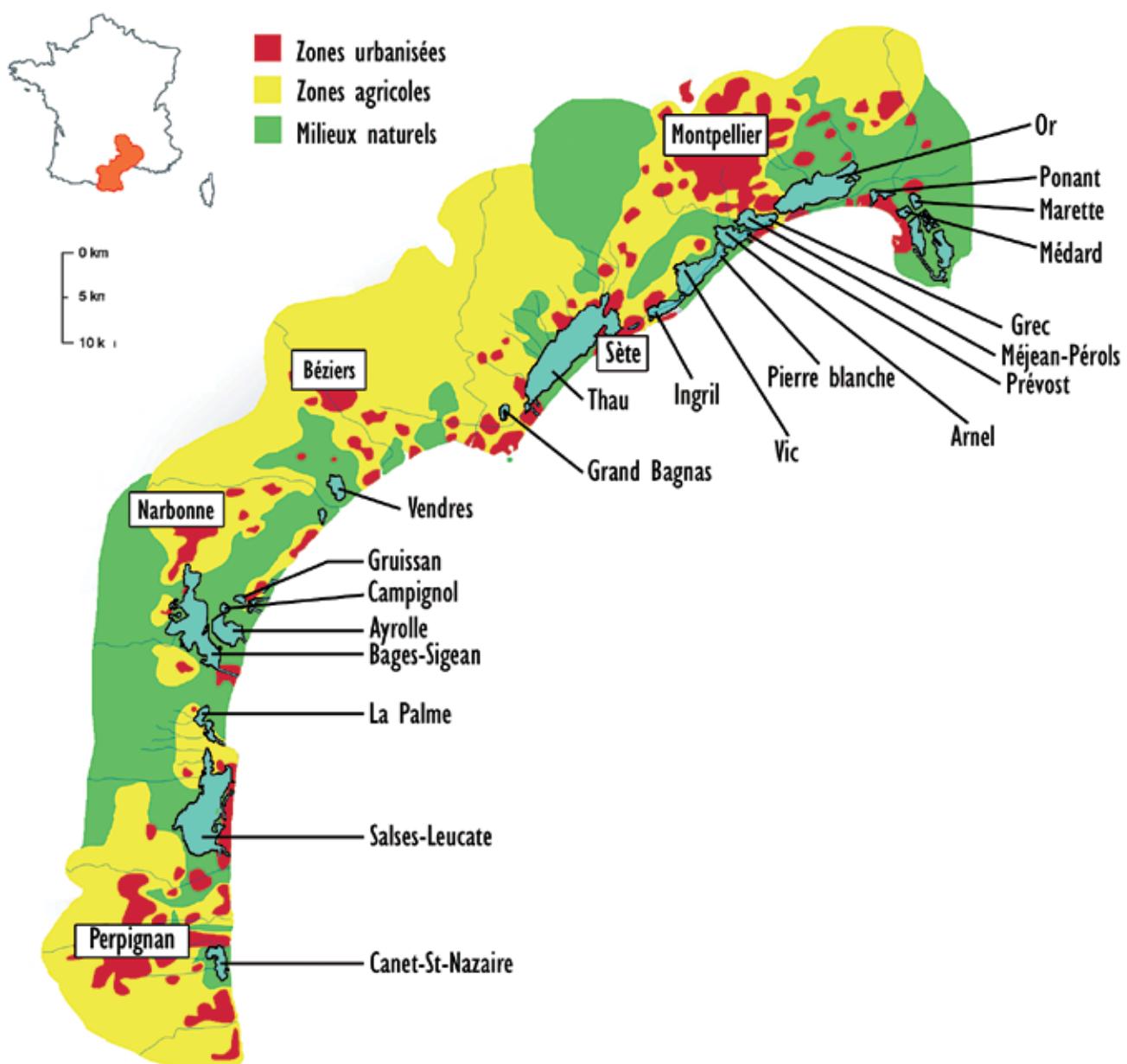
C'est un programme collectif de production de données réunissant :

- l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse ([Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse 2012](#)),
- les Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du logement (DREAL) qui sont des déclinaisons régionales du MEDDTL. Elles interviennent dans de nombreux domaines comme la préservation de la biodiversité, des sites et des paysages, de

- la gestion qualitative et quantitative de l'eau, de la prévention des pollutions et des risques naturels, technologiques et chroniques, ainsi que de la lutte contre le changement climatique ([Direction Régional de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement 2007](#)),
- l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA), qui est un établissement public national, créé suite à la loi sur les milieux aquatiques du 30 décembre 2006. Son objectif est de favoriser une meilleure gestion globale et durable de la ressource en eau des écosystèmes aquatiques. Il intervient sur des problèmes à l'échelle nationale et apporte aux acteurs de la gestion de l'eau, au niveau territorial et des bassins, son appui technique et sa connaissance de terrain du fonctionnement des milieux aquatiques. Il participe notamment à l'élaboration et à la diffusion des savoirs, à la formation des personnels chargés de la gestion de l'eau, ainsi qu'à la sensibilisation du public au bon état de l'eau et des milieux aquatiques ([Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques 2012](#)),
 - L'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER), qui est un établissement public à caractère industriel et commercial créé en 1984. Il contribue, par ses travaux et expertises, à la connaissance des océans et de leurs ressources, à la surveillance du milieu marin et du littoral et au développement durable des activités maritimes. A ces fins, il conçoit et met en œuvre des outils d'observation, d'expérimentation et de surveillance, et gère des bases de données océanographiques ([Institut Français pour la Recherche et l'Exploitation en Mer 2012](#)),
 - Le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), qui est un Etablissement Public à Caractère Industriel et Commercial (EPCI) créé en 1959, et qui sert de référence dans les applications des sciences de la Terre pour gérer les ressources et les risques du sol et du sous-sol. Ces objectifs sont de comprendre les phénomènes géologiques et les risques associés, en développant de nouvelles techniques et méthodologies afin de produire et diffuser des données de qualité, mais aussi développer et mettre à disposition les outils nécessaires à la gestion du sol, du sous-sol et des ressources ([Bureau de Recherches Géologiques et Minières 2012](#)).

La décentralisation des organismes gestionnaires des ressources en eau permet aujourd'hui l'émergence d'une volonté de concilier tous les usages de l'eau, afin d'arriver à une gestion équilibrée et concertée des milieux aquatiques.

IV. Une nécessité de protéger un littoral fragile



Carte des lagunes du Languedoc-Roussillon

Le Languedoc-Roussillon est une région du Sud de la France qui s'étend sur 5 départements et 27376 km². Cette région est connue notamment à cause de son complexe lagunaire sur tout son littoral (plus de 35885 hectares, [Pôle-relais-lagunes Méditerranéennes 2012](#)). Ces lagunes ont une surface variable, et leur profondeur varie classiquement entre 1 et 3 m ([Kjerfve 1994](#)) mais allant parfois jusqu'à 10 m avec l'exemple de la lagune de Thau. Historiquement utilisées comme voies de communication pour le transport des produits agricoles et miniers vers les ports marins ([Lentheric 1883](#)), et directement exploitées par la pêche, la chasse

et pour la production de sel, les lagunes sont aussi depuis le début du siècle en partie exploitées par la conchyliculture et la pisciculture, et depuis le milieu du siècle par des activités récréatives (baignade, plaisance à voile et à moteur).

Toutes ces activités se sont développées, surtout à partir des années 1960 où le Languedoc-Roussillon a vu l'émergence de la première Mission Interministérielle d'aménagement du littoral. ([Préfecture du Languedoc-Roussillon et de l'Hérault 2012](#)). Cette mission, dite « mission Racine » avait notamment comme objectif de créer des conditions favorables au développement des

activités touristiques sur la façade littorale. Jusque dans les années 80, toutes ces activités se sont développées sans prendre réellement en compte leurs éventuels impacts.

Les lagunes présentes sur le littoral du Languedoc-Roussillon sont des milieux relativement confinés, qui présentent un faible taux de renouvellement de leurs eaux et qui ont tendance à stocker naturellement les apports issus de leurs bassins versants. Ce sont des écosystèmes naturellement riches en éléments nutritifs qui permettent l'installation et la cohabitation de nombreuses espèces animales et végétales, dont les interactions participent à la stabilité du milieu. Mais de par ces caractéristiques, ce sont des milieux fragiles qui aujourd'hui sont menacés par trois problèmes majeurs : le comblement, l'eutrophisation et la contamination chimique.

Le problème du comblement n'est pas uniquement spécifique aux lagunes languedociennes, mais est aussi un problème d'ampleur mondiale. Bien que ce phénomène fasse partie de l'évolution naturelle de tout plan d'eau plus ou moins fermé, cette évolution naturelle bien accentuée par les activités humaines provoque des conséquences écologiques et économiques considérables ([Castaings 2008](#)). Les processus qui entrent en jeu dans le comblement sont complexes et variés (apports marins et fluviaux, aménagements humains, érosion côtière, déficit en eau dû à l'aménagement des fleuves, ...). Toutefois 5 mécanismes peuvent être distingués :

- dynamiques terrestres (apports sédimentaires du bassin versant et processus d'avancée terrestre),
- dynamiques marines (échanges sédimentaires, modification du lido et tempêtes),
- dynamiques biologiques internes (impact sur la dynamique sédimentaire, aquaculture, envasement de la lagune, eutrophisation, proliférations d'organismes, ...),
- dynamiques éoliennes (apports sédimentaires éoliens et redistribution des sédiments dans la lagune sous l'effet des courants et houles),
- remblaiements artificiels (étroitement liés aux caractéristiques locales ainsi qu'aux conditions

politiques et socio-économiques pesant sur le milieu).

En parallèle à cela, une augmentation importante de la population résidente ainsi qu'une forte fréquentation saisonnière sur ces territoires côtiers a engendré une forte augmentation des apports en matières nutritives au niveau des lagunes du Languedoc-Roussillon. Cet enrichissement excessif du milieu aquatique a provoqué une amplification des phénomènes d'eutrophisation. L'eutrophisation est un phénomène qui touche beaucoup de masses d'eau à travers le monde. Il est lié principalement à l'enrichissement d'un milieu en azote et en phosphore, qui peut être naturel mais qui aujourd'hui est largement amplifié par les activités humaines (rejets urbains, agriculture, industrie, ...).

L'augmentation de la production primaire et le développement d'algues et de végétaux d'espèces supérieures entraînent une perturbation indésirable de l'équilibre entre les organismes présents dans l'eau et une dégradation de la qualité de l'eau.

Les principales conséquences de l'eutrophisation des lagunes sont d'une part des dysfonctionnements écologiques, comme l'appauvrissement de la biodiversité et l'occurrence d'anoxie, et d'autre part, une perturbation des activités économiques qui en dépendent, comme la conchyliculture, la pêche et les activités touristiques.



Le SAGE de la Basse Vallée de l'Aude
(© www.smmar.fr)

Par ailleurs, le problème des contaminations toxiques est aujourd’hui un des défis majeurs des nouvelles politiques de gestion. Une contamination est caractérisée par la présence de substances dans le milieu en concentrations supérieures à la normale (substance naturelle) ou simplement en concentration détectable (substance de synthèse ou substance anthropique). Cependant, si des substances sont introduites par l’homme dans l’environnement et provoquent des effets dommageables pour celui-ci (faune, flore, ...) voire aussi pour la santé humaine, on ne parle plus de contaminants mais de polluants. Contrairement aux phénomènes d'eutrophisation ou de comblement, les conséquences des pollutions ne sont pas toujours visibles rapidement. Dans des zones où la pêche et la conchyliculture sont très présentes et importantes culturellement, ces pollutions peuvent être problématiques et même mettre en danger ces professions.

Ces menaces pesant sur les lagunes du Languedoc-Roussillon ont bien été ciblées notamment dans plusieurs outils de gestion. Un exemple de ces outils est le SAGE de la basse vallée de l'Aude ([Commission](#)

[Locale de l'Eau 2012](#)). Le périmètre de ce SAGE englobe 44 communes, dont 30 dans l'Aude et 14 dans l'Hérault. Les SAGE sont élaborés par les Commissions Locales de l'Eau (CLE) qui sont des véritables instances de concertation et de décisions. Elles sont composées à 29% par les usagers, à 19% par l'état et à 52% par les élus locaux ([Syndicat Mixte des Milieux Aquatiques et des Rivières 2012](#)). Derrière une stratégie globale qui est basée sur la protection et la gestion des espaces remarquables aquatiques, ce document se décline en 5 axes qui visent à :

- construire une gestion concertée et durable de l'eau sur le périmètre,
- améliorer la qualité des eaux par la diminution de toutes les sources de pollution,
- promouvoir une utilisation de la ressource respectueuse des milieux naturels,
- favoriser la diversité écologique par la protection, la gestion des zones humides et des espaces remarquables,
- limiter les dégâts liés aux crues par une approche globale des zones inondables.

Le littoral du Languedoc-Roussillon est un milieu fragile, qui se doit d'avoir une gestion et un suivi particulier, afin de pouvoir être préservé et exploité durablement pour les générations à venir.



Les salins de Gruissan (© PNR de la Narbonnaise)

Contexte de l'étang de Bages-Sigean

Un complexe lagunaire au cœur d'un Parc Naturel Régional

I. Situation géographique: où se trouve l'étang de Bages-Sigean ?

Les données concernant la localisation géographique et la géologie sont tirées du document d'objectifs ([DOCOB 2010](#)) des étangs du Narbonnais, animé par le PNR de la Narbonnaise.

Les espaces lagunaires du Languedoc-Roussillon s'étendent sur 40 000 hectares entre la terre et la mer. Les lagunes sont des étendues d'eau salée ou saumâtre, situées entre la terre et un cordon littoral plus ou moins continu appelé lido.

Le complexe lagunaire des étangs du Narbonnais est situé sur le littoral de l'Aude et s'étend sur 14 km du Nord au Sud, de Narbonne à Port-la-Nouvelle, et d'Ouest en Est, sur 10 km de Peyriac-de-Mer à Gruissan. Au nord, l'espace est occupé par l'agglomération Narbonnaise et la basse plaine de l'Aude. Au sud-est, les étangs bordent une vaste zone de salins (Gruissan, Port-la-Nouvelle) et la mer.

Ce complexe est composé 3 bassins lagunaires : les étangs de Bages-Sigean, Campignol-Ayrolle et Gruissan. Ces étangs représentent un ancien golfe quaternaire dont toute la partie nord a été colmatée par les apports de l'Aude, jusqu'à une période très récente, alors que se fermait le cordon littoral. Ce golfe s'est fermé au cours de l'époque romaine. Les dépôts fluviaux du quaternaire récent recouvrent de très grandes surfaces.

Leur nature est très variable, souvent argilo-limoneuse, argilo-sableuse ou limoneuse. Les sédiments d'origine maritime et littorale occupent de grandes surfaces sur la rive Est des étangs et sur le littoral marin. Les étangs sont dominés à l'ouest par le versant oriental des Corbières. Ce versant présente des formations marno-calcaires en haut de versant et des glaciis (forme du relief caractéristique des régions méditerranéennes, de pente longitudinale régulière et peu inclinée) limono-sableux en bas de pente (issus de l'érosion périglaciaire). Les abords de ces étangs sont constitués de marais périphériques plus ou moins inondés selon la période de l'année et les conditions météorologiques. La flore de ces marais périphériques est souvent soumise à des conditions dites de milieux extrêmes (submersion prolongée, sécheresse extrême, sursalinité,...), et la plupart de ces espèces végétales présentent des adaptations physiologiques.

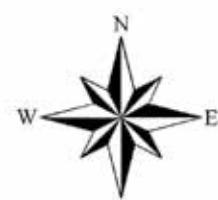
La transition entre les reliefs calcaires et les lagunes, puis avec la mer est souvent rapide, et permet d'observer une succession de milieux bien différents, des plus secs au plus humides et salés, sur de petites distances. Une des principales caractéristiques de ce complexe

lagunaire reste l'existence de nombreuses îles (Saint Martin, Aute, Sainte Lucie et Planasse pour les plus importantes), dont certaines accueillent des habitats naturels secs méditerranéens tout à fait inhabituels au milieu d'un étang, et qui accentuent encore la variété et l'effet mosaïque des milieux. La conjugaison de ces phénomènes de transition entre domaines marins et continentaux entre milieux secs et humides, confère à ce complexe lagunaire une diversité et une richesse écologique particulièrement remarquable. Cette variété de milieux est très attrayante pour les oiseaux, et abrite une grande variété de reptiles, d'amphibiens et d'insectes. Au cœur de ce complexe lagunaire, la lagune de Bages-Sigean est la plus grande et s'étend du Sud au Nord, de Port-la-Nouvelle jusqu'au Sud de Narbonne. Cinq communes bordent cette lagune : Narbonne, Bages, Peyriac-de-mer, Sigean et Port-la-Nouvelle. Sa superficie est d'environ 3590 ha avec

50 km de rives, et il s'étire sur plus de 14 km dans sa longueur pour une largeur moyenne de 2,5 km, avec un volume total de plus de 60 Mm³ (calculé à partir du volume moyen de l'étang). Sa profondeur moyenne est de 2,60 m. Son bassin versant quant à lui est situé majoritairement à l'ouest et couvre une superficie de 44300 ha. Ce complexe lagunaire est soumis à un climat méditerranéen, caractérisé par des événements climatiques parfois violents, voire extrêmes (vents, sécheresse estivale, pluies importantes de l'automne et du printemps,...). Ces événements climatiques contrôlent l'hydrodynamisme ([Boutiere 1974](#)) et contraignent les espèces animales et végétales tout en façonnent les paysages. Ainsi, on observe un fort déséquilibre des différents facteurs météorologiques entre les saisons, de même qu'une conjugaison de forts vents/précipitations au printemps et à l'automne :



Laboratoire Environnement
Ressources du
Languedoc-Roussillon



0 3 000 Mètres

Image LANDSAT, Source GEOSYS

Le complexe lagunaire des étangs du Narbonnais

- les précipitations concentrées sur de courts épisodes pluvieux (environ 600 mm/an sur 75 jours en moyenne, figure 1),

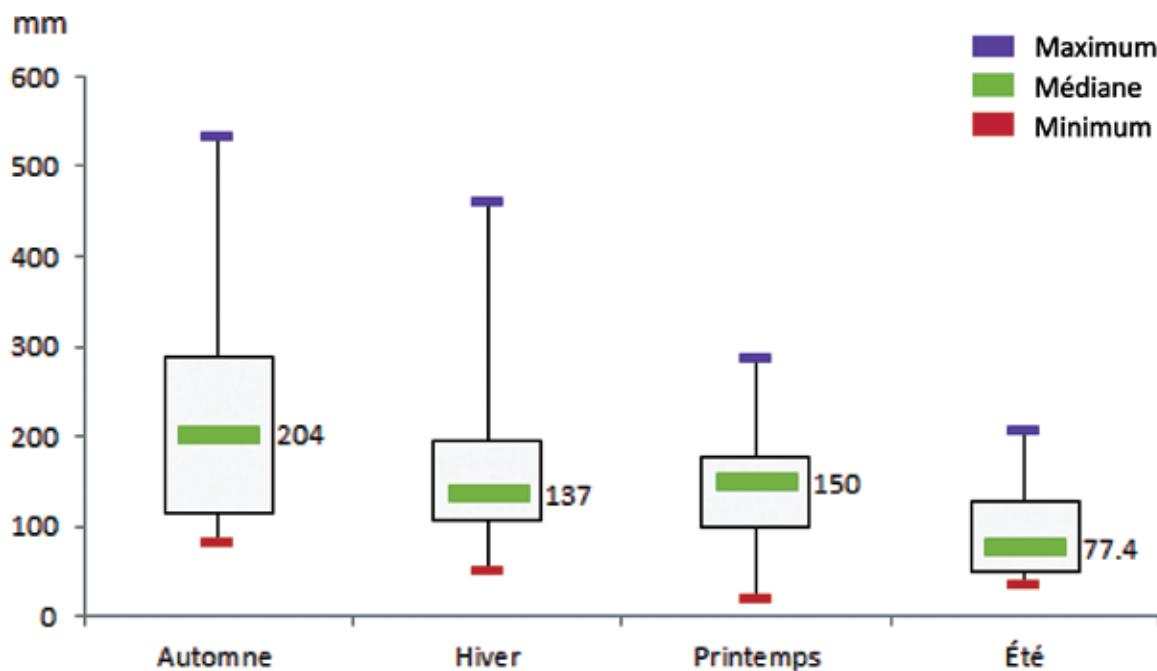


Figure 1 : Evolution du cumul saisonnier des précipitations enregistrées à Narbonne entre 1995 et 2011
(données journalières, Météo France)

- le vent dominant est de secteur Nord-Ouest (Tramontane ou Cers, vent généralement sec) avec plus de 50% de l'activité annuelle, contre 14% de vent marin (vent plus humide pouvant véhiculer la pluie) de secteur Sud Est (figure 2),

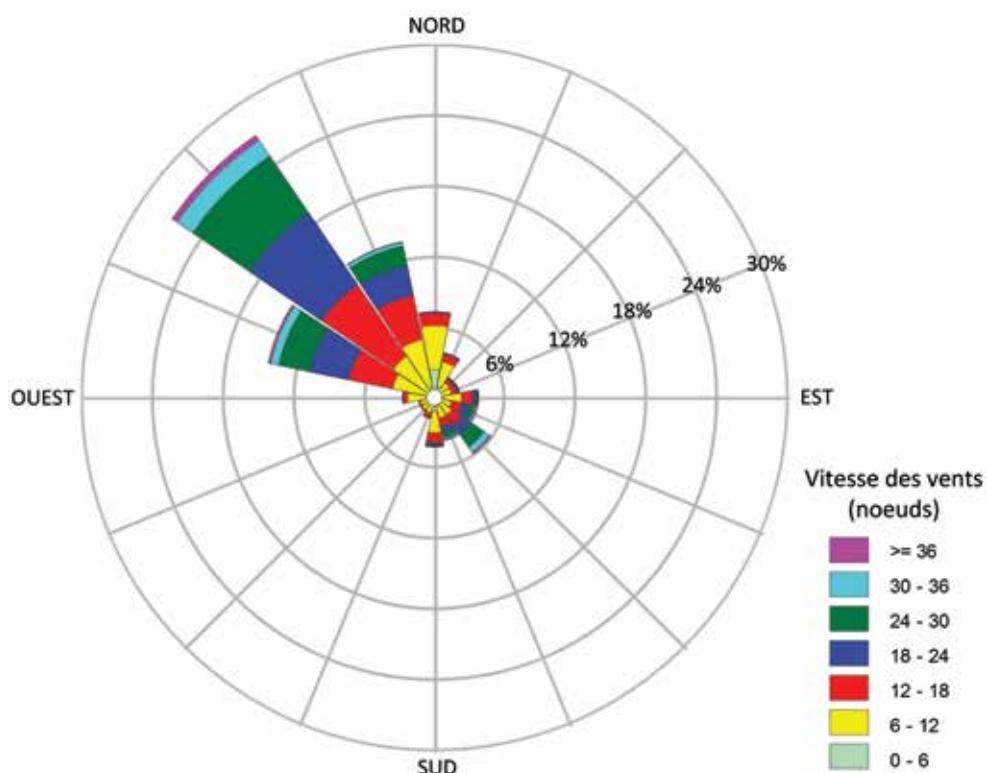


Figure 2 : Vitesse des vents (en noeuds) enregistrées à Leucate entre 1995 et 2001
(données tri-horaire Météo France, rose des vents réalisé sous WRPLOT View™)

- les moyennes de température approchent les maximales durant juillet et août (maximum de 28°C), avec un minimal en janvier (3°C). Cependant, l'influence marine a tendance à adoucir les températures tout au long de l'année, sur une bande d'une vingtaine de kilomètres le long du littoral (figure 3),

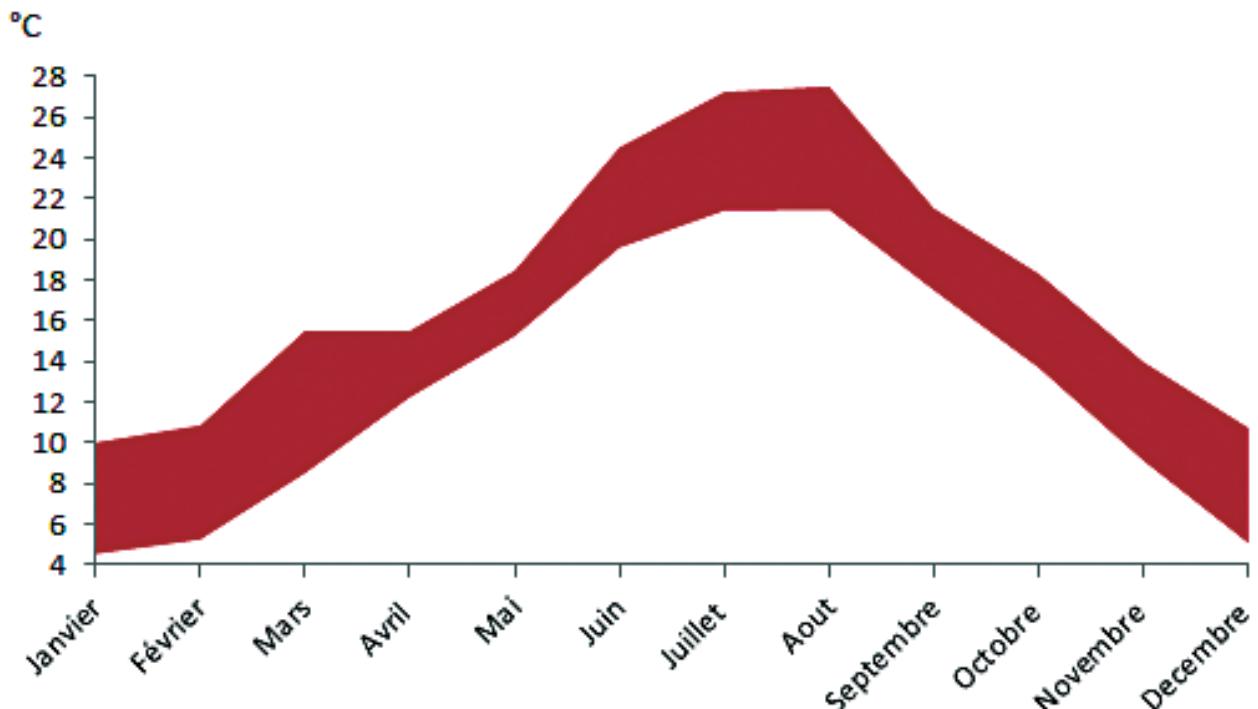


Figure 3 : Enveloppe des moyennes mensuelles minimales et maximales des températures à Narbonne entre 1995 et 2011
(données journalières Météo France)

- l'ensoleillement est comparable au reste du pourtour méditerranéen, avec un maximum en juillet (maximum de 2600 J/cm², figure 4),

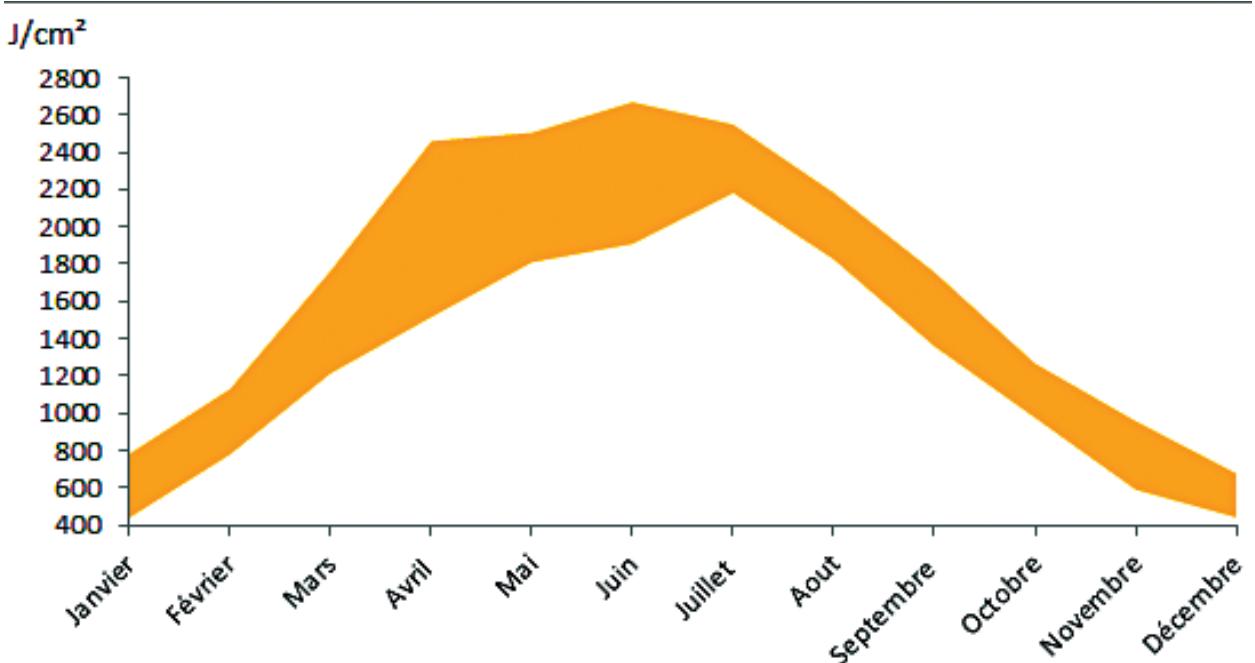


Figure 4 : Enveloppe du cumul mensuel du rayonnement global mesuré à Perpignan entre 1995 et 2011
(données journalières Météo France).

- La salinité de l'étang de Bages-Sigean présente la particularité d'être toujours moins salée que la mer contrairement à une lagune méditerranéenne qui est plus salée que la mer au printemps et en été et moins salée que la mer en automne et en hiver (évaporation beaucoup plus importante en été qu'en hiver, figure 5 et 6). Cela s'explique par les apports en eau douce très importants sur cette lagune (il transite dans le bassin nord au niveau du canal de la Robine avec le déversoir du Canélou).

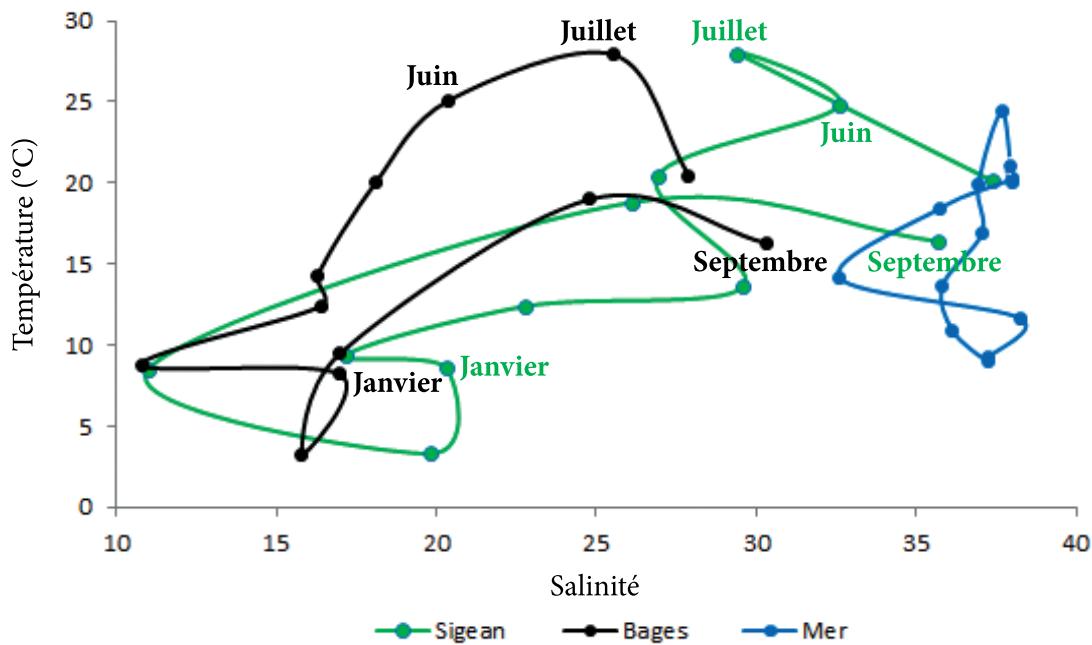


Figure 5 : Bilan de salinité d'une année pluvieuse (2005-2006) sur l'étang de Bages-Sigean (suivis-bimensuels du PNR pour Sigean et Bages et du point REPHY Barcarès pour la mer)

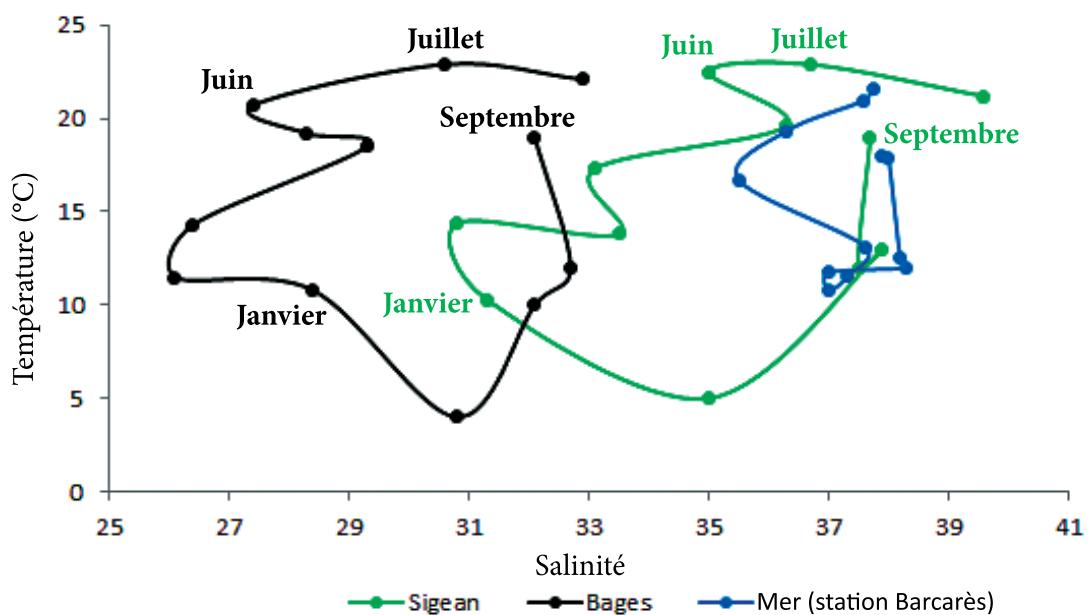
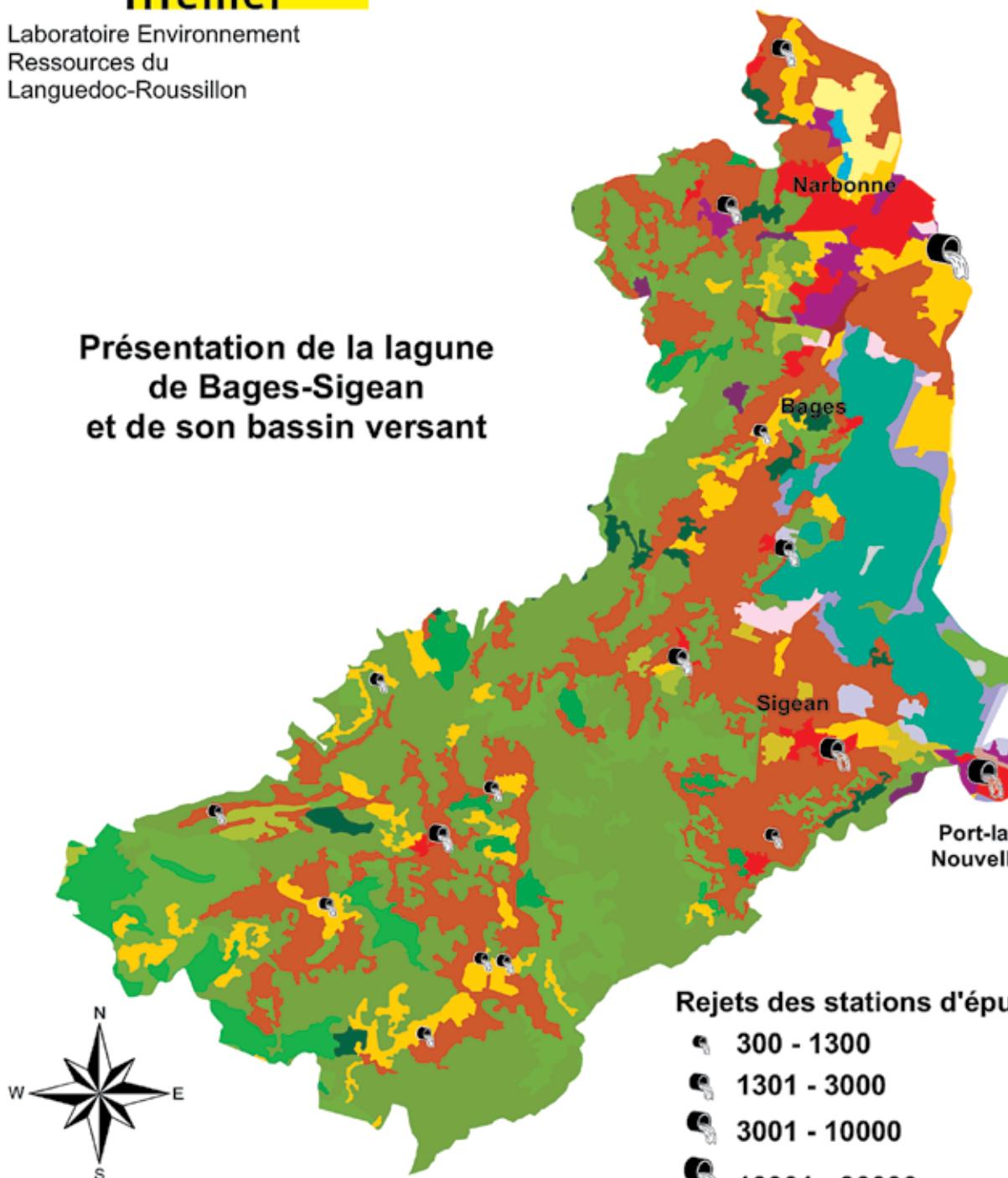


Figure 6 : Bilan de salinité d'une année sèche (2007-2008) sur l'étang de Bages-Sigean (suivis-bimensuels du PNR pour Sigean et Bages et du point REPHY Barcarès pour la mer)

Les contraintes climatiques sont ainsi relativement importantes, les effets du soleil et de la Tramontane ainsi que de l'érosion liée aux pluies violentes se lisent sur les paysages.

Présentation de la lagune de Bages-Sigean et de son bassin versant



Sources : IFEN Corine Land Cover 2006,
 SANDRE OIE 2010, Projection RFG93

Corine Land Cover 2006

- Tissu urbain
- Zones industrielles/commerciales
- Réseaux routier et ferroviaire
- Zones portuaires
- Extraction de matériaux
- Equipements sportifs/loisirs
- Terres arables
- Vignobles

- Prairies
- Agriculture hétérogène
- Forêts de feuillus
- Forêts de conifères
- Forêts mélangées
- Pâturages
- Végétation sclérophylle
- Forêt et végétation arbustive

Rejets des stations d'épuration

- ◐ 300 - 1300
- ◐ 1301 - 3000
- ◐ 3001 - 10000
- ◐ 10001 - 30000
- ◐ 30001 - 120000

- Plages, dunes et sable
- Marais maritimes
- Marais salants
- Eaux continentales
- Lagunes littorales
- Mers

II. Organisation administrative: qui «s'occupe» de cet étang ?

Les données concernant la localisation géographique et la géologie sont tirées du document d'objectifs (**DOCOB 2010**) des étangs du Narbonnais, animé par le PNR de la Narbonnaise.

Le territoire de la Narbonnaise est organisé en plusieurs Etablissements Publics de Coopération Intercommunale (EPCI) :

- la Communauté d'Agglomération de la Narbonnaise (CAN), comprend notamment les communes de Bages, Narbonne et Peyriac-de-Mer qui bordent l'étang. Sa création a eu lieu en 2003. Ses compétences principales sont entre autre, le développement économique, l'aménagement de l'espace communautaire, l'eau et l'assainissement, l'environnement, le tourisme et l'agriculture,
- la Communauté de Communes Corbières Méditerranée (CCCM), qui comprend deux communes qui bordent l'étang, Port-la-Nouvelle et Sigean. Elle fut créée en 2002 et organise ses compétences principales autour du développement économique, de l'aménagement de l'espace, du logement et cadre de vie, de la protection et la mise en valeur de l'environnement, de la voirie et des équipements sportifs, culturels et scolaires.

Ces deux territoires sont entièrement recouverts par celui du Syndicat de Cohérence Territoriale de la Narbonnaise (SyCOT), qui est une structure publique chargée de l'élaboration, du suivi et la révision du Schéma de Cohérence Territorial (SCOT). De la même manière, le Pays de la Narbonnaise (créé en 2002) s'étend sur le territoire de la CAN et de la CCCM. Concrètement, ce pays est un espace de projet, un territoire présentant une cohésion géographique, culturelle, économique et sociale.

Deux syndicats sont organisés autour de cette lagune afin de gérer au mieux les cours d'eau :

- le syndicat mixte du delta de l'Aude (créé en 2005), qui englobe les étangs du Narbonnais ainsi que les communes du périmètre (Bages, Gruissan, Narbonne, ...),
- le syndicat intercommunal de la Berre et du Rieu (syndicat intercommunal à vocation unique), créé en 1968 et redéfini en 2005, dont le périmètre couvre 15 communes concernées par les bassins versants de la Berre et du Rieu (Peyriac-de-Mer, Port-la-Nouvelle, Sigean, ...).



La commune de Bages et Peyriac (© PNR de la Narbonnaise)

L'organisme le plus représentatif de ce territoire est le Parc Naturel Régional (PNR) de la Narbonnaise. Ce PNR est né au début des années 1990, d'une forte volonté locale de préserver et de valoriser l'ensemble des richesses des milieux lagunaires, du littoral et des massifs environnants.

A l'origine, le projet initial était de classer le complexe lagunaire du Narbonnais en réserve naturelle. Cependant, cette démarche a engendré beaucoup de conflits et de désaccords, de par les désagréments au niveau agricole qu'elle aurait pu entraîner ainsi que la « dureté » de la réglementation qui se serait appliquée sur un complexe fortement habité et exploité ([Agence d'Urbanisme pour l'Aménagement Touristique du Languedoc Roussillon 1983](#)). Le classement en PNR, de par sa réglementation plus « souple », semblait donc être la meilleure solution pour prendre en compte toutes les facettes de ce territoire : naturelles, économiques et sociales ([Redon et al. 2000](#)).

La vocation générale d'un PNR est de revitaliser un territoire possédant une identité, un patrimoine naturel et culturel fort. Un PNR intervient dans :

- la protection des patrimoines (gestion adaptée des milieux naturels),

- le développement économique et social dans le respect des compétences des collectivités territoriales,
- l'accueil, l'éducation et l'information du public,
- la réalisation d'actions expérimentales ou exemplaires dans les domaines cités ci-dessus,
- la participation à des programmes de recherche.

Le Conseil Régional du Languedoc-Roussillon a alors confié au début des années 90 à l'Agence Méditerranéenne de l'Environnement (AME) l'animation et la coordination de ce projet. Bien que la forme juridique du gestionnaire soit libre, la forme du « syndicat mixte » s'est progressivement imposée, du fait qu'elle regroupe toutes les collectivités territoriales concernées. C'est pour cela que depuis 2000, le projet est géré par un syndicat mixte (le syndicat mixte de gestion du Parc naturel régional de la Narbonnaise en Méditerranée), réunissant 29 communes, les chambres consulaires (commerce, métiers et agriculture) et plus de 70 organismes professionnels et associatifs ([Direction de l'architecture et du patrimoine 2012](#)).

Le PNR a été officiellement créé en 2003 lors de sa labellisation, pour une durée de 5 ans (JO n°292 du 18 décembre 2003), puis prolongé pour 2 ans, jusqu'au 17 décembre 2010 (JO du 11 octobre 2008).



Siège administratif du PNR ([© www.lindependant.fr](http://www.lindependant.fr))

La charte du parc, approuvée en 2003, retranscrit la politique ambitieuse visant la cohérence des actions des partenaires locaux à travers 3 enjeux essentiels :

- axe 1 : sauvegarder et valoriser le patrimoine naturel, culturel et paysager,
- axe 2 : agir pour un développement harmonieux et durable,
- axe 3 : œuvrer pour l'émergence d'une éco-citoyenneté et d'une image de qualité du territoire.

Une évaluation de cette charte en 2008 a permis de poser les bases de la rédaction d'une nouvelle Charte du PNR pour les 12 prochaines années (soumise à la

délibération des communes en 2009). Cette nouvelle charte exprime une stratégie qui, « à partir de nos patrimoines que nous protégeons et valorisons, favorise un modèle de développement responsable et un cadre de vie harmonieux pour les habitants et visiteurs » ([PNR de la Narbonnaise, 2009](#)). Cette nouvelle charte, reconnue « Agenda 21 », se développe au travers de 3 nouveaux axes :

- axe 1 : protéger et valoriser nos patrimoines naturels et paysagers,
- axe 2 : aménager, construire et produire de manière responsable,
- axe 3 vivre le Parc et sa dynamique avec ses acteurs et ses habitants.

Au travers des actions engagées et de l'implication de tous ces acteurs, conscients de l'exceptionnelle qualité de ce territoire et des risques qui pèsent sur lui, émerge une volonté commune de privilégier un modèle de développement social et économique pour une gestion durable des patrimoines naturels et culturels de ce territoire. L'exemplarité des actions engagées doit pouvoir par ailleurs servir de références pour les autres territoires du littoral méditerranéen



Les principales intercommunalités de la Narbonnaise (© PNR de la Narbonnaise)

III. Contexte Réglementaire: comment est géré l'étang de Bages-Sigean ?

Les données concernant la localisation géographique et la géologie sont tirées du document d'objectifs ([DOCOB 2010](#)) des étangs du Narbonnais, animé par le PNR de la Narbonnaise.

1. Aménagements

• La loi littoral

La loi n°86-2 du 3 janvier 1986 s'applique aux communes riveraines des mers et des océans, des étangs salés, des plans d'eau intérieurs d'une superficie supérieure à 1000 ha, ainsi qu'aux communes riveraines des estuaires et des deltas, lorsqu'elles sont situées en aval de la limite de dessalure des eaux (Article L321-2 du code de l'environnement). Les cinq communes qui bordent l'étang de Bages-Sigean sont donc concernées (Narbonne, Bages, Peyriac-de-mer, Sigean et Port-la-Nouvelle). Cette loi énonce des grands principes :

- la protection des espaces littoraux remarquables,
- la maîtrise de l'urbanisme du littoral,
- l'affectation prioritaire au public du littoral

Ces mesures portent notamment sur la maîtrise de l'urbanisation au travers de son extension qui doit se faire en continuité avec les hameaux et villages existants. Des règles encore plus drastiques s'appliquent au niveau des espaces proches du rivage et de la bande des 100 m, afin de toujours garantir un usage libre et gratuit des plages et du littoral par le public.

• Schéma de cohérence territoriale

La loi Solidarité et Renouvellement Urbains (SRU) du 13 décembre 2000 a instauré les Schémas de cohérence territoriale (SCOT). Ils permettent aux communes appartenant à un même « bassin de vie » de mettre en cohérence, dans le respect du principe de subsidiarité, leurs politiques dans les domaines de l'urbanisme, de l'habitat, des implantations commerciales, des déplacements et de l'environnement.

Les SCOT comprennent 3 documents :

- un rapport de présentation qui présente un diagnostic de l'environnement et des besoins de développement,
- un projet d'aménagement et de développement durable (PADD), qui est document de présentation qui exprime les objectifs stratégiques retenus,
- un document d'orientation qui précise les orientations permettant de mettre en œuvre le projet défini dans le PADD.



Salicorne sur l'étang de Bages-Sigean (© PNR de la Narbonnaise)

• Plans locaux d'urbanismes

La loi SRU a remplacé les anciens Plans d'Occupation des Sols (POS) par les Plans Locaux d'Urbanisme (PLU). Cela permet d'intégrer, comme pour le SCOT, un PADD qui présente le projet communal à partir d'un diagnostic. Les PLU sont les outils principaux de mise en œuvre, à l'échelle communale, des politiques urbaines. La loi

place ainsi le développement durable au cœur de la démarche de planification, à travers une réécriture et un approfondissement du principe d'équilibre. Ces documents organisent la croissance urbaine tout en veillant à la prise en compte de l'environnement et à la préservation des espaces naturels.

• Plan de prévention des risques d'inondation

Instauré par la loi du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement (loi Barnier), le Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) est un document stratégique cartographique et réglementaire qui définit les règles de constructibilité dans les secteurs susceptibles d'être inondés.



Inondations de janvier 2006 (© PNR de la Narbonnaise)

• Contrats de plan Etats-Régions

Un contrat d'étang est un programme d'actions volontaires et concerté sur 5 ans, qui a comme objectif la préservation et l'entretien d'un étang et de son écosystème. Il est élaboré et mis en œuvre par l'ensemble des acteurs impliqués dans la gestion de l'étang (collectivité, socio-professionnels, administrations,...). Un tel programme a été initié sur l'état de Bages-Sigean par une volonté des acteurs locaux. Le PNR de la Narbonnaise a porté ce contrat d'étang sur la période 2004-2009, et a permis notamment de mettre en place des aménagements et des mesures qui sont en partie responsables des améliorations que l'on a observé sur l'étang.



AVENANT N°2

Contrat de plan Etat-Région 2000-2006 du Languedoc-Roussillon
(© www.languedoc-roussillon.pref.gouv.fr)

2. Eau

• Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) est un document de planification décentralisé instauré par la loi sur l'eau du 3 janvier 1992. Il bénéficie d'une légitimité politique et d'une portée juridique, et définit pour une période de 6 ans les grandes orientations pour une gestion équilibrée de la ressource en eau ainsi que des objectifs de qualité des milieux aquatiques et de qualité des eaux à maintenir ou à atteindre dans le bassin hydrographique. Dans la pratique, le SDAGE formule des préconisations à destination des acteurs locaux du bassin. Il oblige les programmes et les décisions administratives à respecter les principes de gestion équilibrée, de protection ainsi que les objectifs fixés par la Directive Cadre sur l'Eau de 2000.

Le SDAGE 2010-2015 du bassin Rhône-Méditerranée englobe 24 lagunes, dont notamment la lagune de Bages-Sigean, et développe ses objectifs autour de 8 orientations fondamentales :

- privilégier la prévention et les interventions à la source pour plus d'efficacité,
- concrétiser la mise en œuvre du principe de non dégradation des milieux aquatiques,
- intégrer les dimensions sociales et économiques dans la mise en œuvre des objectifs environnementaux,
- renforcer la gestion de l'eau et assurer la cohérence entre aménagement du territoire et gestion de l'eau,
- lutter contre les pollutions, en mettant la priorité sur les pollutions par les substances dangereuses et la protection de la santé,
- préserver et redévelopper les fonctionnalités naturelles des bassins et des milieux aquatiques,
- atteindre l'équilibre quantitatif en améliorant le partage de la ressource en eau et en anticipant l'avenir,
- gérer les risques d'inondations en tenant compte du fonctionnement naturel des cours d'eau.



SDAGE Rhône Méditerranée (www.eaurmc.fr)

• Schéma d'aménagement et de gestion des eaux

Un Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) est un document de planification élaboré de manière collective pour un périmètre hydrographique cohérent. Il fixe les objectifs généraux d'utilisation, de mise en valeur, de protection quantitative de la ressource en eau.

Le SAGE est établi par une Commission Locale de l'Eau (CLE) qui représente les divers acteurs du territoire, et est approuvé par le Préfet. Il est doté d'une portée juridique car les décisions dans le domaine de l'eau doivent être compatibles ou rendues compatibles avec ces dispositions. Les autres décisions

administratives doivent prendre en compte les dispositions du SAGE.

Les SAGE doivent eux-mêmes être compatibles avec le SDAGE. Le périmètre du SAGE de la basse vallée de l'Aude repose sur l'interdépendance au plan de l'hydraulique et de la qualité de l'eau de 3 unités géographiques :

- la zone d'influence des inondations de l'Aude,
- les étangs du narbonnais (qui inclue la lagune de Bages-Sigean),
- le bassin versant de la Berre (cours d'eau qui se jette dans la lagune de Bages-Sigean).

Sa stratégie globale porte sur deux axes :

- reconnaître la richesse et la fragilité des espaces remarquables constitués par l'ensemble des milieux aquatiques,

- protéger et gérer ce patrimoine au travers d'une gestion locale respectueuse des usages et du fonctionnement des milieux naturels.

Cette même stratégie globale est déclinée en 5 orientations thématiques :

- construire une gestion concertée et durable de l'eau sur le périmètre,
- améliorer la qualité des eaux par la diminution de toutes les sources de pollution,
- promouvoir une utilisation de la ressource respectueuse des milieux naturels,
- favoriser la diversité écologique par la protection, la gestion des zones humides et des espaces remarquables,
- limiter les dégâts liés aux crues par une approche globale des zones inondables.



Périmètres du contrat pour les étangs du Narbonnais et du SAGE de la Basse Vallée de l'Aude
(© PNR de la Narbonnaise)

3. Usages

- Plan départemental des espaces sites et itinéraire

Le Plan Départemental des Espaces Sites et Itinéraire (PDESI) est un document qui recense les espaces, sites et itinéraires où s'exerce l'ensemble des

« sports de nature ». C'est aussi un outil d'aide à la décision, afin de planifier les actions départementales en faveur des sports de nature.

- Circulation des véhicules à moteur dans les espaces naturels

La loi relative à la circulation des véhicules terrestres dans les espaces naturels (3 janvier 1991) stipule que : « en vue d'assurer la protection des espaces naturels, la circulation des véhicules à moteur est interdite en dehors des voies classées dans le domaine public routier de l'Etat, des départements et des communes, des chemins ruraux et des voies privées ouvertes à

la circulation publique des véhicules à moteur ». En d'autres termes, la loi proscrit le « hors-piste ». Des dérogations sont accordées pour les missions du service public (police, sécurité incendie,...), de recherche, d'exploitation ou d'entretien des espaces naturels, ainsi que pour les propriétaires et leurs ayants droit.

- Régime forestier

Le régime forestier est une politique nationale volontariste et dotée des moyens financiers nécessaires à son application. Il est mis en place sous la responsabilité de l'Office National des Forêts (ONF), qui intervient généralement directement chez les différentes catégories de propriétaires. L'application de cette politique se traduit par plusieurs types d'actions

comme la gestion foncière, l'aménagement et le suivi des aménagements, la surveillance et la gestion des exploitations des coupes, la chasse et la pêche ou encore les missions d'intérêt général rattachées informant le public ou participant à des actions de protection de la nature.



Sigle de l'Office National des Forêts (© www.onf.fr)

4. Protection des espaces naturels

- Stratégie régionales pour la biodiversité

En 2003, le Congrès français de la nature recommande au gouvernement français de privilégier l'échelon régional, le plus proche des régions biogéographiques et le plus apte à une vision

d'ensemble, pour favoriser la mise en place de plans d'actions régionaux pour la biodiversité. Son objectif général est de contribuer à la restauration d'un bon état écologique des milieux et des écosystèmes.

• Charte en faveur des zones humides sur le bassin Rhône-Méditerranée et sur le bassin Corse

Cette charte élaborée en 2000 reprend les priorités de bassin sous une écriture plus politique et met clairement en évidence l'importance et la responsabilité de tous les acteurs (collectivités, aménageurs,

gestionnaires de l'espace, financeurs, services de l'Etat, agriculteurs,...) concernant la gestion et la protection des zones humides.

• Natura 2000

Le réseau Natura 2000 est un ensemble de sites naturels européens, terrestres et marins identifiés pour la rareté ou la fragilité des espèces sauvages, animales ou végétales, et leurs habitats. Natura 2000 concilie préservation de la nature et préoccupations socio-économiques. Il a été instauré par la directive de 1992 (Directive Habitat).

• Sites inscrits

Sur l'ensemble du complexe lagunaire, 3 sites sont inscrits en vertu de la loi de mai 1930 (codifiée aux articles L34191 à L341-18 du code de l'environnement), dont les principaux objectifs sont la protection, la conservation de milieux et paysages, de villages, de bâtiments anciens et la surveillance des centres historiques :

- l'agglomération et la bordure de l'étang de Bages-Sigean,
- les îles de Sainte Lucie, de l'Aute, Planasse et du Soulié,



Sigle de Natura 2000(© www.developpement-durable.gouv.fr)

- l'étang de Gruissan et ses abords.

L'inscription des sites entraîne l'obligation pour les intéressés de ne pas procéder à des travaux autres que ceux d'exploitation courante en ce qui concerne les fonds ruraux, et d'entretien normal en ce qui concerne les constructions, sans avoir avisé, quatre mois à l'avance, l'administration de leur intention. Ainsi, l'inscription d'un site joue un rôle d'alerte auprès des pouvoirs publics, mais aussi et surtout un rôle pédagogique auprès des habitants sensibilisés à l'intérêt du site.



Les salins de Sainte Lucie (© PNR de la Narbonnaise)

• Monument classé

Le canal de la Robine est un monument classé (arrêté ministériel du 4 avril 1997), au titre de la loi du 2 mai 1930 (au droit de l'île Sainte Lucie, il est classé depuis les années 60). Dans la même optique de protection, les travaux, même de faible importance sont soumis à autorisation. Lorsqu'un immeuble est situé dans le champ de visibilité d'un édifice classé

ou inscrit (tout immeuble visible en même temps que lui et situé dans un périmètre n'excédant pas 500 m), il ne peut faire l'objet d'aucune construction nouvelle, démolition, déboisement, transformation ou modification de nature à effectuer l'aspect, sans une autorisation préalable.

• Domaine public maritime

Le Domaine Public maritime (DPM) comprend :

- le domaine public maritime naturel, constitué du sol et sous-sol de la mer, compris entre la limite haute du rivage, c'est-à-dire celle des plus hautes mers en l'absence de perturbations météorologiques exceptionnelles, et la limite, côté large, de la mer territoriale, des étangs salés en communication avec la mer, des lais et relais de mer,
- le domaine public maritime artificiel, constitué notamment des ports et ouvrages de sécurité maritime.

Ainsi, la majeure partie du site du complexe lagunaire de Bages-Sigean est en DPM naturel (excepté le canal de la robine et ses abords qui appartiennent au Domaine Public Fluvial : DPF). L'Etat est responsable de la conservation du DPM, et à ce titre il en est gestionnaire. Dans la région, Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement du Languedoc-Roussillon (DREAL-LR) qui exerce ce pouvoir. Pour l'essentiel, les principes du DPM ont été repris dans la loi du 3 janvier 1986 relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral (article L321-6 du code de l'environnement).



L'étang de Bages-Sigean (© PNR de la Narbonnaise)

• Sites du Conservatoire du Littoral

Le Conservatoire des Espaces Littoraux (CEL) est un établissement public créé en 1975. Il mène une politique foncière visant la protection définitive des espaces naturels et des paysages sur les rivages maritimes et lacustres et peut intervenir dans les cantons côtiers en métropole, dans les départements d'Outre-mer, à Mayotte, ainsi que dans les communes riveraines

des estuaires, des deltas et des lacs de plus de 1000 hectares. Il acquiert des terrains fragiles ou menacés, à l'amiable, par préemption, ou très exceptionnellement par expropriation (des biens et services peuvent également lui être donnés ou légués). A ce titre, le CEL est propriétaire de plusieurs sites autour de la lagune de Bages-Sigean. On y trouve notamment :

- une partie du Grand Castélou (gestionnaire Centre Permanent d'Initiatives pour l'Environnement, CPIE, du Narbonnais),
- Tournebelle (gestionnaires : Mme Ribes, Manade Tournebelle),
- la saline de Peyriac et l'étang du Doul (gestionnaire : la commune de Peyriac-de-Mer en partenariat avec le PNR),
- l'île de Planasse (gestionnaire : commune de Peyriac-de-Mer),
- l'île et les berges de l'Aute (gestionnaire : commune de Sigean),
- l'île de sainte Lucie (gestionnaire : commune de Port-la-Nouvelle),
- le domaine de Frescati (gestionnaire : commune de Port-la-Nouvelle).



Les salins de Peyriac (© PNR de la Narbonnaise)

IV. Contexte industriel: une zone dite «accidentogène»

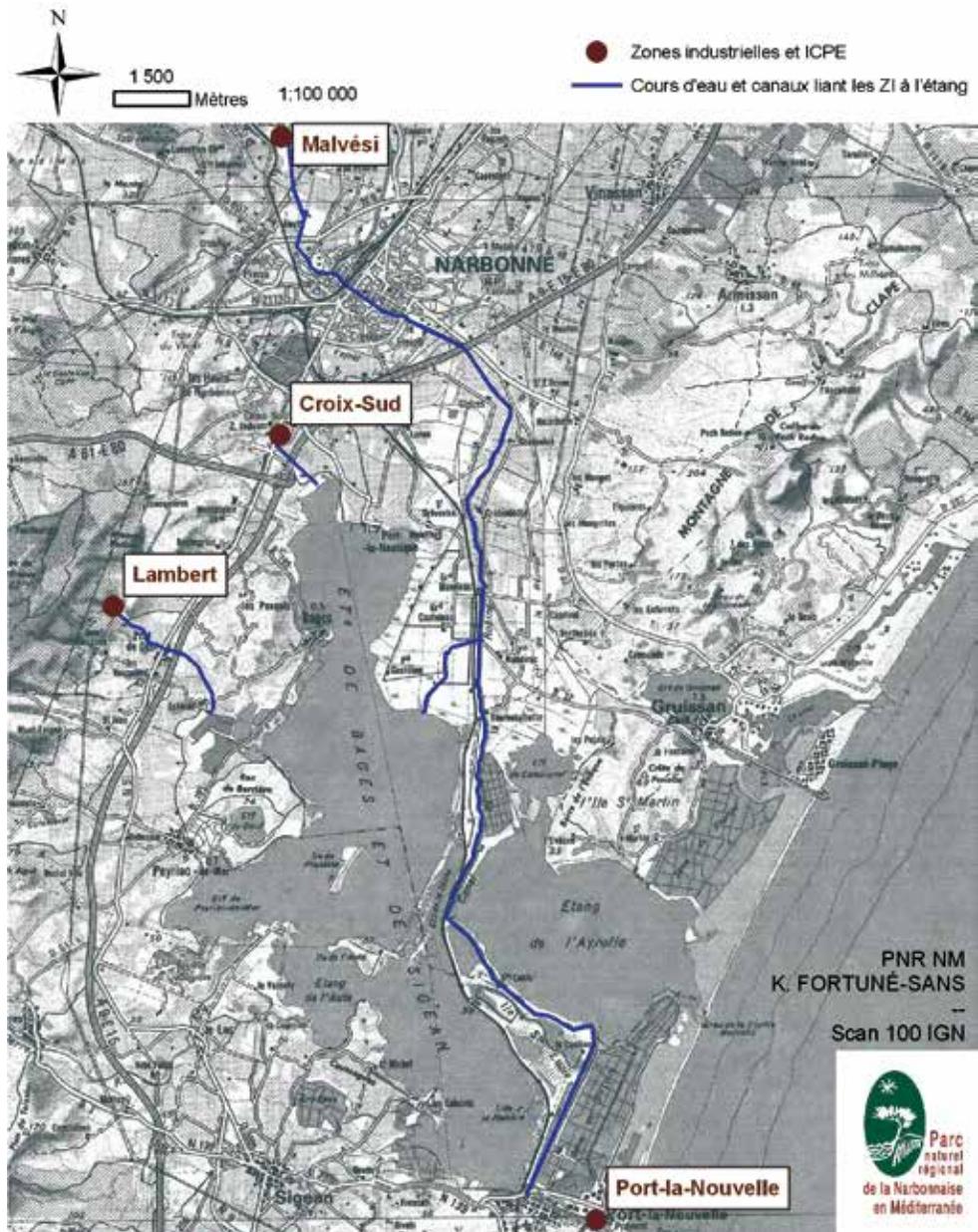
Les données concernant la localisation géographique et la géologie sont tirées du document d'objectifs (**DOCOB 2010**) des étangs du Narbonnais, animé par le PNR de la Narbonnaise.

La région de l'Aude recense 408 installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Le bassin versant de Bages quant à lui a une tradition industrielle relativement importante. Deux villes, Narbonne et Port-la-Nouvelle, concentrent des industries lourdes et chimiques. La majorité des activités présentes sur les autres communes sont des petites et moyennes entreprises, souvent artisanales, et dont l'influence sur le milieu naturel est difficile à quantifier. Au total, une trentaine d'ICPE sont recensées sur le bassin versant de l'étang de Bages-Sigean. Ces industries représentent une part importante des apports trophiques aux étangs,

représentant près de 25% de la totalité des apports en azote de l'étang de Bages-Sigean en 1996. Ces apports sont principalement issus de deux grandes industries implantées sur la zone industrielle de Malvési au nord de l'étang. Cette activité industrielle a été à l'origine de graves pollutions toxiques dans les étangs. Par exemple la pollution via les métaux lourds, comme le cadmium, a entraîné l'interdiction de consommation des coquillages dans l'étang depuis 1986, ou encore la pollution en 2004 due au rejet accidentel de Chlorypyrifos-éthyl qui avait provoqué la fermeture de la pêche pendant plusieurs mois.



Fuite d'hydrocarbures dans le grau de Port-la-Nouvelle (© PNR de la Narbonnaise)



Principales zones industrielles et Installations Classées pour la Protection de l'Envirionnement sur le bassin versant de Bages-Sigean

1. Industries situées sur la commune de Narbonne

On distingue trois zones autour de Narbonne qui peuvent être des sources de pollutions majeures :

- la zone industrielle de Malvési comporte deux industries : la Société Languedocienne Micron Couleur (SLMC) et la Comurhex. La SLMC représente un site de 32 ha. Elle regroupe les activités de fabrication et de commercialisation de 400 tonnes/an de pigments de cadmium et la commercialisation de 1500 tonnes/an de pigments de phtalocyanine de cuivre. Elle est aussi à l'origine de l'interdiction de consommation des coquillages dans les étangs

de Bages-Sigean (interdit depuis 1986), du fait de la contamination des moules par le Cadmium. En 2000, une nouvelle fuite de cadmium a eu lieu vers le canal de la Robine. L'usine de COMURHEX, filiale de COGEMA et premier site industriel de la Narbonnaise, est située sur le territoire de la commune de Narbonne. L'usine s'étend sur une centaine d'hectares. Ses activités s'inscrivent dans le cycle d'élaboration du combustible nucléaire, entre l'extraction/concentration du minerai et l'enrichissement de l'uranium. Le rôle de l'usine est de purifier,

- à un très haut degré, les concentrés de minerai d'uranium, puis de pratiquer sur ceux-ci la première étape d'hydrofluoruration (ce qui produit du tétrafluorure d'uranium). Une pollution a eu lieu en 2004 suite à la rupture d'une digue d'un bassin de stockage. En 2006, le débordement d'un bassin de stockage avait engendré un rejet de boues et d'eau très fortement nitratées vers le Robine,
- la zone industrielle de CROIX SUD est une zone d'activité principalement tournée vers les activités de logistique, les activités associées (stations de lavage de poids lourds, stations essence poids lourds), des concessions

automobiles et de motos, ainsi que le commerce de gros. Le principal problème réside dans les eaux pluviales et de ruissellement qui, par l'intermédiaire du ruisseau Saint Hyppolite, se déversent dans une zone humide en connexion avec l'étang.

- le Centre d'Enfouissement Technique LAMBERT est en activité depuis 1970, et reçoit aujourd'hui les déchets de la totalité du département. Des pollutions importantes ont été recensées entre 1973 et 1995 lorsque aucun système de traitement n'était en place, et les eaux étaient acheminées de manière directe dans les anciens salins de l'Estarac.

2. Industries situées sur la commune de Port-la-Nouvelle



Usine Lafarge à Port-la-Nouvelle (© PNR de la Narbonnaise)

On distingue 3 industries situées autour de Port-la-Nouvelle pouvant présenter des dangers pour l'environnement :

- l'usine Lafarge qui est un leader mondial des matériaux de construction. Par l'intermédiaire des carrières, qui ont un impact visuel et sont à l'origine de retombées de poussière, ainsi que des déchets produits, elle peut présenter un risque pour l'environnement.
- l'usine Melpomen est aujourd'hui en restructuration complète. Fin 2004, l'entreprise a cessé son activité de broyage de soufre. Aujourd'hui, elle n'est plus qu'une plate-forme

logistique et n'a plus d'activité de production.

- la société Soft prépare des produits phytosanitaires liquides depuis 1985. Aujourd'hui, le site n'est plus utilisé que pour le conditionnement. Un grave accident a eu lieu en 2004 lors de la remise en route temporaire des anciens ateliers de production. Des quantités importantes de Chlorpyrifos-éthyl se sont déversées dans l'étang, ce qui a eu des conséquences dramatiques sur la faune et la flore de l'étang (notamment la mortalité en masse de poissons et la fermeture de la pêche pendant plusieurs mois).

3. Le port maritime de Port-la-Nouvelle

Ce port est très actif, il draine les importations et exportations de la région toulousaine et de l'ouest du Languedoc-Roussillon. Pour la pêche, il s'agit du 3ème port national après Sète et Marseille. La Narbonnaise se qualifie comme une région de transit incontournable et une zone d'activité logistique intense (transport routier, ferroviaire et maritime). Plusieurs marchandises ont connu une très forte augmentation de leur tonnage sur la période 2001-2004 : ce sont tous des produits

issus des produits pétroliers (les dérivés du pétrole non énergétique ont progressé de 271%, les engrains nitrés de 190%, et les hydrocarbures énergétiques et gazeux de 53%). Cette spécialisation dans le transit d'hydrocarbures inclut des risques industriels majeurs. Port-la-Nouvelle est aussi le premier exportateur national de céréales, ce qui engendre une spécialisation du port pour ce type d'exportations avec une augmentation de ce secteur dans les exportations.



Port de Port-la-Nouvelle (© PNR de la Narbonnaise)

4. La démoustication

C'est en 1958 que les Conseils généraux de l'Hérault, du Gard et des Bouches-du-Rhône ont décidé de créer l'Entente Interdépartementale pour la Démoustication du littoral Méditerranéen (EID Méditerranéen). En 1963, au moment de la création de la Mission interministérielle de développement touristique du littoral du Languedoc-Roussillon (Missions Racine), ils ont été rejoints par les départements de l'Aude et des Pyrénées-Orientales. L'objectif de cette démarche consistait à assurer un avenir touristique et, plus largement, économique au littoral méditerranéen. La

limitation de la prolifération des moustiques était, et continue d'être, un préalable indispensable à la salubrité pour les populations autochtones et au développement local. Le contrôle des populations de moustiques effectué sur le pourtour du complexe lagunaire de la Narbonnaise peut justifier plusieurs interventions chaque année. Les insecticides sont utilisés à bas volume et lorsque cela est possible les produits biologiques sont employés en priorité. Cependant, ces produits sont nécessairement répandus directement en milieu naturel.

V. Des usages et des activités: comment vit l'étang ?

Les données concernant la localisation géographique et la géologie sont tirées du document d'objectifs ([DOCOB 2010](#)) des étangs du Narbonnais, animé par le PNR de la Narbonnaise.

1. La pêche

Le complexe lagunaire de Bages-Sigean est aujourd'hui exploité par une trentaine de pêcheurs professionnels. L'activité de pêches est traditionnelle sur ces étangs et est de ce fait un acteur économique incontournable, enrichie pas des liens socio-historiques très forts entre les pêcheurs et l'étang. Les techniques et les stratégies de pêche ont très peu évolué depuis l'Antiquité.

L'activité vit au rythme des saisons et s'appuie sur une connaissance intime du comportement des espèces pêchées. Les pêcheurs du complexe lagunaire sont regroupés en prud'homies. Elles sont représentées par les Comités Locaux des Pêches, basés à Sigean et Gruissan. Leur rôle est double, elles interviennent à la fois pour régler les conflits entre les pêcheurs, organiser le partage de la ressource et défendre les intérêts des communautés vis-à-vis des institutions extérieures.

Les pêcheurs travaillent à bord de petites embarcations à fonds plats. Elles sont adaptées au milieu lagunaire car elles possèdent un faible tirant d'eau et une grande maniabilité. Les engins de pêche

utilisés sont de type passif. Sur l'étang de Bages-Sigean, on trouve principalement des « trabacs », qui sont traditionnellement utilisés pour la capture des anguilles, ou encore des filets en forme de barrages, ciblant principalement les loups et les anguilles.

La moyenne d'âge des pêcheurs sur Bages-Sigean est aujourd'hui de 43 ans et n'a que peu augmenté ces dernières années. Même si aujourd'hui on enregistre un départ en retraite pour une arrivée, un départ en retraite massif est à prévoir dans les 10 prochaines années. A l'heure actuelle, 9 espèces sont exploitées dans les étangs de la Narbonnaise :

- les anguilles,
- les loups,
- les daurades royales,
- les mullets,
- les rougets,
- les soles,
- les athérines,
- les crabes verts,
- les crevettes grises.



Port de Bages-Sigean (© PNR de la Narbonnaise)

Dans l'étang de Bages-Sigean, les anguilles représentent environ 60% des captures totales, contre 13% pour les athérines, 10% pour les muges et 3% pour les loups. Ainsi 86% de la pêcherie repose sur le capture de 4 espèces seulement. Quant aux coquillages, leur collecte est interdite depuis 1986 en raison d'une contamination des étangs par le Cadmium, métal lourd toxique.

La pêche lagunaire, telle qu'elle est pratiquée sur les étangs de la Narbonnaise, est une valeur ajoutée inestimable pour ce territoire. Elle contribue grandement à façonner la typicité du paysage culturel du territoire. Les pêcheurs sont dépendants de l'état des milieux lagunaires, notamment au niveau de la qualité de l'eau, et une dégradation de ces milieux serait fortement préjudiciable à cette activité.



Anguilles (© PNR de la Narbonnaise)

2. L'agriculture

Dans le périmètre la lagune de Bages-Sigean, deux secteurs englobent une bonne partie des terrains agricoles exploités par des agriculteurs :

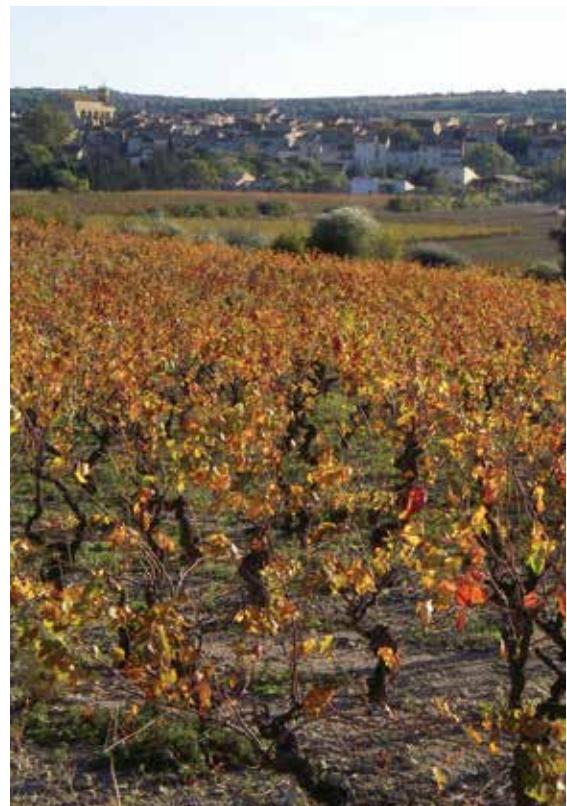
- au nord du périmètre et à la pointe sud de la commune de Narbonne, la zone humide autour de Tournebelle et Mandirac, où les principales activités sont l'élevage et les grandes cultures (riziculture),
- à l'ouest, sur la commune de Peyriac-de-Mer, le tour de l'étang du Doul abrite également une zone viticole.

Sur le reste du bassin versant la viticulture est largement dominante. La Surface Agricole Utile (SAU) a nettement diminué sur toutes les communes de la Narbonnaise entre 1979 et 2000, et particulièrement sur les communes de Narbonne et Sigean.

Deux structures de développement agricole animent ces territoires :

- au nord, la Comité de Développement Agricole (CDA) du Narbonnais et du canton de Ginestas (Narbonne, Gruissan),
- au sud le Groupement de Développement Agricole (GDA) Corbières en Méditerranée (Bages, Peyriac-de-Mer, Sigean, Port-la-Nouvelle, La Palme, Leucate).

L'élevage est très faiblement présent autour du complexe lagunaire de Narbonnais. Quatre éleveurs sont présents sur ce territoire, trois étant regroupés sur le secteur de Tournebelle-Mandirac et le quatrième à l'ouest de Port-la-Nouvelle.



Vignes sur la bassin versant de l'étang de Bages-Sigean
(© PNR de la Narbonnaise)

3. Saliculture

Le sel est exploité localement depuis la plus haute Antiquité et constitue une matière première essentielle à la vie. En plus d'être un outil de travail, le salin est aussi une zone humide et un milieu naturel extrêmement riche et de nombreuses espèces d'oiseaux sont présents sur le salin. Aujourd'hui, le département compte trois salins : Sainte Lucie, Gruissan et La Palme. Compte tenu du contexte économique difficile de ce secteur, l'exploitation de sel a été entièrement stoppée en 2005.



Salin de Peyriac (© PNR de la Narbonnaise)

4. Le tourisme

L'offre touristique du département de l'Aude a été fortement modelée par les politiques publiques d'aménagement du territoire et de développement. Avec la mission Racine, l'émergence de « villes nouvelles de vacances », comme Gruissan en 1975, venant s'ajouter aux stations plus anciennes, permet au territoire d'affirmer sa vocation d'accueil touristique balnéaire pour le plus grand nombre. Illustrant le fort attrait touristique saisonnier de la Narbonnaise, les chiffres parlent d'eux-mêmes : la station de Narbonne Plage a accueilli en été un nombre de personnes plus de 26 fois supérieur au nombre d'habitants en hiver (en 2005, 1500 habitants en hiver et jusqu'à 63 000 vacanciers/résidents en haute saison).



Mondial du vent 2008 (© PNR de la Narbonnaise)

Le programme « Pays Cathare », initié en 1989 par le Conseil général de l'Aude, est un projet de développement local organisé autour de 3 orientations : la valorisation des sites patrimoniaux, l'organisation du territoire et la marque « Pays Cathare » comme outil de développement de qualité. Dans la continuité de la mission Racine, ce programme de développement est devenu depuis une dizaine d'années l'image touristique mise en avant pour promouvoir la destination Aude, en France et à l'étranger.

L'émergence du PNR de la Narbonnaise et du Pays de la Narbonnaise, accentue cette attractivité en mettant l'accent sur un tourisme doux et durable.

Même si le tourisme était essentiellement balnéaire dans un premier temps, le département de l'Aude, et plus particulièrement la Narbonnaise, ont élargi leur éventail touristique, grâce à ces initiatives publiques et une mobilisation des acteurs socio-économiques. On assiste aujourd'hui à un tourisme déconcentré dans le temps et dans l'espace, demandeur de loisirs et de découvertes.

Cette augmentation drastique de population en période estivale dans la Narbonnaise peut avoir un impact sur la qualité des eaux des lagunes et leurs milieux périphériques vis-à-vis de l'eutrophisation (surtout au niveau des capacités des stations d'épuration pour recevoir ces populations) et de la qualité des milieux naturels (la forte augmentation de la population en saison estivale engendre une dégradation dans certains cas).

5. La chasse au gibier d'eau

Sur les étangs de la Narbonnaise, la chasse au gibier d'eau est une activité traditionnelle très répandue qui se pratique sur les abords des étangs de septembre à février. L'activité est gérée au niveau local par plusieurs associations :

- l'Association Départementale des Chasseurs au Gibier d'Eau (ADCGE),
- l'association Saint-Hubert club narbonnais,
- et les Associations Communales de Chasse Agréées (ACCA).

Sur le pourtour lagunaire, en dehors des périodes de chasse, des actions sont réalisées par les chasseurs pour entretenir les marais loués et les réserves de chasse. Ce travail bénéficie aussi aux espèces non chassables qui fréquentent ces milieux.



Cabane de chasse (© PNR de la Narbonnaise)

6. La randonnée et la promenade

Entre 1995 et 2001, l'accessibilité des espaces naturels a été largement renforcée dans l'ensemble du littoral et rétro-littoral. 19 sentiers ont vu le jour sur le territoire du PNR de la Narbonnaise. Autour de Bages-Sigean, les 5 communes comptent aujourd'hui des sentiers de randonnées et de promenades. On note aussi la présence de sentiers d'interprétation, qui s'adresse plutôt à un public de randonneurs confirmés, de sentiers VTT, de pistes cyclables et d'un tourisme équestre. On observe aussi la pratique des sports motorisés tels que les quads ou les moto-cross. Ces pratiques sont autorisées dans les sites réservés et aménagés à cet effet, mais on observe ces activités souvent dans des dunes ou sur lido de la Vieille Nouvelle et cela est interdit. Cela entraîne une destruction du milieu, ainsi que le dérangement des oiseaux en période de nidification.



Promenade en vélo au bord de la Robine
(© PNR de la Narbonnaise)

7. Les activités nautiques de loisirs



Catamarans de Port Mahon (© PNR de la Narbonnaise)

L'étang de Bages-Sigean est le seul étang du complexe lagunaire où la navigation autre que pour la pêche est pratiquée. Il présente des conditions favorables pour la pratique du nautisme en général, et de la voile en particulier. La navigation de plaisance est fortement développée sur Bages-Sigean, en raison de sa grande surface et d'une profondeur moyenne supérieure à un mètre, et allant jusqu'à presque 3 m dans les bassins centraux. Cette activité de loisirs est aujourd'hui en pleine expansion et se développe sur l'étang de Bages-Sigean à partir de quatre zones portuaires réparties du nord au sud, accueillant 540 embarcations au total. Les embarcations utilisées pour la navigation de plaisance en étang sont en général de petite taille et de puissance limitée, en raison des contraintes naturelles des milieux et des règlements internes des centres nautiques. Cette activité est essentiellement pratiquée par des locaux ou des habitués venant des régions voisines qui connaissent bien l'étang car la navigation n'est pas facile.

On distingue 3 organismes nautiques sur le pourtour de l'étang de Bages-Sigean :

- la société Nautique de Narbonne (SNN) créée en 1907 dans le petit hameau de la nautique. Aujourd'hui, la SNN a atteint une taille de « petit port ». Elle organise plusieurs types d'activités concernant aussi bien la navigation à la voile que la planche à voile,

- le Cercle Nautique des Corbières, créé en 1982, qui se situe géographiquement au milieu de l'étang. Plusieurs activités sont organisées au sein de l'association, allant des disciplines de voile avec l'école de voile de Port Mahon à des activités pédagogiques sur l'environnement lagunaire, sa faune et sa flore,
- Le Cercle Nautique de Peyriac-de-Mer, qui est un petit port de plaisance possède 49 anneaux à l'eau et 10 emplacements à terre.

On distingue aussi un port de plaisance à Port-la-Nouvelle. Il est situé dans la partie nord du chenal et offre 145 places. Le canal de la Robine, qui traverse le complexe lagunaire entre l'étang de Bages-Sigean et ceux de Campignol et de l'Ayrolle, est aussi très fréquenté par les plaisanciers, privés ou touristes. En moyenne 3200 bateaux passent à l'année sur le canal, dont 80% sont des bateaux de location. D'autres activités de loisirs, comme la pêche, la chasse sous-marine ou encore le ramassage de coquillages (essentiellement moules et palourdes malgré l'interdiction officielle de consommation) ont lieu sur l'étang.

Les activités de véliplanchisme sont aussi très développées autour de la Narbonnaise, en raison de ses bonnes conditions de pratique (fréquence et force du vent, présence de nombreux étangs et leur

accessibilité) ce qui génère une activité économique non négligeable localement.

L'activité de Kite surf connaît un essor très important sur les étangs, zone de prédilection pour l'apprentissage de cette pratique (faibles profondeurs, quasi-absence de courant, faible hauteur des vagues). La pratique de cette activité sur l'étang de Bages-Sigean se limite à quelques kite surfeurs réguliers (2 à 3 personnes). Néanmoins, les jours de conditions météorologiques favorables, une dizaine d'usagers peuvent se retrouver sur le site, ce qui pourrait rapidement devenir conflictuel si l'activité continuait de se développer sur ce site.

La pratique du Jet ski est peu importante sur l'étang de Bages-Sigean. En raison des nuisances importantes engendrées par cette activité (bruit, vitesse excessive, danger vis-à-vis des autres usagers, dérangement de la

faune sauvage), il existe une volonté locale d'en faire interdire la pratique.

La plongée subaquatique est aussi peu représentée sur l'étang. L'association ANTEAS a été créée par 5 plongeurs bénévoles pour étudier le système portuaire romain. Cette activité concerne un faible nombre de pratiquants et n'a pas d'impact particulier sur les milieux naturels et les espèces du site.

Pour finir, la présence de baigneurs sur l'étang est très réduite. La mer, à quelques kilomètres, et la présence d'algues expliquent que les étangs soient peu utilisés pour la baignade.

La Narbonnaise est le pays du vent et de l'eau. Il est donc normal que beaucoup d'activités se soient organisées autour de l'étang, dont certaines font partie intégrante de la culture des populations locales.

VI. Des pressions sur un espace fragile

Malgré le caractère sauvage et une richesse naturelle extraordinaire, le complexe lagunaire de Bages-Sigean est un espace fragile. De grands aménagements ont eu lieu autour de son bassin versant, comme par exemple la construction du canal de la Robine aux XVIIème et XVIIIème siècle, qui a définitivement coupé les communications hydrauliques existantes entre l'étang de Bages-Sigean et l'étang de l'Ayrolle. La construction de la voie de chemin de fer entre Narbonne et Perpignan à la fin du XIXème a renforcé ce partage des eaux lagunaires.

Globalement, ce complexe lagunaire est soumis à trois grandes catégories de pressions :

- le phénomène de comblement,
- le phénomène d'eutrophisation,
- et la pollution toxique.



Ecluse Sainte Lucie sur la Robine (© PNR de la Narbonnaise)

1. Le phénomène de comblement

De par leur définition et leurs caractéristiques, les lagunes sont des masses d'eau temporaires sur l'échelle des temps géologiques, et sont destinées à disparaître.

Le phénomène de comblement est un phénomène qui est naturel, mais qui peut être accentué par des activités ou des actions humaines.

Il a plusieurs origines :

- le comblement biologique par les déchets de la production végétale ou animale de l'étang. Ce phénomène a existé de tout temps, mais c'est un processus géologique lent, que les rejets modernes de nitrate et phosphore ont considérablement accéléré sans pour autant en faire un facteur prévalent,
- les apports terrigènes venus du bassin versant sont aussi à l'origine naturels. Cependant, l'endiguement des rivières, en restreignant les champs d'inondation et en augmentant la vitesse de l'eau, a accru le débit solide des cours d'eau,
- les effets de la mer se font particulièrement sentir par le recul du cordon lagunaire (du lido), mais aussi par les incursions de sable au travers des gros,
- enfin, sous la pression des besoins fonciers, les remblaiements volontaires, autorisés ou sauvages, ont pris une extension inquiétante surtout vers les années 60-80, où les étangs et lagunes étaient considérés comme des espaces insalubres mettant un frein au développement économique et touristique.

Depuis la construction du canal de la Robine, le complexe lagunaire de Bages-Sigean est de moins en moins soumis aux atterrissements de l'Aude, ce qui lui a permis de subsister ([Castaings 2008](#)). Les apports terrestres sont cependant la principale cause de comblement, provenant essentiellement au niveau de la Berre ([Duboul-Ravazet & Martin 1981, Girard 1992](#)).

Le complexe étant relativement fermé, les apports marins semblent négligeables. On peut même observer une forte évacuation des sédiments par le grau lors des épisodes de tramontane. Au niveau des apports biologiques, ils sont probablement modérés, excepté pour le bassin Nord de l'étang.

L'évolution de l'étang de Bages-Sigean face au phénomène de comblement est assez lente. Sa durée de colmatage a été estimée à environ 700 ans par le Service Maritime et Navigation du Languedoc-Roussillon ([Girard 1992](#)).

L'étang de Bages-Sigean apparaît donc comme l'un des étangs les moins menacés par le comblement (avec Thau et Salses-Leucate, dont le comblement est estimé à 3000 ans et 30 000 ans respectivement).

2. Le phénomène d'eutrophisation et de pollution toxique

Les phénomènes d'eutrophisation et de toxicité du milieu doivent être pris en considération ensemble car les facteurs impliqués sont le plus souvent proches et parfois en relation.

L'eutrophisation est définie comme l'enrichissement d'un milieu aquatique en éléments nutritifs, en particulier l'azote et le phosphore, sous l'effet des activités anthropiques (eaux domestiques, agriculture, industrie,...), provoquant un développement accéléré des algues qui entraîne une perturbation indésirable de l'équilibre des organismes et une dégradation de la qualité de l'eau (CE du 21 mai 1991). Ce phénomène peut notamment être engendré par l'augmentation de la population, dans le cas présent autour de la lagune de Bages-Sigean. La Narbonnaise connaît une croissance démographique régulière (0,7% par an depuis 1990) due à des flux migratoires importants.



Décharge sauvage bordant l'étang de Bages-Sigean
(© PNR de la Narbonnaise)

En 1990, le territoire du SCOT hébergeait 101 710 habitants permanents, et on estime ce chiffre à plus de 120 000 habitants d'ici 2020. Cet accroissement constitue un problème au niveau de l'assainissement, de la qualité des eaux ainsi que de la fréquentation des espaces naturels. L'augmentation des infrastructures peut aussi avoir une influence, notamment au niveau du trafic routier, ferroviaire et portuaire qui est de grande ampleur autour de la Narbonnaise.

L'augmentation de la population a aussi des répercussions sur les activités, qu'elles soient de loisirs ou non, qui se déroulent autour du complexe et augmentent sensiblement les pressions qui pèsent sur l'étang. Les activités agricoles provenant du bassin versant sont aussi une source importante d'eutrophisation, notamment à cause des eaux de ruissellement qui aboutissent directement dans l'étang.

Mais le plus gros danger qui pèse sur ces étangs est lié aux industries. Les entreprises de la Narbonnaise sont des activités économiques importantes localement. Certaines industries ont même autrefois été la source de pollutions majeures.

Même si la situation s'est améliorée de manière générale, des récents accidents montrent les risques majeurs qui pèsent sur ce complexe lagunaire. De plus, le port maritime de Port-la-Nouvelle est une région de transit incontournable, notamment pour les hydrocarbures et les céréales, et une zone d'activités logistiques intenses, ce qui accentue encore les risques et pressions auxquels l'étang est soumis.

Les pollutions toxiques sont généralement des phénomènes qui ne se voient pas, contrairement à l'eutrophisation qui est clairement observable à cause des conséquences directes qu'elle a sur l'écosystème (avec l'exemple la prolifération d'algues opportunistes, ou des dégradations ultimes comme les phénomènes de malaïgue). Les contaminants peuvent perdurer pendant de très nombreuses années dans les sédiments, ou même se bioaccumuler dans les organismes, ce qui impacte au final tout l'écosystème.

Toutes les pressions décrites précédemment peuvent aussi apporter une pollution toxique. Les exemples les plus marquants sur l'étang de Bages-Sigean sont les pollutions au cadmium qui ont abouti à une interdiction de consommation des coquillages dans l'étang depuis 1986. L'ampleur des flux de contaminants apportés à l'étang entraîne irrémédiablement des impacts considérables sur l'écosystème. Un exemple explicite est l'accident de 2004, au cours duquel des quantités importantes de Chlorpyriphos-éthyl se sont déversées dans l'étang. Cela a eu des conséquences très graves pour la pêche (fermée pendant plusieurs mois), mais encore plus dramatiques pour la faune et la flore de l'étang.

A la vue de ces trois grandes pressions, mais surtout des problèmes d'eutrophisation et de pollution, on peut facilement constater que l'étang de Bages-Sigean subit de fortes pressions anthropiques, ce qui est très bien résumé par la notion de « zone accidentogène ».



L'eutrophisation sur l'étang de Bages-Sigean (© PNR de la Narbonnaise)

L'étang de Bages-Sigean à la fin du 20ème siècle

Dans les années 60, l'ensemble des étangs de la région de Narbonne constituait un exemple remarquable de milieux lagunaires en zone-méditerranéenne. L'étang de Bages-Sigean fut donc l'objet de nombreuses études afin de comprendre son fonctionnement et ses spécificités ([Boutière 1974](#)).

I. Un gradient de salinité qui conditionne les peuplements végétaux et animaux

Les premières études sur l'étang de Bages-Sigean remontent à 1963. Dans un article consacré à l'étude de l'écosystème de l'étang, apparaît pour la première

fois une représentation de la répartition des végétaux aquatiques (figure 7).

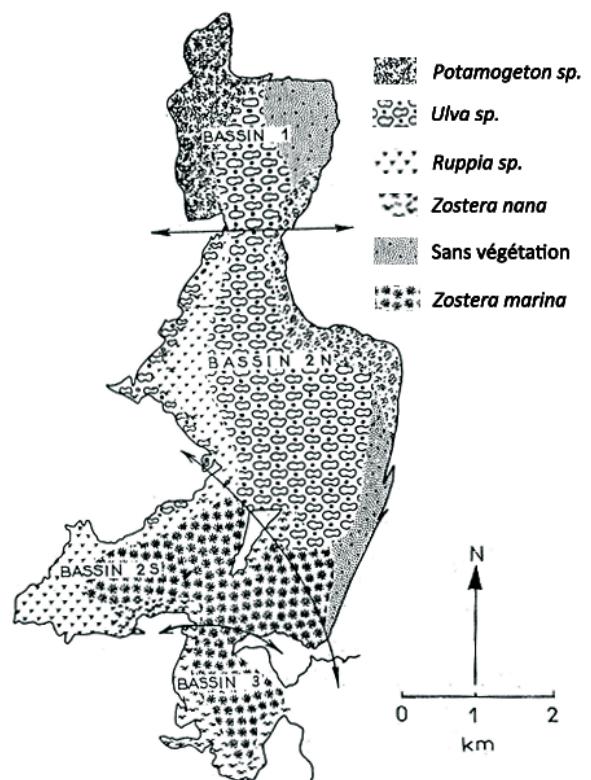


Figure 7 : Répartition approximative des végétaux aquatiques en 1963 ([Lagadre et Cahet 1963](#))

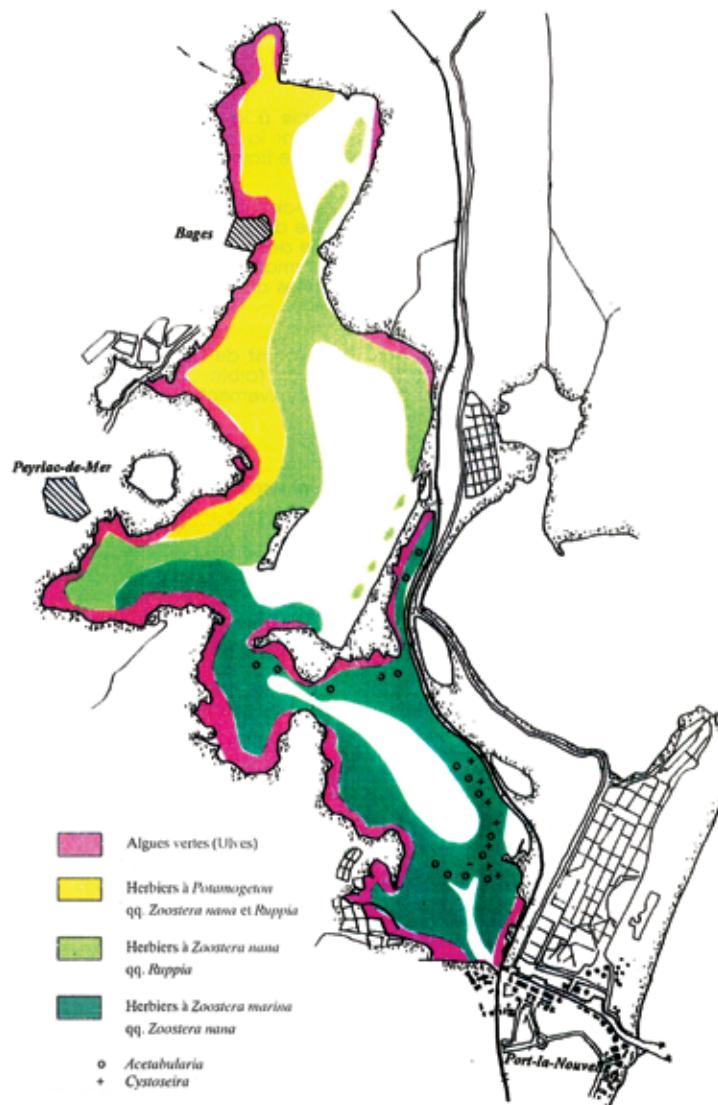


Figure 8 : Répartition de la végétation aquatique en 1966 (Mercier 1973)

4 dominances se distinguent au sein de cette végétation :

- des populations denses d'*Ulva sp.* dans les zones profondes de la zone nord et surtout dans la partie bassin 2N,
- les herbiers très importants de *Potamogeton sp.* dans les eaux profondes du bassin 1,
- des herbiers de *Zostera marina* qui recouvrent la presque totalité du bassin 3,
- des herbiers de *Ruppia sp.* sur la bordure ouest de l'étang.

Un rapport de l'Agence Méditerranéenne de l'Environnement (AME) paru en 1993 montre une répartition de la végétation aquatique en 1966 ([Agence Méditerranéenne de l'Environnement 1993](#), figure 8). Globalement, cette répartition concorde avec la carte établie en 1963.

Plusieurs secteurs se distinguent :

- dans la zone sud de l'étang, du grau de Port-la-Nouvelle jusqu'à l'île de l'Aute, une zone où l'influence de la mer est maximale avec principalement des herbiers à *Zostera marina* et quelques *Zostera noltii* (appelé *Zostera nana* à l'époque). C'est un lieu de frayères et de nurseries qui abrite beaucoup d'espèces d'origine marine,
- dans la zone au nord et à l'ouest de l'île de l'Aute, l'influence marine est beaucoup plus faible. Les herbiers sont encore importants et sont presque exclusivement composés de *Zostera noltii* et quelques *Ruppia maritima*. Cependant la faune marine a totalement disparu dans cette zone, et on trouve des mollusques (*Abra ovata* et *Cardium sp.*) ainsi que des vers comme *Nereis sp.* (cette dernière étant indicatrice de pollution,

(Glémarec & Hily 1981). Le confinement de cette zone est plus important et la richesse spécifique décroît brutalement,

- des herbiers à *Potamogeton pectinatus* ainsi que d'autres phanérogames comme *Ruppia maritima* et *Zostera noltii* dans la partie nord sur la bordure nord-ouest,
- sur toute la bordure de l'étang on trouve une ceinture de sédiments vaseux d'algues opportunistes (*Ulva sp.*, *Chaetomorpha sp.* et *Enteromorpha sp.*; excepté dans la partie ouest de l'étang).

La présence et surtout la prolifération des herbiers à *Potamogeton pectinatus* et de *Ruppia maritima* permet de comprendre un peu mieux l'écosystème de l'étang de Bages-Sigean dans les années 60 (Laurent et al. 2011). *Potamogeton pectinatus* est une espèce qui se développe dans les secteurs peu profonds d'eau douce ou sous faible influence marine. Sa prolifération indique un milieu enrichi en nutriments, et provient

le plus souvent de perturbations du fonctionnement du milieu dues aux activités humaines. Il est souvent confondu avec *Ruppia maritima* qui colonise les mêmes habitats. Cependant *Ruppia maritima* présente la capacité de pouvoir résister à de grands écarts de salinité. Il semblerait donc que dans les années 60 l'étang de Bages-Sigean soit une masse d'eau dessalée par rapport à une lagune « traditionnelle ». Cela se confirme par plusieurs études qui portent notamment sur la salinité de l'étang (Mercier 1973, Boutière 1974):

- la partie la plus au nord (appelée étang de Capeille à l'époque, figure 9) a une salinité moyenne de 13.7,
- la salinité moyenne est de l'ordre de 15 pour le secteur médian de l'étang (étang de Bages sud et de Peyriac),
- pour la partie sud, l'étang de l'Aute est à 19.3 et l'étang de Sigean qui est à 22.4 en moyenne,
- l'extrême sud de l'étang (étang de Nadière) est à 28.2.

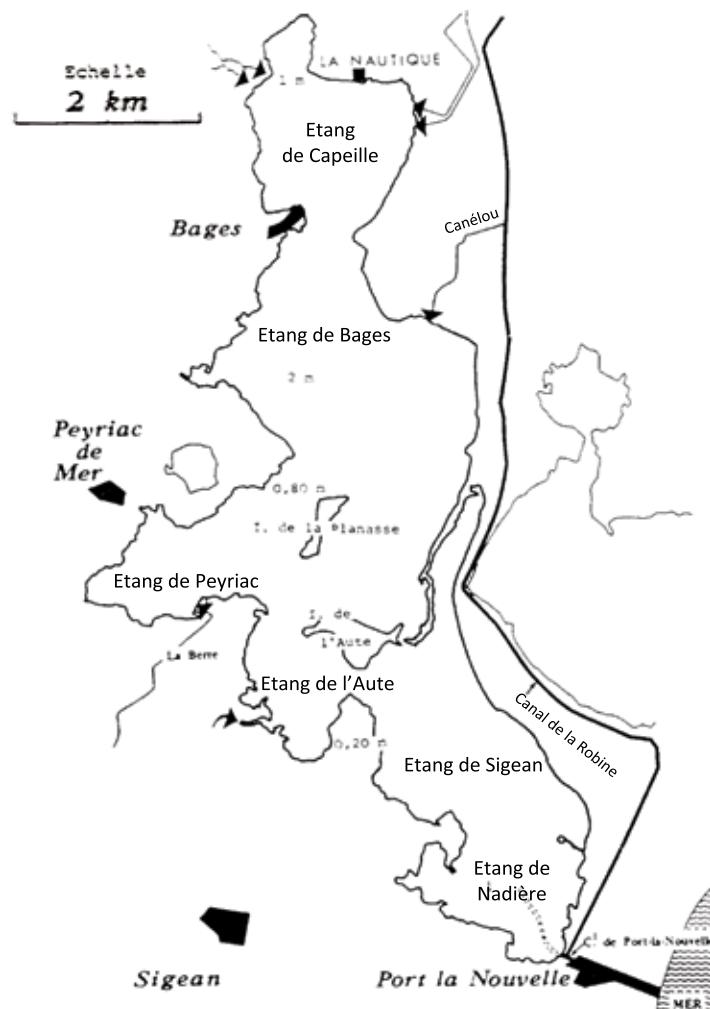


Figure 9 : L'étang de Bages-Sigean vue en 1970 (Fiala 1973)

Globalement la partie nord est plutôt de type mésohaline (salinité comprise entre 5 et 18), alors que la partie sud, fortement influencée par la mer est de type polyhaline (salinité comprise entre 18 et 30). La salinité observée dans la partie nord s'explique par le fait que les eaux du canal de robine se jettent directement dans l'étang par le Canélou. Ce canal avait à l'origine été construit pour garantir l'alimentation en eau des moulins de la ville de Narbonne. C'est pour cela que l'on trouve jusque dans les années 70 plusieurs moulins qui bordent la Robine ([Cesmat 2012](#)). La présence de ces moulins nous permet d'estimer le débit présent à l'époque, car environ 8 m³/s étaient nécessaires pour permettre à ces moulins de fonctionner. Il est donc certain que de très gros volumes d'eau douce arrivaient dans l'étang. Ces eaux douces étaient certainement très

chargées en sels nutritifs. Cet apport excessif de sels nutritifs a pu être mis en évidence lors d'un rapport en 1974 ([Cahet et al. 1974](#)). A l'époque déjà, les eaux de l'étang de Bages-Sigean étaient considérées comme très riches en nitrate et en phosphate par rapport aux eaux de la mer Méditerranée. Ce rapport de 1974 met aussi en évidence le rôle essentiel que jouent les milieux lagunaires dans l'écologie de nombreuses espèces migratrices. Cela est d'autant plus marquant sur l'étang de Bages où la pêche de l'anguille occupe une place importante (représentant la principale espèce exploitée avec plus de la moitié des tonnages pêchés réalisés sur l'étang, [Mallawa 1984](#)).

Le rapport de l'AME de 1993 montre également une répartition de la végétation aquatique en 1992 (figure 10).

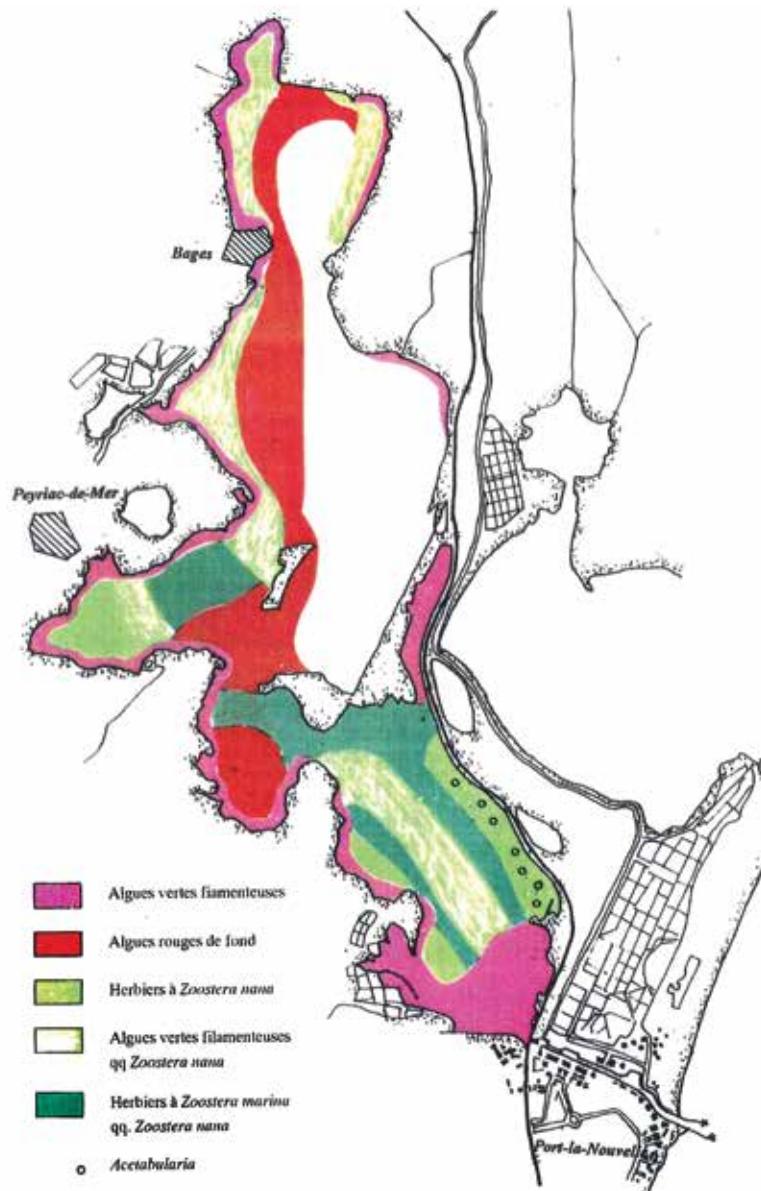


Figure 10 : Répartition de la végétation aquatique en 1992 ([BRL 1993](#))

L'évolution entre ces deux répartitions est très nettement visible ([BRL 1993](#)) : les herbiers de phanérogames ont régressé de près de 90% par rapport à leur superficie initiale. Les herbiers à *Potamogeton pectinatus* et ceux à *Ruppia maritima* ont disparu. Des algues vertes (*Chaetomorpha sp.* et *Cladophora sp.*) et rouges (*Gracilaria sp.*) ont remplacé ces herbiers. La disparition de ces herbiers est en relation directe avec une dessalure rapide et importante qu'a subi l'étang. En 1995, le nord de l'étang a une salinité de l'ordre de 31 et 38 au sud ([BRL 1996](#)). L'étang est passé d'une salinité mésohalines (nord de l'étang) et polyhalines (sud de l'étang) à une salinité de type euhalin (salinité comprise

entre 30 et 38). Avec la disparition des moulins sur la robine dans les années 70, l'apport d'eau douce à la lagune a brutalement diminué passant de 8 m³/s à 1-2 m³/s à partir des années 70, [BRL 1993](#)). Ce changement de salinité associé à la disparition des herbiers a permis la prolifération des algues opportunistes. Même si les flux en sels nutritifs ont sûrement fortement diminué avec la diminution d'apport d'eau douce vers l'étang, il est certain au vu des proliférations d'algues observées que les flux sont encore beaucoup trop importants à l'époque et nécessitaient de prendre des mesures afin de pallier à ce problème.

II. Une pollution mise en évidence

Grâce au Réseau d'Observation des Contaminants Chimiques, le ROCCH (anciennement Réseau National d'Observation : RNO), une surveillance trimestrielle a été mise en place depuis 1979 afin d'évaluer les teneurs de certains polluants (des métaux lourds comme le cadmium ou le plomb, des hydrocarbures et des composés organochlorés comme le DDT et encore le lindane) dans les moules et les huîtres du littoral français (voir en annexe1).

Des échantillonnages effectués en 1983 et 1984 sur l'étang de Bages-Sigean montrent des concentrations exceptionnellement élevées en cadmium. Les teneurs rencontrées dans les échantillons de moules sont comprises entre 11,6 et 36,2 mg/kg de poids sec, et

la moyenne est de 20,9 mg/kg de poids sec ([Claisse et al. 1990](#)). Ces teneurs en cadmium sont 15 fois supérieures à la moyenne de cadmium mesurées sur les moules du littoral français. Il est estimé qu'en un même site la bioaccumulation du cadmium par les huîtres est environ 3 fois supérieure à celle des moules ([Boutier et al. 1989](#)). Cela permet de comparer les niveaux de contamination des moules de l'étang de Bages-Sigean avec les huîtres de la Gironde (qui est un site fortement contaminé par le cadmium et qui a donné lieu à un programme de recherche spécifique, [Boutier et al. 1989](#)). Si l'on effectue la comparaison, le niveau de contamination par le cadmium de l'étang de Bages-Sigean est tout à fait comparable à celui de la Gironde.



Station ROCCH de Bages-Sigean en novembre 2006 (© PNR de la Narbonnaise)

De plus, le suivi du ROCCH en 1983 a permis de mettre en évidence des teneurs anormalement hautes de deux composés :

- le dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT ainsi que ses dérivés le DDD et DDE) qui est un insecticide largement utilisé dans la région pour la démoustication (il est interdit depuis 1972). Il a la faculté de se concentrer le long de la chaîne trophique. Les concentrations dans les moules atteignaient 225 µg/kg de poids sec (2 fois plus que les valeurs de la moyenne méditerranéenne lors des prélèvements du ROCCH),
- le lindane ($\text{HCH}\alpha + \text{HCB}\gamma$) qui est un insecticide utilisé dans le monde agricole (interdit depuis 1998). Les concentrations enregistrées étaient de l'ordre de 19 µg/kg de poids sec, plus de 3 fois supérieures aux valeurs de la moyenne méditerranéenne lors des prélèvements du ROCCH.

Ces pollutions mises en évidence ont été les facteurs qui ont déclenché des interrogations sur la « santé » de l'étang. Suite à ces constatations très inquiétantes, en 1991 une autre étude a été lancée afin de statuer sur la contamination par le cadmium des poissons de l'étang

de Bages-Sigean ([Claisse et al. 1991](#)). Il en résulte que les concentrations mesurées en cadmium dans les espèces consommées (anguilles, muges, athérines et gobies) sont strictement inférieures aux teneurs maximales recommandées par le Conseil Supérieur de l'Hygiène Publique de France et ne présentent donc pas de contre-indication à la commercialisation. Cependant, l'arrêté préfectoral n°193 du 18 avril 1991 interdit le ramassage et la commercialisation des coquillages de l'étang.

Par la suite, une étude réalisée en 1994 identifie différentes origines de la pollution présente sur le canal de la Robine ([Garde-pêche du C.S.P 1994](#)). Beaucoup de problèmes sont détectés, notamment au niveau des apports du réseau pluvial, des égouts et de la station d'épuration de Narbonne, ainsi qu'au niveau des apports des entreprises Comurhex et Micron-couleurs. Toutes ces pollutions transitent par le canal de la Robine et se rejettent dans l'étang au niveau du canéou et au grau de Port-la-Nouvelle.

Les usagers et les politiques s'interrogent et commencent alors à se demander comment réagit l'étang vis-à-vis de cette pollution qui apparaît comme un problème majeur qui se doit d'être résolu.

III. Un constat qui ne laisse plus place au doute

A la fin des années 90, il apparaît clairement que l'étang de Bages-Sigean est en voie de dégradation. Des études ont très nettement défini des changements au niveau de l'étang qui est passé d'une dominance d'eau douce dans les années 60 (types mésohalin et polyhalin) à une dominance plus dessalé de type euhalin à partir des années 70. L'augmentation constante des populations sédentaires et touristiques sur les zones littorales, couplée au vieillissement des infrastructures d'assainissement ne fait qu'accentuer les pressions et surtout les flux de sels nutritifs vers l'étang (selon l'INSEE 70% des communes littorales françaises de 1000 à 50 000 habitants en 1968 ont vu leur population augmenter de plus de 10% entre 1968 et 1999).

Cette augmentation couplée à la perte des herbiers dulçaquicoles (espèces qui vivent dans des eaux douces qui représentaient un puits pour les sels nutritifs) a

permis aux algues opportunistes de se développer. Les biens et les services que pouvaient produire l'étang se dégradent de plus en plus. L'interdiction de consommation et de ramassage des coquillages de 1991, due à la pollution au cadmium, est un coup dur et marque un changement dans les mentalités du public : l'étang se dégrade et il devient nécessaire d'agir pour le restaurer.

Il devient essentiel d'identifier les sources des pollutions et de prendre des mesures pour les contrôler. Cependant de ces problèmes plusieurs questions, qui sont pour la plupart toujours d'actualité, émergent. Elles se tournent toutes autour d'un axe majeur : que veut-t-on pour l'étang ? Doit-on « retourner » à un étang moins salé ? Cet état serait-il aujourd'hui en accord avec les normes de bonne qualité fixées par le DCE ?

Vers une restauration du milieu

I. Une contamination qui diminue mais laisse des cicatrices

Les données concernant les aménagements et les programmes mis en place sur l'étang de Bages-Sigean ont été rédigées à l'aide de l'évaluation finale du contrat pour les étangs du Narbonnais ([Parc naturel régional de la Narbonnaise 2010](#)).

Depuis les années 80 de graves pollutions au cadmium, DDT et lindane ont été mises en évidence sur l'étang de Bages-Sigean. Une étude menée par l'Ifremer en 1990 et 1991 avait confirmé et précisé l'importance et l'origine de la contamination par le cadmium ([Claisse et al. 1990, 1991](#)). Le Réseau National d'Observation (RNO), devenu le Réseau d'Observation de la Contamination Chimique (ROCCH) en 2008, qui avait mis en évidence ces teneurs anormalement hautes dès 1983, suit annuellement l'évolution de ces 3 composés

entre autre depuis 1990. Depuis 1998, le Réseau Intégrateur Biologique (RINBIO, voir annexe 2) suit tous les 3 ans ces mêmes composés grâce à un protocole portant comme le ROCCH sur la bioaccumulation des bivalves (figure 11).

Il est important de noter que les résultats exprimés dans l'eau ont été convertis, à partir des échantillons de moules, afin de pouvoir être comparés avec les seuils NQE (Norme de Qualité Environnementale)

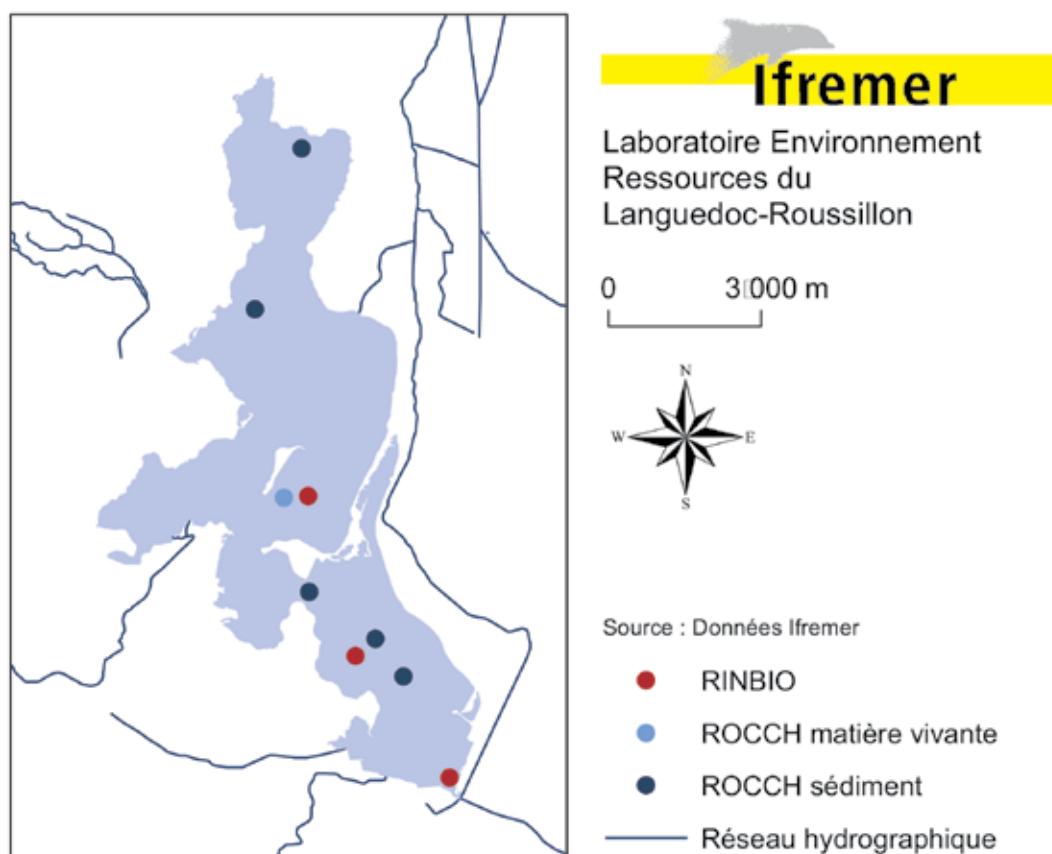


Figure 11 : Emplacements des points de prélèvements du ROCCH et du RINBIO

qui sont imposés dans le cadre de la DCE. Cette conversion fait appel au concept de BCF ou «facteur de bioconcentration» (voir en annexe 3). La conversion des sédiments vers l'eau n'a pas pu être effectuée à cause d'un manque de données concernant la fraction d'eau dans le sédiment pour l'année 1996. De plus, la conversion des concentrations entre sédiment et eau est « discutable » et présente certains problèmes en fonction des composés suivis (voir annexe pour en savoir plus).

1. Le cadmium

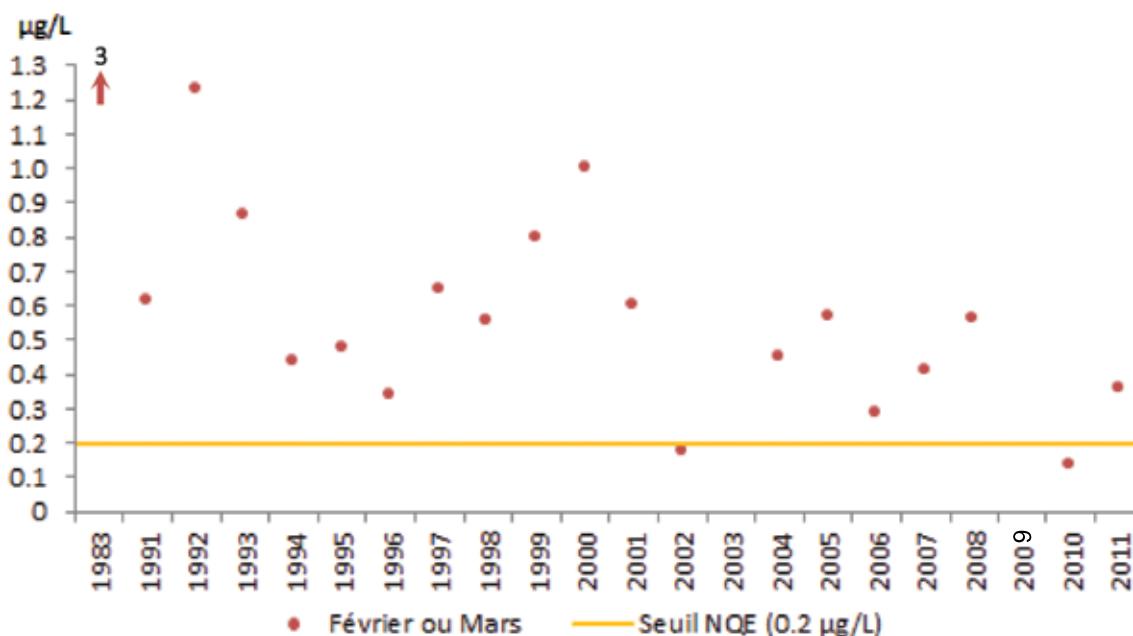


Figure 12: Concentration en cadmium ($\mu\text{g}/\text{L}$) dans l'eau de l'étang de Bages-Sigean au cours du temps (données du RNO/ROCH dans les moules, converties avec un BCF = 10 000)



Figure 13: Concentration en cadmium ($\mu\text{g}/\text{L}$) dans l'eau de l'étang de Bages-Sigean au cours du temps (données du RINBIO converties avec un BCF = 10 000)

Quand cela était possible la représentation des échantillonnages réalisés en hiver a été privilégiée, car c'est à ce moment-là que l'on est sensé mesurer la plus forte concentration en polluant. Aucun prélèvement de matière vivante n'a été effectué dans le cadre du ROCCH en 2003 en raison de l'absence de coquillages sur le site (les autres dates absentes sont dues au manque de données pour les mois sélectionnés, rendant les comparaisons impossibles).

Ces deux graphiques (figure 12 et 13) montrent les différentes teneurs en cadmium observées au cours du temps. Dans le cadre du ROCCH (figure 12, l'absence des années 1990 et 2009 s'explique par le manque de données concernant le mois de février), même si la variabilité interannuelle rend difficile l'estimation des tendances, une diminution des concentrations semble se profiler : de 2.95 µg/L en 1983 à 0.36 µg/L en 2011 (diminution de 90%). Certaines valeurs sont même en dessous du seuil NQE, en 2002 (0.18 µg/L) et en 2010 (0.14 µg/L). Les concentrations mesurées par le RINBIO sont en accord avec celles du ROCCH. Les valeurs des deux derniers suivis en 2006 et 2009 restent très proches du seuil limite, avec des maxima égaux à la NQE en 2006 et très légèrement supérieurs en 2009 (17% de plus). Le plan d'échantillonnage du RINBIO, tous les trois ans ne permet pas d'évaluer une tendance entre 1998 et 2009.

Par ailleurs, les concentrations mesurées par le ROCCH dans le sédiment en 1996 et 2006 présentent

également une diminution, avec conservation de la hiérarchie des concentrations entre les trois points de prélèvements (figure 14).

Ces résultats peuvent être comparés aux critères de la convention OSPAR. Ces critères sont en fait des concentrations de références dites Background Assessment Concentration (BAC). Si les résultats normalisés sont voisins de la BAC (pouvant être assimilés au bruit de fond géochimique, c'est-à-dire à la concentration présente naturellement sur le site), les apports anthropiques sont considérés comme négligeables. S'ils sont significativement supérieurs à la BAC, le niveau de contamination peut être estimé par le rapport entre le résultat et la BAC. En 1996, la valeur a été enregistrée au niveau de la station de la Nautique (1.87 mg/kg, sec). En 2006, c'est toujours à cette même station que l'on observe la valeur la plus élevée (1.20 mg/kg, sec). Ces deux valeurs sont respectivement 83% et 74% supérieures à la BAC.

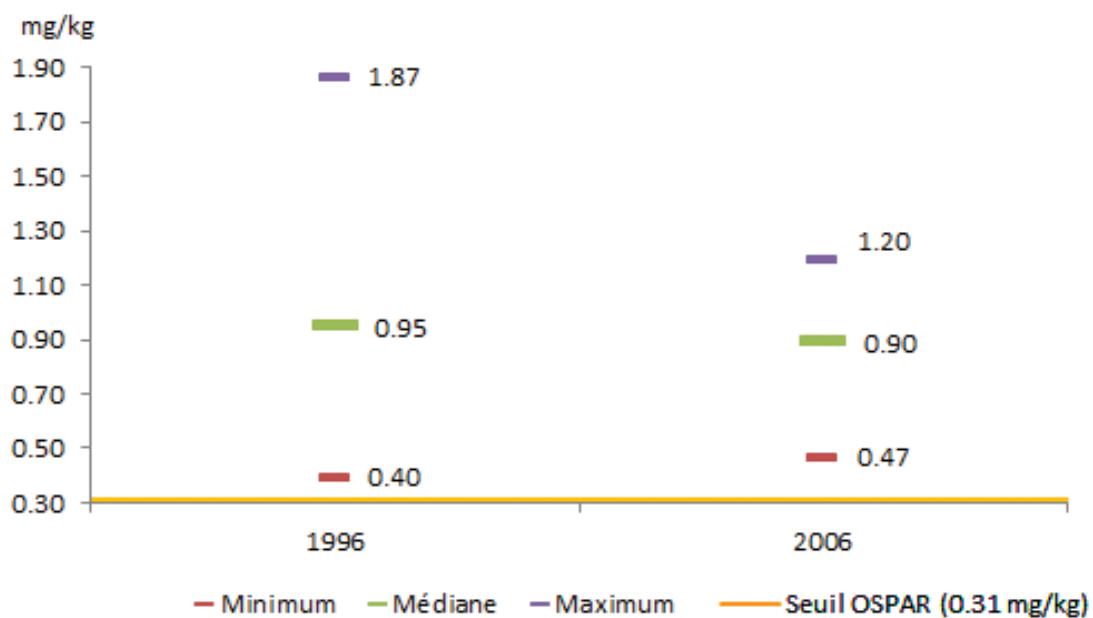


Figure 14: Concentration en cadmium (mg/kg, poids sec) dans les sédiments de l'étang de Bages-Sigean en 1996 et 2006 ([données RNO](#))

2. Le DDT et ces produits de dégradation

Concernant le DDT et ses produits de dégradation, l'étang de Bages est le second site français le plus impacté parmi ceux suivis par le RNO puis le ROCCH depuis 1982 ([Claisse et al 2006](#)). Les teneurs dans l'eau restent très inférieures au seuil NQE (figure 15), cependant il est important de noter que ces teneurs restent encore

aujourd'hui 560% supérieures à la médiane nationale ([Bulletin surveillance 2011](#)).

Cet insecticide avait été très utilisé lors des procédures de démoustification. La diminution des concentrations s'explique par le fait que le DDT est interdit d'usage depuis 1972 en France.

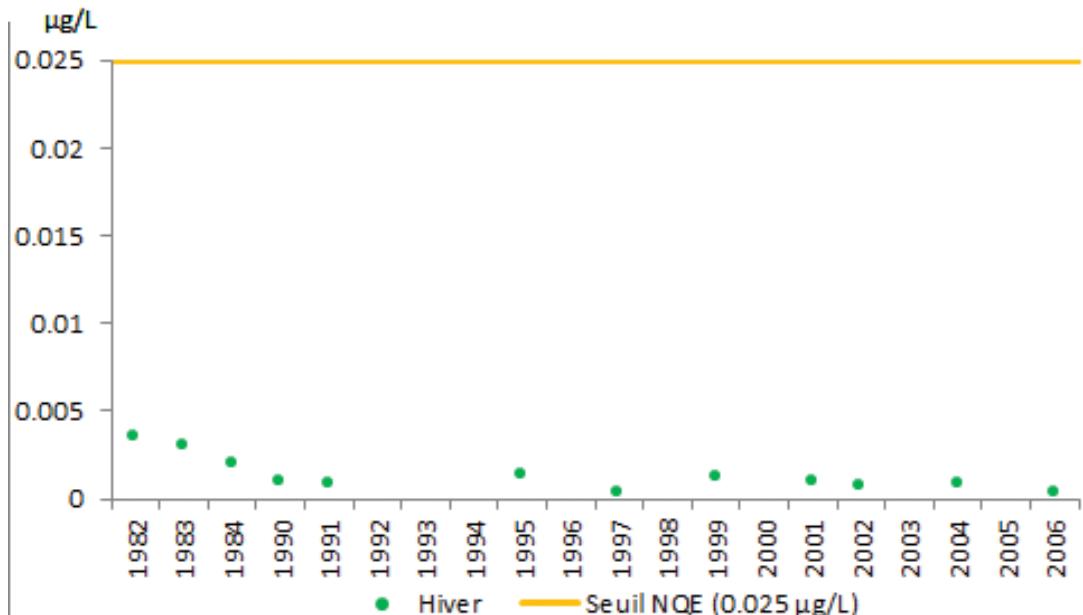


Figure 15: Concentrations en DDT+DDE+DDD ($\mu\text{g}/\text{L}$) dans l'eau de l'étang de Bages-Sigean au cours du temps (données RNO dans les moules, converties avec un BCF=45 600)

Les données issues du RINBIO (non représentées ici) sont en accord avec celles du ROCCH et montrent des valeurs inférieures à plus de 95% au seuil NQE. L'apparente incohérence entre la contamination observée et les NQE pose les limites de la fiabilité de la conversion moule/eau, voire de la pertinence de la NQE elle-même.

La diminution de la contamination se retrouve au niveau des sédiments (figure 16). Les teneurs maximales ont été mesurées à la station de la Nautique avec $19.10 \mu\text{g}/\text{kg}$, sec en 1996 et $5.52 \mu\text{g}/\text{kg}$, sec en 2006. Malheureusement, les BAC d'OSPAR ne peuvent pas s'appliquer ici car le DDT et ses dérivés ne sont pas présents à l'état naturel.

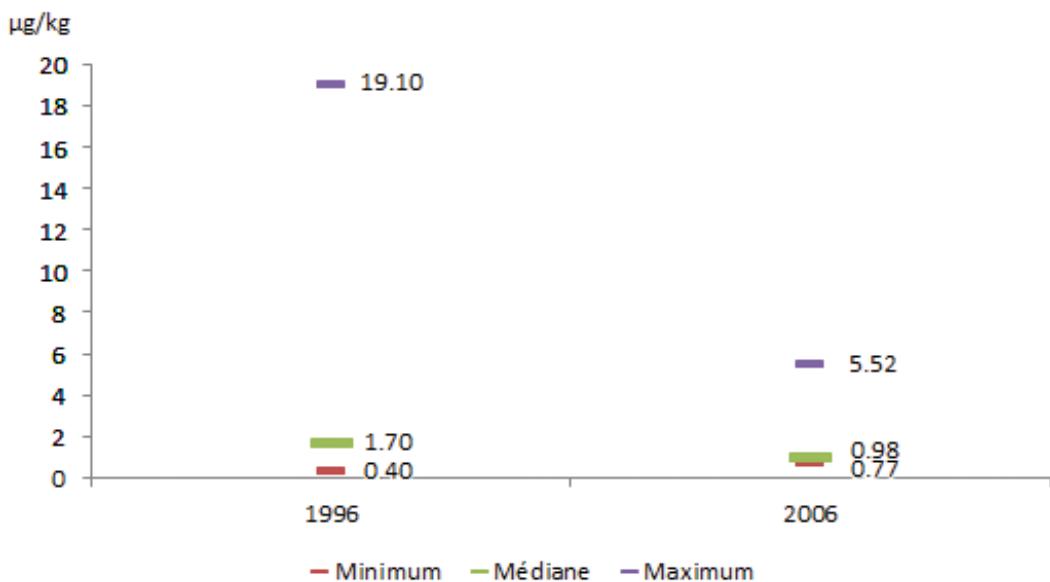


Figure 16 : Concentrations en DDT+DDE+DDD ($\mu\text{g}/\text{kg}$) dans les sédiments de l'étang de Bages-Sigean en 1996 et 2006 (données RNO)

3. Le lindane (α HCH + γ HCH)

Historiquement, la contamination de l'étang par le lindane a été très forte jusqu'au milieu des années 1990. Par la suite, la décroissance des concentrations

mesurées a été rapide, même si en 2006 elles étaient encore supérieures au seuil NQE ($1.42 \mu\text{g}/\text{L}$ pour $0.002 \mu\text{g}/\text{L}$, figure 17). L'emploi de cet insecticide est

interdit en France depuis juillet 1998. Les résultats du RINBIO montrent des valeurs toujours supérieures au NQE lors des 4 suivis. Même si les observations sont en accord avec celles du ROCCH, les données du RINBIO présentent des teneurs inférieures à celles du ROCCH (0.0027 µg/L pour la valeur maximale du RINBIO en 2006 contre 1.42 µg/L pour le ROCCH la même année, figure 18). Cette différence peut venir d'une saison d'échantillonnage différente.

En effet, à contamination égale du milieu, les teneurs en contaminants varient dans les moules au cours de l'année. Elle peut également venir d'un temps de séjour insuffisant dans le cas du RINBIO car les cinétiques de contamination sont très lentes.

La diminution des teneurs en lindane se retrouve dans les sédiments :

- les teneurs en lindane varient lors de la campagne de 1996 entre 0.3 µg/kg, sec pour le minimum (au niveau de la station sud de Bages) et 1.4 µg/kg, sec pour la maximum (au niveau de la Nautique),
- lors de la campagne de 2006, ces concentrations sont toutes inférieures à la limite de quantification analytique de 0.2 µg/kg, sec.

De même que pour le DDT et ses produits de dégradation, les BAC de la convention OSPAR ne peuvent pas être utilisés ici (aucun bruit de fond « naturel »).

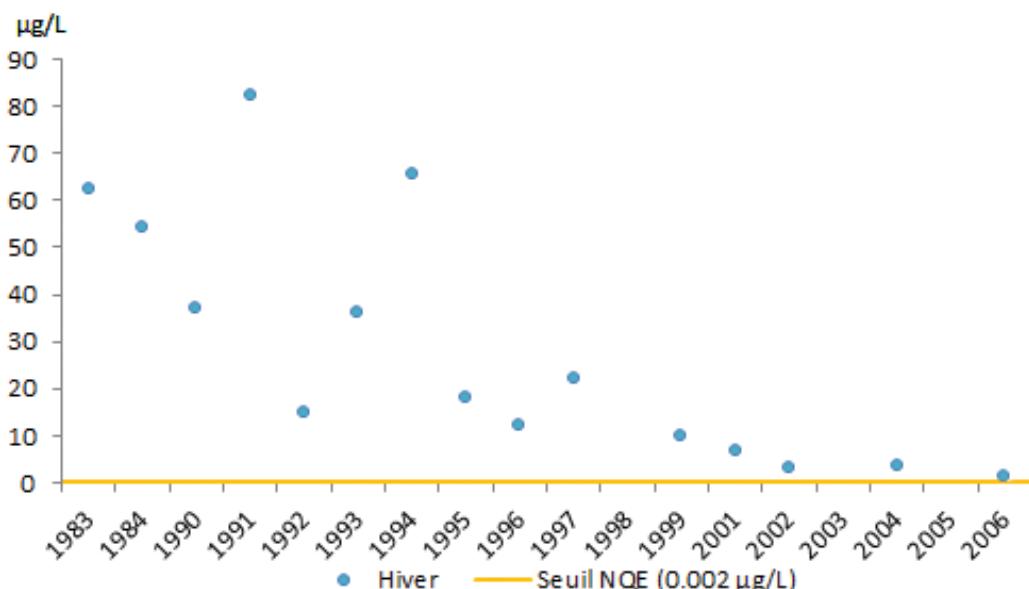


Figure 17 : Concentrations en lindane ($\alpha+\gamma$ en $\mu\text{g}/\text{L}$) dans l'eau de l'étang de Bages-Sigean au cours du temps (données RNO dans les moules, converties avec un BCF=240)

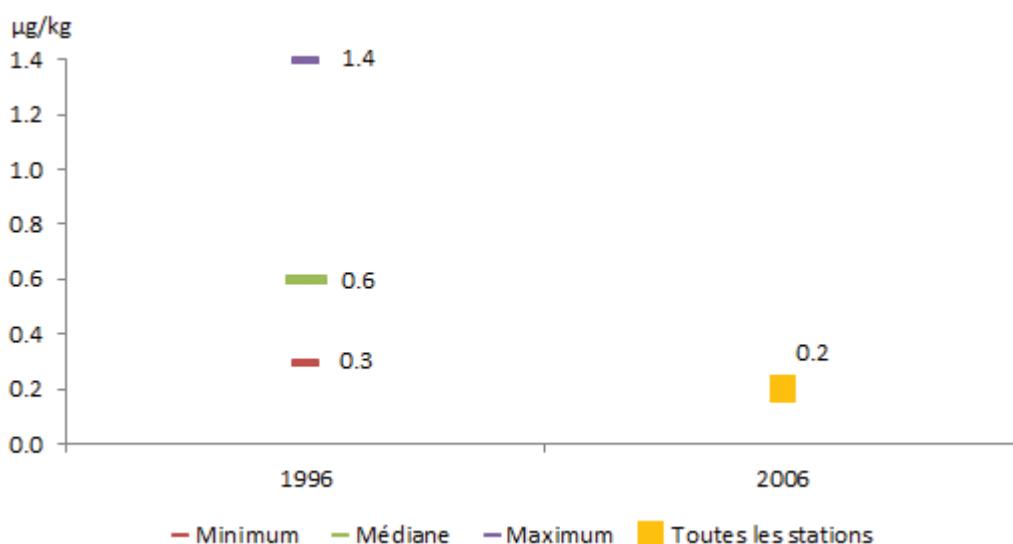


Figure 18 : Concentrations en lindane ($\alpha+\gamma$ HCH en $\mu\text{g}/\text{kg}$, poids sec) dans les sédiments de l'étang de Bages-Sigean en 1996 et 2006 (données RNO)

4. Des aménagements et des actions en réponse à ces pollutions

Les niveaux de présence de ces trois composés toxiques dans ces deux compartiments (moules et sédiments) peuvent s'expliquer de plusieurs façons. Beaucoup de changements ont eu lieu sur cet étang depuis 1983, que ce soit au niveau des infrastructures, de la gestion du milieu, ou des mentalités et des habitudes des usagers.

Cependant, les plus gros aménagements ont eu lieu à partir de 2004 dans le cadre du contrat d'étang mis

en place pour les étangs du Narbonnais et peuvent être regroupés en trois grandes parties :

- l'amélioration de la gestion et des aménagements industriels et portuaires, qui constituent les plus gros investissements (plus de 35 millions d'euros),
- les actions réalisées et découlant du « défi toxique »,
- les aménagements agricoles.

A. Gestion et aménagements industriels et portuaires

Les apports industriels concernent de manière générale le bassin versant de l'étang de Bages-Sigean, avec au nord la ZI de Malvézy et au sud de la commune de Port-la-Nouvelle. La problématique des pollutions accidentelles constitue le problème majeur sur Bages-Sigean au niveau des contaminations chimiques : entre 1985 et 2005, 51 pollutions accidentelles ont été répertoriées. Une réflexion entre les services de l'Etat et les EPCI concernés est en cours, et s'oriente notamment vers l'élaboration de « fiches reflexe accidents ».

Depuis 2005, de nombreuses évolutions ont été apportées aux sociétés SLMC et COMURHEX (situées

dans la ZI de Malvézy qui communique avec l'étang via le canal de Tauran, puis le Canelou et le canal de la Robine). Jusqu'en 2008, ces deux industries utilisaient un bassin commun de récupération des eaux de ruissellement. Ce bassin profond a accumulé pendant des années des métaux (dont le cadmium) et des sels nutritifs, provenant de l'activité de la SLMC. L'évacuation des eaux de ce bassin vers le milieu naturel (régulation des niveaux d'eau) a engendré pendant des années des apports de polluants. Ainsi, les teneurs en cadmium représentaient une pollution dite « historique ».



Bassin commun de récupération des eaux de ruissellement des sociétés SLMC et COMURHEX (© PNR de la Narbonnaise)



Le Rec de Veyret (© www.narbonne-tourismus.de)

Cependant, ces deux entreprises ont subi des modifications conséquentes afin de limiter leurs impacts sur le milieu :

- la SLMC a cessé ses activités fin 2008. La réhabilitation du site d'implantation et des sites proches impactés, notamment par le cadmium, est engagée depuis 2009 (elle est encadrée par les services de l'Etat). La filiale de Total Rétia, chargée de cette réhabilitation, associe les collectivités dans l'évolution des actions menées,
- La COMURHEX a initié de nombreux aménagements à partir de 2007 afin de se déconnecter en totalité du bassin de régulation. Ainsi, la réalisation d'une boucle de refroidissement en circuit fermé, d'un système d'épuration des eaux vannes et de récupération des eaux de pluie a permis de stopper tout apport au bassin de régulation et donc de diminuer considérablement les apports aux milieux aquatiques (pour les métaux 80 kg en 2006 à moins de 3 kg en 2009). De plus, la surveillance du bassin de régulation est assurée par l'entreprise (stabilité des bordures, niveau de l'eau et composition chimique de l'eau). Malgré ces aménagements, depuis 2004 l'entreprise

est responsable de 4 pollutions accidentelles émanant de son site de production en entraînant des rejets dans le milieu naturel. La dernière, en août 2009, est évaluée à un rejet d'une tonne de fluor qui s'est déversé directement dans le milieu aquatique. Dans le cadre de sa démarche de progrès continus environnementaux (certification ISO 140001) l'industrie recherche une diminution permanente de ses rejets chroniques et une maîtrise du risque accidentel.

Au niveau du Rec de Veyret, au nord de l'étang de Bages-Sigean, on observe une pollution qui dégrade les eaux de ce ruisseau. Des analyses sédimentaires sur la partie aval mettent en évidence un impact par certains métaux lourds. De plus, ce ruisseau sert d'exutoire aux eaux de ruissellement des ZI présentes sur son bassin versant (ZI La Plaine à Montredon et ZI Plaisance à Narbonne) ainsi qu'à une partie de l'agglomération de Narbonne. Une mission « Ambassadeur Entreprise » mise en place depuis 2007 par le Grand Narbonne a permis de développer des diagnostics environnementaux (son objectif est centré sur la réduction des pollutions dispersées toxiques des activités économiques à l'échelle du territoire de l'agglomération).

Cette mission a donc largement contribué à la connaissance et à l'amélioration de la situation sur les entreprises raccordées sans autorisation ni convention au réseau d'assainissement. Suite à ce diagnostic, des conventions de raccordement entre la communauté d'agglomération de certaines entreprises des ZI sont en cours. De plus, des travaux de sécurisation contre les risques de pollutions accidentelles ont été engagés par les entreprises (Vignerons de la Méditerranée, abattoirs municipaux). D'autres diagnostics ont également été réalisés dans différentes branches d'activités professionnelles potentiellement génératrices d'apports toxiques (pressings, photographes, imprimeries, blanchisseries et prothésistes, sauf le secteur de l'automobile). Un projet de documents d'informations et de sensibilisation des entreprises est également à l'étude, afin d'établir des bonnes pratiques en matière de gestion de l'eau et des déchets dangereux.

Une autre problématique concernant les pollutions est celle de l'élimination des déchets toxiques issus du secteur du bâtiments. Aucune solution économique viable n'a encore été trouvée pour la création d'aires professionnelles dédiées à ce type de déchets dangereux. Cela reste très préoccupant, surtout sur

un territoire où le secteur du bâtiment est très actif, et engendre sans doute des flux non négligeables de déchets toxiques sans connaissance de leurs quantités ni de leurs destinations.

Concernant les rejets toxiques portuaires, de gros investissements ont été réalisés. L'opération régionale « Ports Propres en LR » s'est achevée en 2005 et a permis la mise aux normes du port de plaisance de la Nautique au nord de l'étang. De plus, dans le cadre de leurs autorisations d'exercer, les ports de plaisir sont tenus d'élaborer et de présenter à l'Etat des Plans de gestion de déchets portuaires. Cependant, un manque de lisibilité est identifié sur le fonctionnement et l'entretien des équipements portuaires pour la lutte contre la pollution.

De lourds investissements ont aussi été réalisés pour la réaménagement global du port de Port-la-Nouvelle, en particulier en matière de gestion des eaux de ruissellement pluvial sur les quais de débarquement. Une déchèterie professionnelle a également été créée dans l'enceinte du port. Elle est destinée à collecter des déchets portuaires (18000 litres d'huile de vidange usagés ont été collectés et valorisés en 2009).

B. Dans le sillage du défi toxique

Une mission de lutte contre les pollutions toxiques a été engagée en 2003, au titre des interventions territorialisées du 8ème programme de l'Agence de l'Eau (Défi toxique) et s'est poursuivie jusqu'à fin 2006. Ses objectifs étaient :

- réaliser un état des lieux de la qualité des étangs en matière de toxiques (synthèse des données existantes sur les sédiments et la matière vivante et actualisation des résultats),
- quantifier les apports de toxiques à l'échelle du bassin versant (pesticides, hydrocarbures, métaux lourds),
- réaliser une étude de connaissance de la micropollution. Cette étude a permis de mettre en évidence les apports en micropolluants toxiques issus du bassin versant,
- réalisation d'un SIG intégrant les données de qualité du milieu ainsi que la localisation des

activités responsables d'apports toxiques sur le bassin versant.

Ces actions sont classées en fonction des toxiques :

- Lutte contre les pesticides : des formations auprès des agents territoriaux ont été mises en place, notamment sur « l'utilisation raisonnée des produits phytosanitaires et les solutions alternatives aux traitements chimiques ». Des actions de sensibilisation ont eu lieu et deux plans communaux de désherbage ont été lancés sur les communes de Sigean, Narbonne et Bizanet. De plus, un protocole de gestion raisonnée de l'entretien de la voie ferrée de Bages-Sigean a été élaboré dans le cadre de l'appel à projet de l'Agence de l'Eau « de nouvelles idées pour développer l'agriculture biologique et réduire les pollutions de l'eau par les pesticides » (beaucoup de pesticides étaient utilisés pour « entretenir » la voie ferrée).

- Lutte contre les apports de métaux lourds : en plus des aménagements déjà entrepris par les sites industriels, des mesures spécifiques pour chaque site ont été entreprises. Par exemple, l'Agence de l'Eau a diffusé les conclusions de l'étude de connaissance de la micropollution auprès de la société COMURHEX (filiale de COGEMA, c'est une usine qui fabrique du combustible nucléaire) et SLMC (Société Languedocienne Micron Couleur, cette usine fabrique des pigments à base de cadmium et de phtalocyanine de cuivre), sont parmi les deux industries qui produisent les composés les plus dangereux pour la lagune de Bages-Sigean.
- Lutte contre les pollutions en hydrocarbures : d'une démarche de sensibilisation des communes de Port-la-Nouvelle et Narbonne à la nécessité de réaliser des schémas directeurs d'assainissement pluvial. De plus, des groupes de travail ont été organisés dans le cadre de la lutte contre la pollution par les hydrocarbures en vue de l'élargissement de l'A61.
- Lutte contre les pollutions accidentelles : des échanges et des concertations avec les services de l'Etat ont été organisés, notamment sur la problématique de la gestion de crise en cas de pollution accidentielle. De plus, l'entreprise SOFT à Port-la-Nouvelle (fabrique des pesticides et est notamment responsable d'une pollution fin 2004) a engagé avec la DREAL une démarche commune sur la recherche des sources de pollution (suite à une étude sur les connaissances de la micropollution dans le cadre du défi « toxiques »).
- Actions de communication sur la qualité des étangs : le volet communication est une partie très importante, car elle permet d'abord de sensibiliser le public à des questions qui concernent le territoire où il vit. De plus la sensibilisation du public est primordiale si l'on veut que les décisions soient acceptées et prises en compte. Des réunions d'informations ont été organisées, par exemple au prud'homie de pêche (portant sur la « santé » de Bages-Sigean au niveau toxique et eutrophisation), ou encore dans le cadre des journées mondiales des zones humides (en partenariat avec l'Ifremer, l'Agence de l'Eau et la Région Languedoc-Roussillon).



Voie SNCF bordant l'étang de Bages-Sigean (© PNR de la Narbonnaise)

C. Des modifications dans les démarches agricoles



Vignes bordant l'étang de Bages-Sigean ([© PNR de la Narbonnaise](#))

Le département de l'Aude se situe au 1er rang en matière d'agriculture raisonnée en France (réseau FARRE, octobre 2009). Cependant, même s'il est difficile d'estimer la situation locale en terme d'agriculture raisonnée sur le bassin versant de l'étang de Bages-Sigean (plusieurs labels coexistent avec des critères et des cahiers des charges de niveaux différents et les informations restent à ce jour difficilement accessibles), plusieurs avancées ont été réalisées tels que les travaux d'animation en matière d'agriculture raisonnée, la prise de conscience citoyenne par les agriculteurs, ainsi que l'orientation vers des marchés demandeurs de produits présentant des garanties en matière de protection de l'environnement.

9 Aires de Remplissages Sécurisées viticoles (ARS), destinées à collecter les effluents des pulvérisateurs possédant un système épuratoire mobile (Epumobile), ont été mises en place par la Communauté de Communes Corbières en Méditerranée (CCCM) sur le bassin versant. Cependant des problèmes de réglementation (en rapport avec la réglementation du 12 septembre 2006 relative à la mise sur le marché et à l'utilisation des produits phytosanitaires) et des problèmes techniques (cessation d'activité du fournisseur sans arriver au terme de sa démarche d'homologation) ont mis des freins à cette démarche qui rencontrait un succès grandissant auprès des professionnels. Malgré ces nouvelles conditions, la CCCM a décidé de maintenir ce service auprès des

viticulteurs de sa communauté. Beaucoup d'autres communes développent actuellement des projets de création d'ARS, mais généralement sans traitement des effluents potentiels (dispositifs anti-débordement afin d'éviter tout risque et rejet d'effluents toxiques).

Il est important de noter que dans ce cadre, la Chambre d'agriculture de l'Aude a mis en place depuis 2009, par convention avec l'Agence de l'eau, une mission « Pesticides » à l'échelle départementale dont l'objet est notamment de recenser et appuyer le montage d'opérations globales pour répondre à la problématique « pesticides » portant notamment sur le remplissage et le lavage des cuves de traitement viticoles.

Parallèlement à cela, il semblerait qu'il y ait une tendance au développement de l'agriculture biologique (32 agriculteurs Bio et 26 en conversion estimés fin 2009), même si un élan important reste à impulser dans ce domaine. Des campagnes de collectes et d'élimination des produits Phytosanitaire Non Utilisables (PPNU) et des Emballages Vides de Produits Phytosanitaires (EVPP) ont été réalisées et gérées par l'association ADIVALOR. Même si globalement les quantités récoltées restent inférieures aux années précédentes avec des niveaux de collecte plus faible que le taux national (taux de collecte des EVPP dans l'Aude de 45% contre un taux national de 68%), la gestion de rejet vinicole a aussi été améliorée.

En 2009, 100% des caves coopératives sont équipées de dispositifs épuratoires autonomes de leurs effluents (généralement des bassins d'évaporation), et quasiment plus aucun problème de fonctionnement n'est recensé. Le taux d'équipement des caves particulières s'est aussi régulièrement amélioré pour atteindre 48% de l'effectif connu fin 2009 (contre 26% en 2005). Plusieurs opérations d'amélioration des sites ont été réalisées entre 2005 et 2009 au niveau des caves coopératives et des distilleries. Cependant, malgré ce constat globalement satisfaisant, une grande vigilance doit être maintenue en permanence sur ces sites en raison

de la nature et des quantités importantes d'effluents qui y transitent ou qui y sont traitées, mais aussi en raison de leur forte proximité des cours d'eau ou des étangs. De plus, il n'existe à ce jour aucune aire conforme de lavage de machines à vendanger (plateforme étanche de lavage équipée de système de collecte et de récupération des effluents pour traitement). Depuis 2007, de nouveaux Plans de Contrôle spécifiques sont mis en place sur les caves et les aires de lavage au moment des vendanges. Cependant, ces projets souffrent souvent d'un défaut d'accompagnement et d'encadrement auprès des communes.

5. Une contamination qui reste encore aujourd'hui une problématique majeure

La problématique majeure de la lagune de Bages-Sigean reste la pollution par le cadmium. Même si la société SMLC a cessé ses activités depuis 2008, les traces laissées par cette contamination restent aujourd'hui encore visibles. Cette pollution est d'autant plus problématique que l'activité d'exploitation des coquillages, interdite depuis 1992, ne pourra être autorisée que si les teneurs en cadmium descendent en dessous des seuils réglementaires (et à condition également que les seuils du mercure et du plomb ainsi que la qualité microbiologique soit en dessous des seuils sanitaires). Concernant les sédiments, on observe une décontamination franche pour l'ensemble des métaux dans la partie la plus au nord de l'étang : cadmium, mercure, plomb, zinc et cuivre. Globalement, les sédiments apparaissent moins contaminés par le cadmium en 2006. Cependant, le cadmium stocké au

cours du temps dans les sédiments des cours d'eaux et des canaux constitue encore actuellement une source potentielle de contamination et donc une menace pour l'étang. Cela pourrait expliquer la «réaugmentation» des teneurs en cadmium en 2011, qui pourrait être due à des travaux sur le canal de la robine ayant remobilisé des sédiments historiquement contaminés). Durant la période du contrat d'étang, beaucoup d'investissements ont été réalisés afin de diminuer les contaminations toxiques (35 millions d'euros dans le domaine des industries et des ports). Cependant même si beaucoup d'actions ont été entreprises, et si on observe des améliorations sur les teneurs en contaminants, la maîtrise des pollutions accidentelles continue d'être délicate et il reste beaucoup de chemin à parcourir en matière de contamination chimique sur l'étang de Bages-Sigean.



Anse de l'olivier (étang de Bages-Sigean (© PNR de la Narbonnaise)

II. Un état vis-à-vis de l'eutrophisation qui s'améliore

Les données concernant les aménagements et les programmes mis en place sur l'étang de Bages-Sigean ont été rédigées à l'aide de l'évaluation finale du contrat pour les étangs du Narbonnais ([Parc naturel régional de la Narbonnaise 2010](#)).

Les lagunes méditerranéennes sont décrites comme des milieux particulièrement sensibles à l'eutrophisation. Dans le cadre de la mise en place du contrat pour les étangs du Narbonnais (2004 - 2009), le PNR de la

Narbonnaise a effectué une étude afin d'estimer les flux d'éléments nutritifs rejetés au sein de l'étang de Bages-Sigean. Les flux d'azote ont été estimés en fonction des différentes sources d'apports (figure 19).

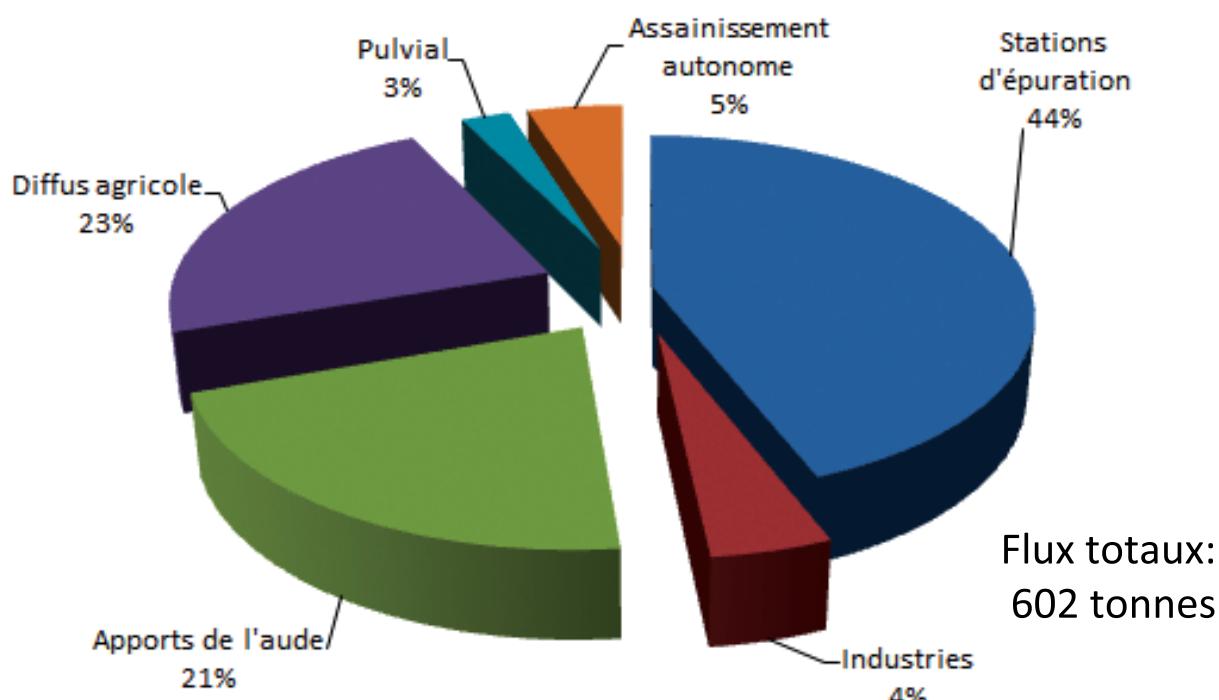


Figure 19 : Flux d'azote totaux au niveau du bassin versant en 2003 (© PNR de la Narbonnaise)

Près de la moitié des flux proviennent des stations d'épuration (44%), et 21% proviennent de l'Aude via le canal de la robine. Au vu de tels chiffres, le perfectionnement des systèmes d'assainissement collectif est devenu une priorité pour l'amélioration de l'état de l'étang vis-à-vis de l'eutrophisation. Suite à ces constatations, de nombreux aménagements ont vu le jour afin de diminuer les apports d'azote, dans

le but engagé des mesures de restauration de l'étang de Bages-Sigean. La majeure partie de ces actions a eu lieu durant le contrat d'étang pendant la période 2004-2009. Ces aménagements se regroupent en quatre catégories concernant les apports d'origine urbaine, les apports d'origine industrielle et portuaire, les apports d'origine agricole, ainsi que la restauration et la gestion des zones humides de la lagune.

1. Des aménagements en réponse à un constat inquiétant

A. Bilan sur les apports d'origine urbaine

L'amélioration la plus importante a été réalisée sur les stations d'épuration. A la fin de l'année 2009, 16 stations d'épuration du bassin versant sur 20 sont en bon état : 98% de la population du bassin versant

est raccordée à une station aux normes. Trois grands événements ont marqué cette évolution par rapport aux observations effectuées en 2001 :

- en 2003, la création d'une nouvelle station d'épuration à Narbonne a permis de mettre aux normes la ville de Narbonne, qui représentait la plus grande part des apports en azote et phosphore,
- en 2005, la station de Port-la-Nouvelle a été mise aux normes. Elle représentait la deuxième plus grosse station du bassin versant,
- en 2009, trois projets importants ont été finalisés : le raccordement de la station de la Nautique puis celui de la station de Bages, et enfin la mise en route de la nouvelle station d'épuration de Sigean.

Ces aménagements ont eu un impact remarquable sur les flux d'azote et de phosphore rejetés dans l'étang (figures 20 et 21).

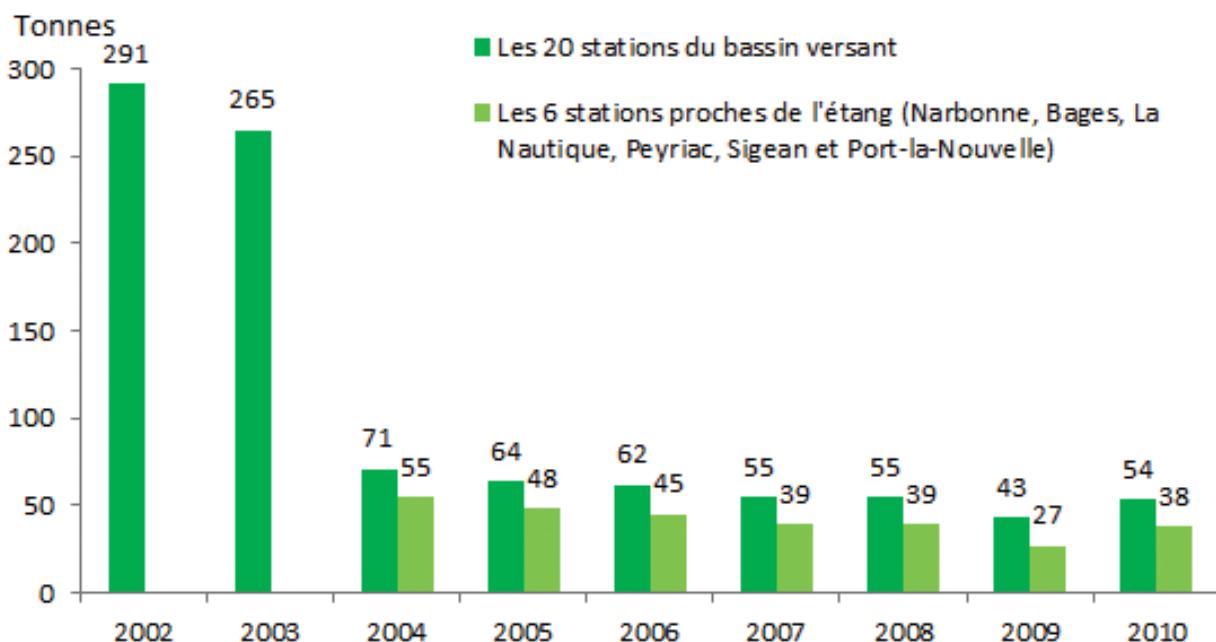


Figure 20 : Evolution des flux d'azote (en tonnes) entre 2002 et 2010 sur les stations du bassin versant et du pourtour de l'étang de Bages-Sigean (© PNR de la Narbonnaise)

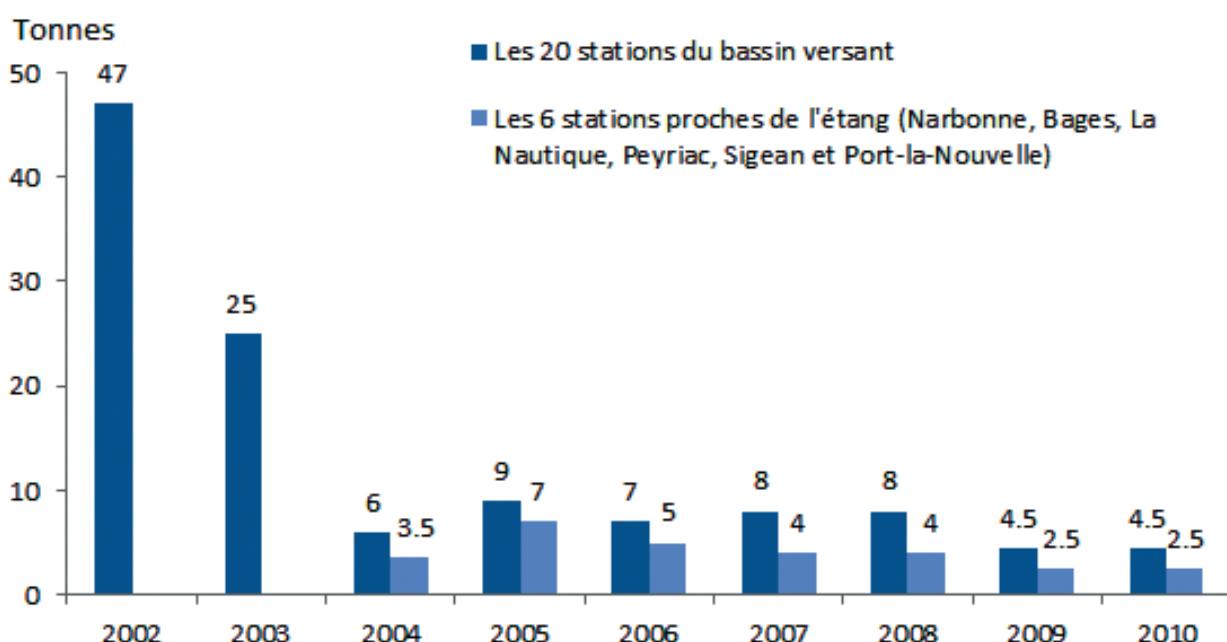


Figure 21 : Evolution des flux de phosphore (en tonnes) entre 2002 et 2010 sur les stations du bassin versant et du pourtour de l'étang de Bages-Sigean (© PNR de la Narbonnaise)

Entre 2002 et 2009, la charge organique ainsi que les flux d'azote et de phosphore ont chuté d'un facteur 10 (soit environ 90%) sur les stations du bassin versant. Ces diminutions sont d'autant plus impressionnantes qu'entre 1997 et 2007, la population a augmentée d'environ 11% sur les communes du bassin versant. Les diminutions observées sont en relation directe avec les aménagements réalisés sur les stations d'épuration (ces aménagements ont été opérationnels en milieu ou fin d'année).

Cependant, les flux et les débits en azote et phosphore apportés à l'étang de Bages-Sigean entre 2009 et 2010 par les 4 stations bordant l'étang de Bages-Sigean (Peyriac, Port-la-Nouvelle, Sigean et Narbonne) sont en augmentation. L'augmentation des débits est de 13% entre 2009 et 2010 : les apports en phosphore ont augmenté de 10% et les apports en azote ont augmenté de 45%. La pluviosité de l'année 2010, légèrement plus humide que l'année 2009 (550 mm contre 500 mm) ne permet pas d'expliquer ce surplus de débit mesuré ni l'augmentation des charges en azote et phosphore. De manière plus précises, ce sont les flux d'azote engendrés par les stations d'épuration de Narbonne et Port-la-Nouvelle qui présentent la plus grande augmentation (ils ont quasiment doublé). Au contraire, du fait de la mise en service de la station de Sigean courant 2009, celle-ci affiche une réduction importante de ces flux d'azote et phosphore en 2010. L'origine de cette augmentation des flux reste à déterminer. Cela pourrait être dû au vieillissement de certains ouvrages, à des problèmes de gestion et d'entretien, une augmentation trop importante de la charge raccordée ou encore des problèmes de réseaux en amont.

Malgré les améliorations, il apparaît donc nécessaire de maintenir une surveillance régulière de ces stations d'épuration. Dans cette optique, une forte augmentation de l'autosurveillance des stations a été imposée par la réglementation. Ces suivis permettent de contrôler les ouvrages, tout en améliorant la gestion des stations au quotidien.

Entre 2004 et 2009, les schémas directeurs d'assainissement se sont généralisés sur l'ensemble du bassin versant. A la fin de l'année 2009, 21 des

22 communes du bassin versant disposaient d'un schéma directeur récent (la commune de Fraïsse des Corbières a engagé tardivement la démarche). Par ailleurs, le schéma directeur d'assainissement de la Ville de Narbonne a été récemment actualisé par l'agglomération du Grand Narbonne.

Des travaux d'entretien et de renouvellement de réseaux ont été réalisés ou se poursuivent sur plusieurs communes, dont en particulier Narbonne, Port-la-Nouvelle et Sigean. Un important programme de réhabilitation est lancé depuis 2010 (pour une durée de 5 ans) sur les réseaux de Narbonne, suite à l'actualisation du Schéma Directeur. Des bassins tampon ont été créés sur certaines communes à l'entrée des stations d'épuration afin de limiter l'effet négatif des entrées d'eaux parasites et augmenter la capacité hydraulique de leurs réseaux (c'est le cas de Sigean et Montredon).

Un effort particulier a été engagé par la communauté du Grand Narbonne sur l'ensemble de son territoire afin de limiter l'impact des points de déversements sur le milieu naturel. Un diagnostic complet de chaque point a été réalisé et des campagnes de mesures ont été organisées afin de mettre en place des dispositifs d'autosurveillance au niveau des déversoirs d'orages (mis en place en 2010).

Le traitement et le stockage des boues des stations d'épuration ont aussi été améliorées. Souvent les stockages des boues étaient pratiqués de façon non réglementaire, ou le plan d'épandage n'était pas respecté ou validé (notamment pour la station de Sigean). La mise en place d'une usine de compostage (Bioterra) a été une solution adoptée par 8 des 20 communes du bassin versant (cependant le compostage reste coûteux, notamment pour les petites communes du bassin versant de la Berre). Les boues stockées à Sigean sont donc maintenant envoyées sur la plateforme Bioterra. A Portel, une station neuve de type « phragmifiltre » a été mise en place et ne produit désormais plus qu'une quantité très faible de boues, qui devraient être facilement valorisées en épandage agricole. Cependant, même si des efforts ont été faits, le traitement et le stockage des boues restent encore aujourd'hui insuffisants sur beaucoup de communes du bassin versant.

Entre 2004 et 2009, des actions ont été entreprises afin d'améliorer l'assainissement autonome. L'enjeu vis-à-vis des milieux lagunaires est non négligeable, car si ces dispositifs sont mal conçus ou mal entretenus, ils peuvent constituer une source de pollution diffuse importante (estimée en 2005 à 30 tonnes d'azote et 8 tonnes de phosphore par an) et un risque de contamination microbiologique des gisements de coquillages.

Au nord du bassin versant, des zonages ont été réalisés sur toutes les communes du territoire du Grand Narbonne et 1500 installations en assainissement autonome ont été répertoriées (76 études pour la mise aux normes ont été initiées et 35 ont été réalisées). Au sud du bassin versant, seule la commune de Port-la-Nouvelle a réalisé une étude portant sur l'assainissement non collectif. Sur les 29 installations identifiées (études parcellaires), aucune ne présentait de dysfonctionnement majeur.

La dernière partie des apports d'origine urbaine concerne les eaux pluviales. Ces ruissellements urbains génèrent plusieurs types d'apports qui se déversent directement dans le milieu naturel. Ils



Travaux sur les réseaux d'eaux usées
(© www.legrandnarbonne.com)

constituent la part principale des sources de matières organiques (MO) et de matières en suspension (MES) dans les étangs. Les eaux pluviales urbaines draînent également des quantités importantes d'hydrocarbures (environ 30 tonnes/an) qui ont une toxicité sur la faune et la flore lagunaire. De plus, elles peuvent être responsables de pollutions microbiologiques qui se concentrent dans les coquillages.

Sur la commune de Narbonne, l'actualisation du schéma directeur d'assainissement en 2009 par le Grand Narbonne a été l'occasion de réaliser un diagnostic partiel du réseau pluvial de la ville. En 2010, des travaux de modification des réseaux unitaires en réseaux séparatifs ont permis une amélioration du réseau pluvial de Narbonne. De plus, un travail de réhabilitation des réseaux pluviaux est prévu durant les 5 ans à venir sur cette commune. A Port-la-Nouvelle malgré qu'une partie du réseau pluvial a déjà été refaite, beaucoup de ces réseaux dysfonctionnent et la quasi-totalité des ruissellements urbains se déverse dans le chenal portuaire, directement en communication avec le sud de l'étang de Bages-Sigean. Des ouvrages de traitement des eaux pluviales ont déjà été mis en place, mais essentiellement sur des zones industrielles. Sur l'ensemble du bassin versant, les surfaces urbaines traitées restent probablement très faibles voire encore inconnues à ce jour.

Le contrat pour les étangs du Narbonnais a agi comme un catalyseur. La maîtrise et surtout la diminution des apports d'origine urbaine avaient déjà été identifiées comme un des objectifs prioritaire du contrat. Concernant l'assainissement collectif, qui était ciblé comme le « gros point noir » de l'étang de Bages-Sigean, les travaux réalisés ont engendré une diminution spectaculaire des flux d'azote et de phosphore.

A l'heure actuelle, 98% de la population du bassin versant est raccordé à une station d'épuration aux normes. Cependant, on observe que sur le sud du bassin versant, la compétence assainissement n'est pas encore structurée à l'échelle intercommunale. De plus, l'état des réseaux de collecte des eaux usées reste globalement médiocre sur l'ensemble du bassin versant.

La destination et la gestion des boues ont été régularisées sur la majeure partie des communes du bassin versant, même si l'extraction des boues reste insuffisante pour certaines communes, ce qui peut nuire au bon fonctionnement général des stations d'épuration. Concernant l'assainissement autonome, des Services Publics d'Assainissement Non Collectif (SPANC) ont été mis en place sur le territoire du Grand Narbonne et de Port-la-Nouvelle. L'intercommunalité a permis d'avancer plus vite sur la partie nord du bassin versant, en opposition à la partie sud, où l'on

observe un écart important sur l'avancement de la gestion de l'assainissement autonome.

Pour finir, des diagnostics partiels du réseau pluvial ont été engagés à Narbonne concernant le traitement des eaux pluviales. Cependant, il reste encore beaucoup d'aménagement à réaliser afin d'améliorer la gestion des eaux pluviales. Devant l'ampleur des programmes de travaux nécessaires et le manque de moyens pour les réaliser, les communes rencontrent des problèmes dans l'entretien et l'exploitation de l'assainissement pluvial sur leur territoire.

B. Bilan sur les apports d'origine industrielle et portuaire

De gros investissements ont été réalisés afin de diminuer les apports d'origine industrielle et portuaire (voir chapitre précédent). L'usine COMURHEX (usine qui fabrique du combustible nucléaire) a arrêté d'utiliser l'ancien bassin de régulation qui a accumulé pendant des années des métaux et des sels nutritifs issus des rejets industriels, ce qui a diminué de façon très importante les flux polluants vers les milieux aquatiques. De plus, des résultats relatifs aux suivis de l'uranium et des activités radiologiques font l'objet d'une saisie mensuelle dans le Réseau National de Mesures Environnementales. L'usine

SLMC (Société Languedocienne Micron Couleur, usine qui fabrique des pigments à base de cadmium et de phtalocyanine de cuivre) a lancé depuis 2009, un programme de réhabilitation du site relatif à l'impact du cadmium sur les canaux. Des diagnostics de zones ainsi que l'élaboration de « Fiches Réflexes Accident » par les services de l'Etat, ont permis d'améliorer la « conformité » et les mesures de précaution prises par ces entreprises. Cependant, la récurrence des accidents engendrée par la COMURHEX entre 2004 et 2009 pose le problème de son impact sur le milieu environnant (Tableau 1).

Tableau 1 : Flux annuels de pollution directe d'origine industrielle de 2003 à 2009 sur l'étang de Bages-Sigean
(© entreprises industrielles, © Sita Sud, © PNR de la Narbonnaise)

		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Flux industriels contrôlés	Azote (t)	26	26	14	11	5	12	7
	Métaux (kg)	152	41	67	80	11.5	9.5	<3.4
	dont cadmium (kg)	9	5	6	4	2	<0.1	<0.1
	Uranium (kg)	170	277	178	355	108	29	19
Nombre d'accidents connus		1	3	0	3	1	1	3
Flux accidentels estimés	Azote (t)	3	20		40			
	Métaux (kg)	NC	NC		NC			
	Pesticides (L)		± 500		NC			NC
	Hydrocarbures		NC		NC	NC		
	Matière organique (m³)						160	20
	Composé halogéné (t)							1.2

Concernant les rejets portuaires, les quais du port industrialo-commercial de Port-la-Nouvelle ont été réhabilités à 100% (collecte et traitement des eaux pluviales avec un investissement total de l'ordre de 35

millions d'euros). Cependant, il existe toujours un manque de lisibilité sur le bon fonctionnement des équipements des ports de plaisance.

C. Bilan sur les apports d'origine agricole

Concernant les apports d'origine agricole, de nombreuses améliorations ont vu le jour (voir le chapitre précédent pour plus de détails) :

- 97 exploitations ont engagé des démarches de conduite raisonnée et Bio en 2009 (Tableau 2). Cependant, une multiplication des démarches raisonnées avec des cahiers des charges différents augmente les difficultés de mise en place de suivis et d'accès à l'information.
- la création d'un réseau collectif d'aires de remplissage sécurisées viticole et de traitement des effluents dans le sud du territoire (regroupant 150 viticulteurs) et beaucoup de volonté de projets communaux. Cependant, malgré cette forte volonté, il est nécessaire d'augmenter le nombre de structures opérationnelles. De plus, depuis 2009, la mise en place à l'échelle départementale d'une mission « Pesticides » afin de recenser et d'appuyer le montage d'opérations pour répondre à la problématique « pesticides »,

- des campagnes d'informations et de sensibilisation avec la profession,
- au niveau des déchets phytosanitaires agricoles, la majeure partie du gisement d'Arsenite de soude est aujourd'hui éliminé, mais il existe encore de grandes quantités d'EVPP (Emballages Vides de Produits Phytosanitaires) et PPNU (Produits Phytosanitaires Non Utilisables) à collecter,
- au niveau des rejets vinicoles, le programme d'équipements et de sécurisation des caves coopératives est achevé à quasiment 100%. Cependant, il subsiste toujours des rejets accidentels, et une vigilance est à maintenir sur les sites de caves et distilleries coopératives. De plus, il n'existe pour le moment aucune aire conforme de lavage de machines à vendanger et les projets peinent à démarrer par défaut d'encadrement et de bonne conception.

Tableau 2 : Nombre d'exploitation agricole biologique ou en conduite raisonnée entre 2004 et 2009
(données issus des chambres d'agriculture et des caves coopératives)

	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Nombre d'exploitations en conduite raisonnée	18	21	109	46 A	46 A	39 A
Surface en hectares	470	546		Données non disponibles		
Nombre d'exploitations en Agriculture Bio ou Conversion						32 B 23 C
Surface en hectares						150 B 290 C

A: démarches Terra vitis

B: Agriculteurs Bio

C: Agriculteurs en conversion Bio (estimation)

D. Bilan sur la restauration et la gestion des zones humides périphériques

L'état des lieux du contrat d'étang de 2004-2009 avait mis en évidence à la fois un manque d'information sur la situation des marais dans le secteur du narbonnais, des problèmes de dégradation sur plusieurs sites, l'absence d'orientations précises pour la gestion et

un manque de moyens techniques et financiers pour assurer l'entretien de ces secteurs. Le document d'objectifs Natura 2000 (DOCOB) a permis d'établir une cartographie précise des habitats naturels et des habitats d'oiseaux. Des groupes de travail ont aussi été



Vue de l'île de Sainte Lucie depuis l'île de l'Aute (© PNR de la Narbonnaise)

créés avec l'aide des gestionnaires locaux (associations, collectivités, Conservatoire du Littoral,...). Leurs objectifs étaient d'identifier les entités géographiques sur lesquelles il existe des enjeux de gestion.

Cette base de données est réactualisée chaque année et permet d'affiner le choix des objectifs de gestion sur chaque site, en concertation avec les acteurs locaux pour aboutir à des actions concrètes (cela a notamment permis d'identifier 8 entités géographiques regroupant 27 sites). Les efforts de gestion ont progressé sur plusieurs sites importants, mais la situation des marais reste hétérogène. On peut par exemple constater que sur les marais du Narbonnais, qui se situent à l'est de l'étang de Bages-Sigean, un plan de gestion global (allant du Grand Castélou au nord, au marais du Charlot au sud) a été lancé en 2010 par le Conservatoire du Littoral, qui est propriétaire d'une partie des marais du Narbonnais.

Des moyens importants ont été mis en œuvre sur l'île de Sainte-Lucie, qui est inscrite aujourd'hui comme réserve naturelle. Mais malgré ces nombreuses avancées et une mobilisation sur quelques sites en raison des forts enjeux naturalistes ou en matière

de qualité de l'eau, il reste de nombreux secteurs sur lesquels les objectifs de gestion ne sont toujours pas clairement définis et les moyens sont insuffisants pour entretenir et gérer correctement les marais.

En 2005, un groupe de travail portant sur la circulation sur l'étang de Bages-Sigean a été créé : 10 points noirs ont été identifiés sur lesquels des actions de gestion doivent être engagées (notamment sur des conflits entre les usagers et des problèmes techniques comme la nécessité de baliser le chenal près de Port-la-Nouvelle). Cependant, seulement quelques actions ponctuelles ont été réalisées. Les anciennes tables conchyliques ont été enlevées en 2006, sous maîtrise d'ouvrage du PNR de la Narbonnaise. Une aire de camping-cars à Peyriac de Mer a été aménagée afin d'éviter le camping sauvage au bord de l'étang. De plus, un suivi de la fréquentation humaine sur l'île de la Planasse a permis de connaître l'impact réel sur les colonies d'oiseaux et de préciser les conseils à donner aux visiteurs. Un plan de gestion a aussi été lancé par le Conservatoire du Littoral sur le site de Sainte-Lucie (roselière, île et salins). Cependant, malgré des aménagements, les actions engagées restent ponctuelles et beaucoup de choses restent à faire.

2. Des aménagements, mais avec quelles conséquences sur l'écosystème de l'étang ?

Depuis le début des années 2000, de nombreux aménagements ont vu le jour sur le bassin versant de l'étang de Bages-Sigean. Le point déclencheur a été la création en 2003 d'une nouvelle station d'épuration à Narbonne, qui représentait la plus grande part des apports en azote et phosphore rejetés dans l'étang. Mais quelles conséquences ces aménagements ont-ils eu sur l'étang et les différents compartiments de l'écosystème ? Comment ont réagi les herbiers qui étaient en régression depuis les années 90 ?

Le SDAGE du bassin Rhône-Méditerranée de 2010-2015 préconise au travers de ces orientations fondamentales 1 et 2 la création de nouveaux réseaux de suivi complémentaires, avec comme objectifs la mise en œuvre du principe de non dégradation des milieux aquatiques et la prévention et les interventions à la source pour plus d'efficacité. C'est en 1997 que le premier réseau de gestionnaires des lagunes méditerranéennes voit le jour : le FIL

MED, anciennement appelé le FOGEM-LR (Forum des Observateurs et Gestionnaires des Etangs Méditerranéens, voir en annexe 4).

Mais la plus grande avancée, dans le domaine de l'eutrophisation, reste la création du Réseau de Suivi Lagunaire, le RSL, en 2000. Ce réseau dote les gestionnaires et les scientifiques d'un outil permettant de diagnostiquer l'état des milieux vis-à-vis de l'eutrophisation (voir annexe 5). C'est un brillant exemple d'une coopération entre les scientifiques et les gestionnaires. D'un point de vue appliqué, ce réseau suit depuis son commencement 4 compartiments de l'écosystème : la colonne d'eau, le phytoplancton, les sédiments et les macrophytes. Le suivi de ces différents compartiments a permis d'estimer l'état vis-à-vis de l'eutrophisation chaque année au sein de la lagune de Bages-Sigean (figure 22).

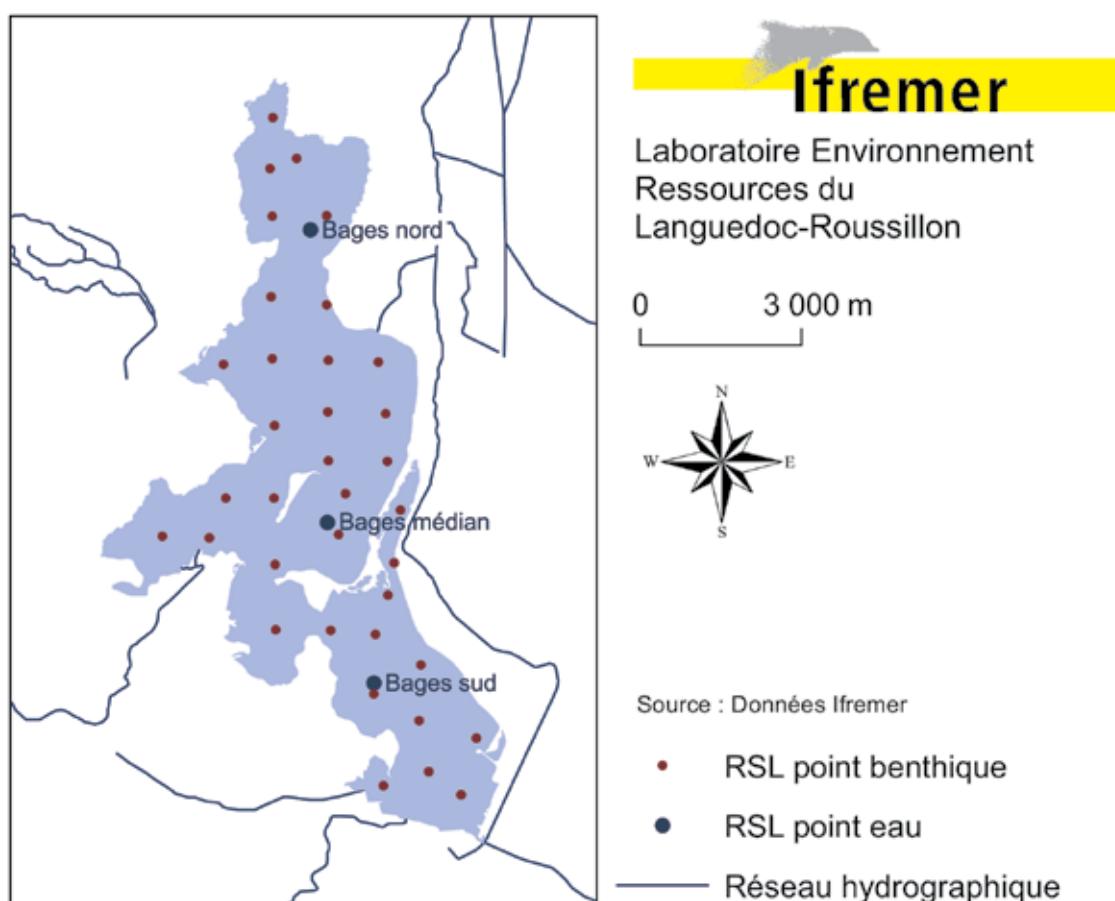


Figure 22 : Emplacement des points de prélèvement du RSL (données Ifremer 2012)

A. Evolution des teneurs en azote et phosphore total dans les différents compartiments

1. Teneurs en azote total

Comment cela a déjà été expliqué dans les parties précédentes, l'eutrophisation est l'expression d'un déséquilibre, qui est la conséquence d'un apport excessif de nutriments dans un milieu aquatique. Ces nutriments sont principalement l'azote et le phosphore.

La mesure de l'azote total, dans l'eau ou les sédiments, permet d'évaluer les teneurs en sels d'azote (NID : azote inorganique dissous) mais aussi de toutes les autres formes d'azote organique, quelles soient vivantes ou détritiques. Cela permet de prendre en

compte aussi bien l'azote consommé par l'écosystème (par la flore et la faune) que celui qui « reste » dans le système (figure 23).

La mise aux normes de la station d'épuration de Narbonne en 2003 entraîne une diminution des teneurs en azote visible à partir de 2004. Cela est valable aussi pour la mise aux normes de la station de Port-la-Nouvelle en 2005, qui permet d'observer en 2006 une diminution de presque 50% des teneurs en azote total par rapport à l'année précédente.

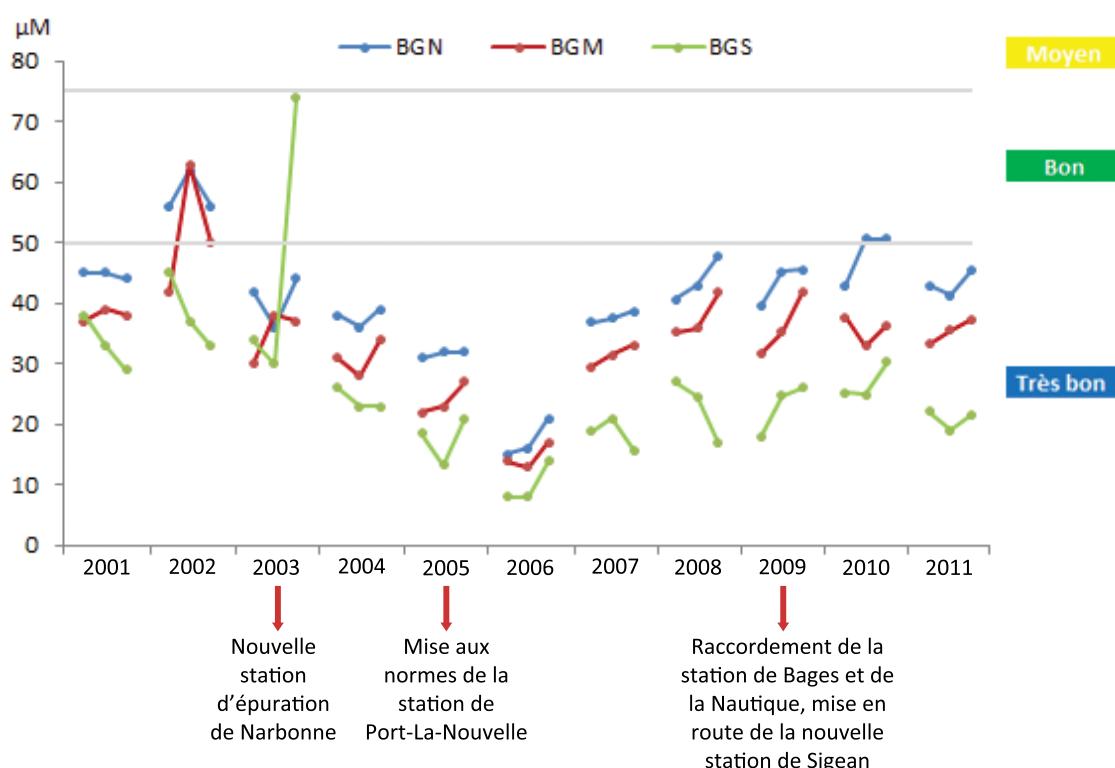


Figure 23 : Evolution des teneurs en azote total dans la colonne d'eau de l'étang de Bages-Sigean entre 2001 et 2011. Classes de qualité du RSL (Très bon, bon, moyen).

Ces valeurs observées sont en accord avec les flux d'azote totaux estimés : en 2003, les flux atteignaient 602 tonnes, alors qu'en 2009 ils atteignent 361 tonnes (figure 24), ce qui représente une diminution de 40%. De plus les stations d'épuration ne représentent plus que 12% des flux d'azote totaux apportés à l'étang (contre 44% en 2003).

Les stations d'épuration ne sont plus « le point noir » de l'étang, même si cette source n'est pas à négliger (les

flux d'azote totaux en 2010 ont augmenté de 13% par rapport à 2009, PNR de la Narbonnaise). Les priorités ont changé : le canal de la Robine devient le plus fort contributeur des apports d'azote rejetés dans la lagune, avec d'une part les apports de l'Aude, et d'autre part le diffus agricole (droits de prélèvement d'eau gratuit des agriculteurs qui n'est pas contrôlé, [Souchu et al. 2001](#)).

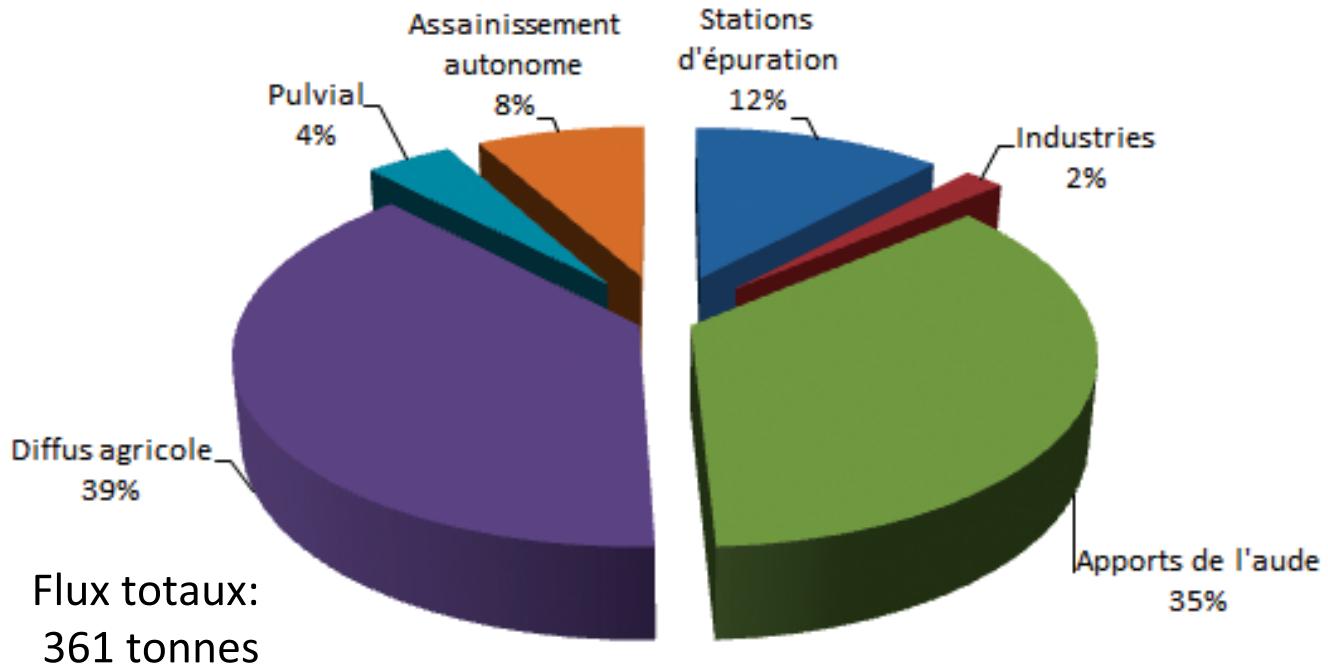


Figure 24 : Flux d'azote totaux au niveau du bassin versant en 2009 (© PNR de la Narbonnaise)

En ce qui concerne les sédiments, on n'observe pas de diminution remarquable. Les sédiments constituent un lieu de stockage/déstockage dans l'écosystème lagunaire. La matière organique est recyclée à son interface, consommant de l'oxygène et libérant des sels minéraux. Ces derniers viennent enrichir en partie le sédiment. Ce processus fait du sédiment un compartiment intégrateur des apports d'azote

et de phosphore dans le milieu. Grâce aux données récoltées durant les campagnes RSL de 2005 et 2010, des interpolations ont pu être réalisées afin de pouvoir représenter les modifications du stock d'azote entre 2005 et 2010 (figure 25).

Les données de 1999 ne peuvent être interprétées de la même façon que celle de 2005 et 2010 : les valeurs de

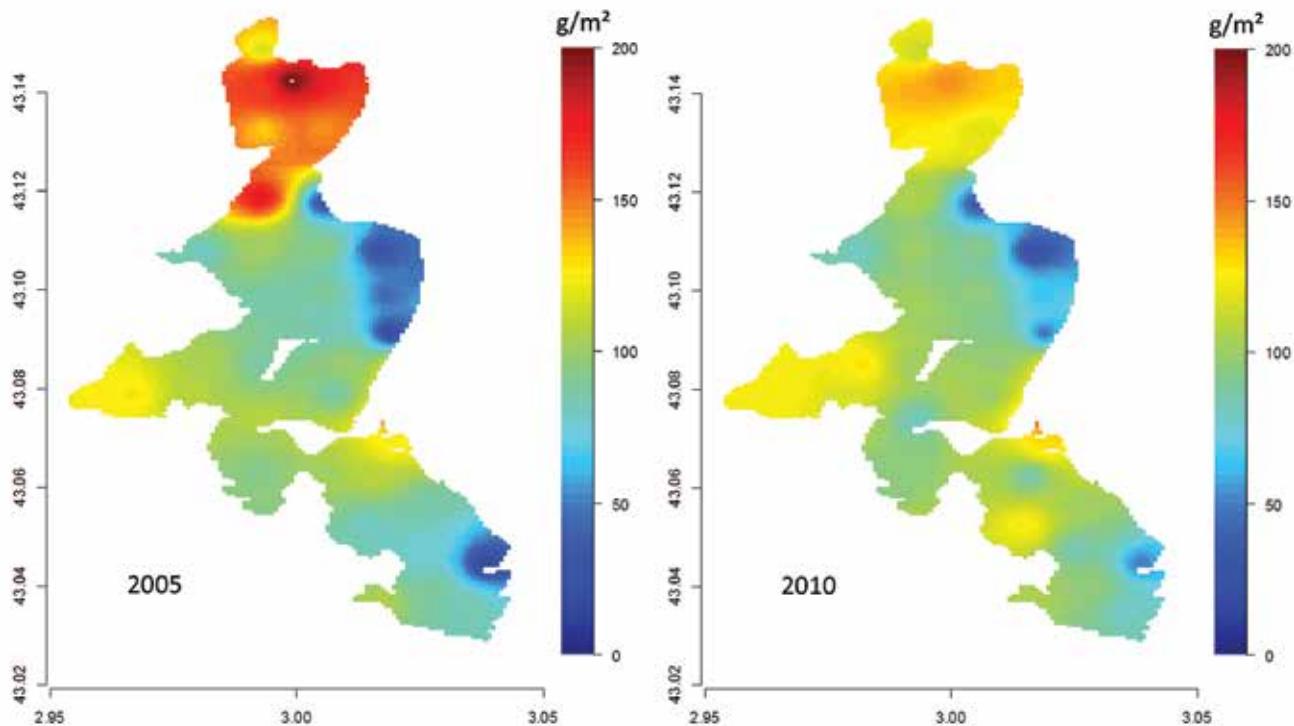


Figure 25 : Estimation du stock d'azote total sur la lagune de Bages-Sigean en 2005 et 2010
(données RSL et com.pers. V. Ouisse)

poids sec et poids frais étant absentes il a été impossible de calculer la part d'eau dans les sédiments prélevés, valeurs indispensables pour calculer les stocks. De plus ces valeurs en poids sec et poids frais ne peuvent pas être estimées par rapport à celles de 2005 car de nombreux « changements » ont eu lieu entre ces deux années (notamment l'enlèvement du barrage à vannes de Port-la-Nouvelle en 2004) ce qui ne donnerait pas une comparaison rigoureuse entre ces graphiques.

Il est important de noter que cette forme de représentation crée une interpolation entre 2 points mesurés (les points benthiques utilisés sont représentés sur la figure 22). La précision de cette représentation dépend donc du nombre de mesures effectuées sur le terrain. Les résultats que montrent ces deux graphiques sont donc à considérer avec des réserves et doivent toujours être comparés à des observations de terrain.

D'après ces interpolations, en 2010 le stock d'azote dans la partie nord de l'étang diminue par rapport à 2005 (les teneurs ne dépassent pas 150 g/m² contre 200 g/m² en 2005). Aucune tendance n'est observée sur la partie médiane de l'étang. Cependant, le stock d'azote dans la partie sud augmente entre 2005 et 2010. A l'échelle de toute la lagune le stock d'azote, estimé à partir de la somme de chaque maille du graphique, est de 3481 tonnes en 2005 et 3477,9 tonnes en 2010 (ce qui ne permet pas de parler de diminution globale du stock d'azote).

Ces teneurs en azote total permettent de classer en 2010, par rapport aux grilles du RSL, l'état de l'azote total dans la colonne d'eau et les sédiments vis-à-vis de l'eutrophisation (tableau 3), dans des états bons voire très bons pour les stations Milieu et Sud et médiocre sauf pour les échantillons des sédiments de Bages nord.

Tableau 3 : Evolution annuelles d'état vis-à-vis de l'eutrophisation de l'azote total des sédiments et de la colonne d'eau ([données RSL](#))

NT sédiment	1999	2005	2010
Bages Nord	Yellow	Green	Yellow
Bages Milieu	Orange	Green	Green
Bages Sud	Yellow	Green	Green

NT colonne d'eau	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Bages Nord	Blue	Green	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Green	Blue
Bages Milieu	Blue	Green	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Bages Sud	Blue	Blue	Green	Blue	Blue						

2. Teneurs en phosphore total

Le phosphore constitue le deuxième élément impliqué dans les processus d'eutrophisation. Les végétaux ont besoin d'orthophosphates dissous (PO₄³⁻) pour assurer leur croissance. Les cours d'eau et les eaux souterraines qui alimentent les eaux côtières sont généralement déficitaires en phosphore par rapport à l'azote inorganique dissous. Les principaux apports de phosphore sont associés à la phase particulaire, qui provient essentiellement du lessivage superficiel ou du ruissellement à l'occasion de fortes pluies. Les phosphates ont aussi tendance à s'accumuler dans les sédiments avec lesquels ils

s'associent dans des formes majoritairement minérales et particulières. Ces sédiments peuvent relarguer des quantités importantes de phosphates dans l'eau lorsque des conditions réductrices s'installent (en période estivale lorsque la température de l'eau et du sédiment augmente). Les teneurs en phosphate dans la colonne d'eau sont disponibles pour chaque année depuis 2001 grâce aux suivis du RSL (figure 26).

La construction de la station d'épuration de Narbonne en 2003 permet de faire apparaître dès l'année 2004 une diminution des teneurs en phosphore (encore plus marquée que pour l'azote total). Les

teneurs maximales observées passent d'une valeur de 7 µM en 2003 à une valeur proche de 4 µM en 2004. Ces diminutions des teneurs depuis 2004 peuvent se représenter grâce aux différents états mis en évidence lors des diagnostics du RSL (Tableau 4).

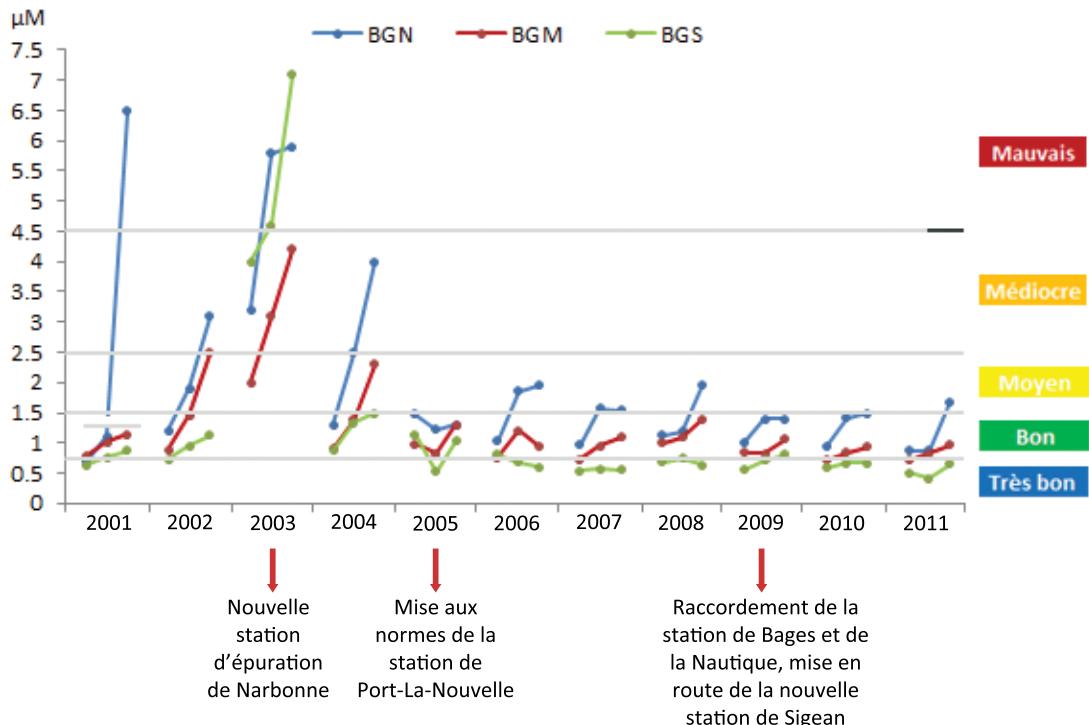


Figure 26 : Evolution des teneurs en phosphore total dans la colonne d'eau de l'étang de Bages-Sigean entre 2001 et 2011. Classes de qualité du RSL (Très bon à Mauvais)

Tableau 4 : Evolution annuelles d'état vis-à-vis de l'eutrophisation du phosphore total de la colonne d'eau entre 2001 et 2011 (données RSL)

PT colonne d'eau	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Bages Nord	rouge	jaune	rouge	jaune	vert	jaune	jaune	jaune	vert	vert	jaune
Bages Milieu	vert	jaune	jaune	jaune	vert	vert	vert	vert	vert	vert	vert
Bages Sud	vert	vert	rouge	vert	vert	bleu	bleu	bleu	bleu	bleu	bleu

Depuis 2009, les flux sont tels que le phosphore est pratiquement entièrement consommé et ne reste plus en excès dans la colonne d'eau. Les états vis-à-vis de l'eutrophisation de la colonne d'eau se stabilisent en 2010 en « bon » voire « très bon » pour Bages Sud et Milieu mais en état moyen pour le bassin nord.

Une estimation du stock de phosphore total dans les sédiments a pu être réalisée par le même procédé d'interpolation que pour le stock d'azote total dans les sédiments (figure 27).

D'après ces interpolations, les teneurs en phosphate montrent une diminution entre 2005 et 2010 (en corrélation avec les observations dans la colonne d'eau). Le secteur nord est la zone qui a subi le plus de diminution : les valeurs atteignaient près de 50 000 mg/m² en 2005, contre des valeurs maximales proches de 30 000 mg/m² en 2010.

Depuis 2005, une décroissance du stock de phosphore total est observée sur le bassin sud et médian. Ces relevés sont cohérents avec le diagnostic

des sédiments réalisé en 2010, ainsi qu'avec l'estimation du stock qui est égale à 1030,2 tonnes en 2005 et 889 tonnes en 2010. Les campagnes d'échantillonnages du RSL permet de classer ces valeurs par rapport à des seuils de qualité (tableau 5).

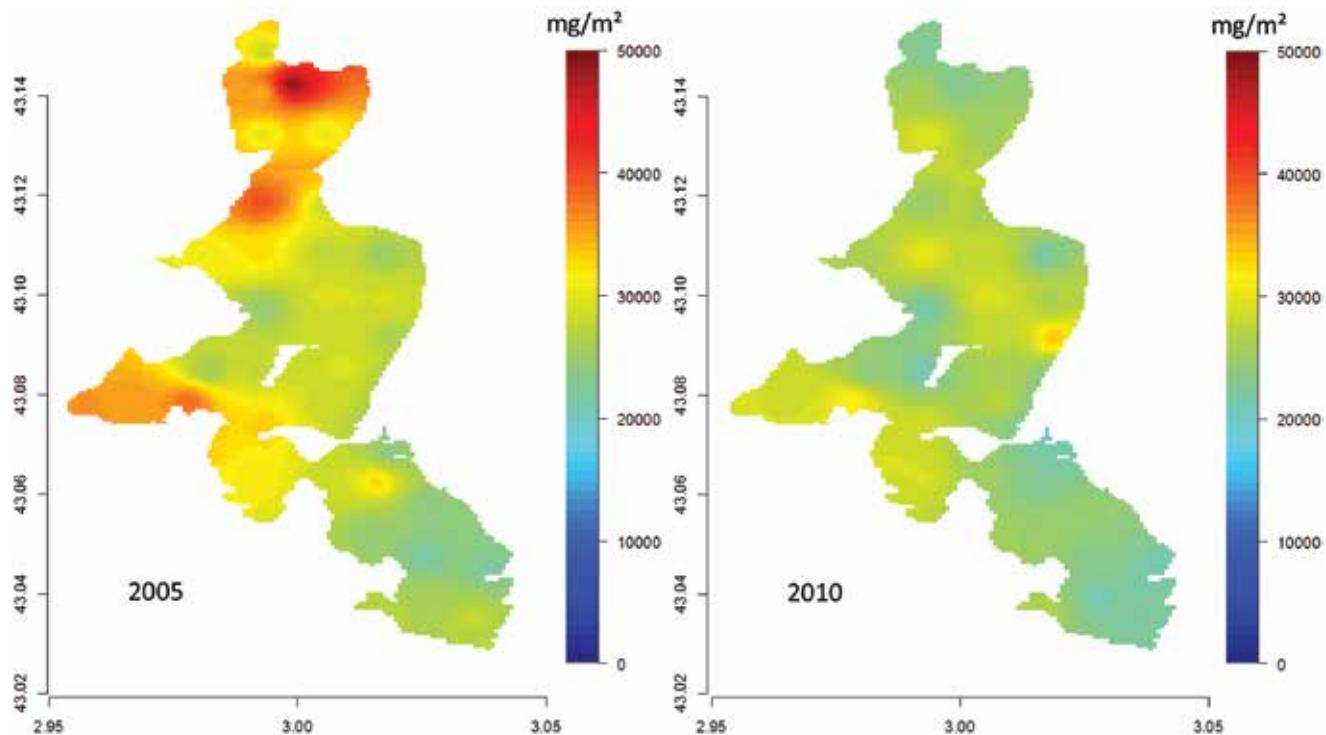


Figure 27 : Estimation du stock de phosphore total sur la lagune de Bages-Sigean en 2005 et 2010
(données RSL et com.pers. V. Ouisse)

Tableau 5 : Evolution de l'état vis-à-vis de l'eutrophisation du phosphore total dans les sédiments en 1999, 2005 et 2010 (données RSL)

PT sédiment	1999	2005	2010
Bages Nord	Yellow	Green	Yellow
Bages Milieu	Yellow	Yellow	Green
Bages Sud	Green	Green	Blue

En 2010, l'état des sédiments est qualifié de bon voire très bon pour Bages Sud et Milieu, mais en état moyen vis-à-vis de l'eutrophisation pour le secteur nord.

A partir de 2004, suite à la construction de la nouvelle station d'épuration de Narbonne en 2003, une réduction des apports en azote et phosphore est mise en évidence. Dans l'eau de l'étang, elle se traduit surtout par une forte diminution des concentrations en azote et phosphore total. En 2006, la station de Port-la-Nouvelle est mise aux normes. Enfin en 2009, le raccordement de la station de la Nautique et de Bages

à la station de Narbonne ainsi que la construction de la nouvelle station de Sigean sont mis en œuvre. Ces travaux permettent de maintenir depuis 2005 un état « bon » voire « très bon » de l'azote et du phosphore vis-à-vis de l'eutrophisation dans la colonne d'eau pour les secteurs sud et médian.

Qu'en est-il des autres paramètres comme les biomasses chlorophylliennes ou les abondances phytoplanctoniques, en étroite relation avec les teneurs d'azote et de phosphore ? Quelles influences cette évolution a-t-elle eue sur les macrophytes ?

B. Evolution des teneurs en phytoplancton et en chlorophylle-a.

Dans le cadre du suivi RSL, le paramètre retenu pour qualifier l'état du phytoplancton est son abondance. Les lagunes sont composées majoritairement de très petites cellules, et les méthodes de dénombrement par microscopie ne permettent pas d'assurer leur comptage. L'utilisation de la cytométrie en flux (CMF) permet de pallier ce problème. Cette méthode différencie les cellules picophytoplantoniques (taille cellulaire inférieure à 3 µm) et les cellules nanophytoplantoniques (taille cellulaire supérieure à 3 µm, la taille limite de cette méthode étant de 20 µm). Si l'on observe les grilles RSL du diagnostic annuel du phytoplancton, cela met en évidence que c'est le nanophytoplankton qui déclasse le plus souvent ce

compartiment. Seul ce paramètre sera donc analysé (les données du picophytoplankton sont disponibles en annexe 5).

Entre 2001 et 2004, dans la partie nord de l'étang, les apports importants en sels d'azote et en phosphore soutenaient une production primaire excessive, qui consommait la totalité des sels d'azote et laissait les phosphates en excès dans la colonne d'eau. L'évolution des teneurs en nanophytoplankton est difficilement interprétable (figure 28). Avant 2005, les concentrations en nanophytoplankton étaient associées à des concentrations en chlorophylle élevées (figure 29), elles-mêmes en relation avec les teneurs disponibles d'azote et phosphore total.

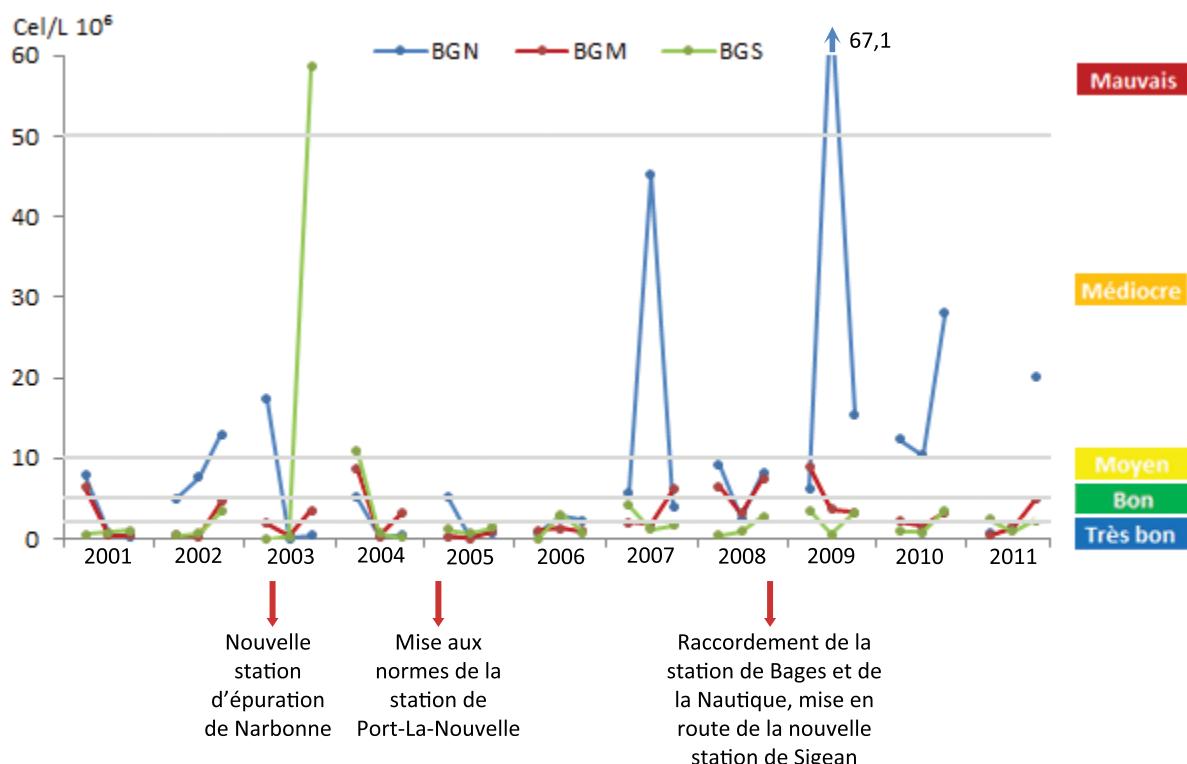


Figure 28 : Evolution des teneurs en nanophytoplankton dans la colonne d'eau de l'étang de Bages-Sigean entre 2001 et 2011. Classes de qualité RSL (Très bon à Mauvais).

La chlorophylle-a (Chl-a), constitue le pigment photosynthétique commun à tous les végétaux aquatiques. Sa mesure dans l'eau est simple, et permet de traduire la biomasse phytoplanctonique totale.

Cependant, avec la restauration de la colonne d'eau, cette cohérence n'est plus vérifiée. On observe en effet régulièrement depuis 2007 dans la partie nord, des pics d'abondance en nanophytoplankton très marqués, associés à des concentrations en chl-a inférieures

à ce qu'elles étaient avant 2005. Ces abondances de nanophytoplankton ne sont plus systématiquement en relation avec une biomasse phytoplanctonique excessive.

Des études sont actuellement en cours afin de comprendre ces observations, cependant une des hypothèses actuelles serait que l'on assiste dans ce secteur à une modification de la structure des communautés phytoplanctoniques : on est

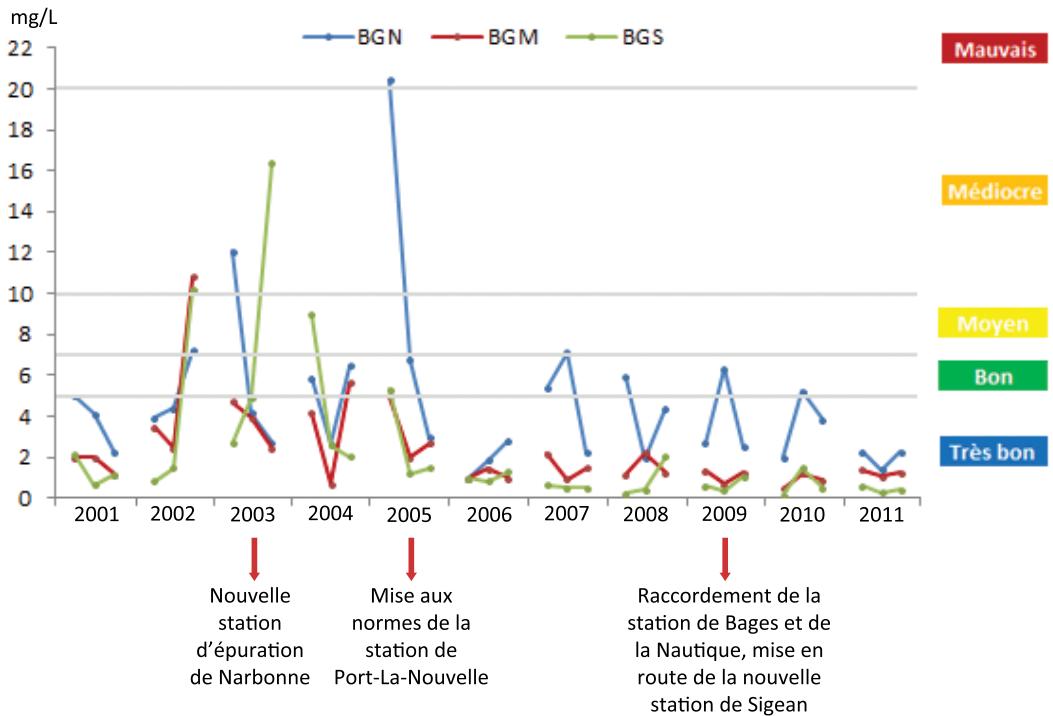


Figure 29 : Evolution des teneurs en Chl-a dans la colonne d'eau de l'étang de Bages-Sigean entre 2001 et 2011. Classes de qualité RSL (Très bon à Mauvais).

passé d'une communautés majoritairement nanophytoplanktonique de taille cellulaire comprise entre 3 et 20 µm à une communauté de taille cellulaire plus petite (cette communauté aurait pu être déjà présente antérieurement mais « masquée » par la nanophytoplankton).

C. Evolution des macrophytes.

Les macrophytes sont en relation étroite avec les apports d'azote et de phosphore dans le milieu. La prolifération d'algues vertes ou d'espèces opportunistes constitue une conséquence directe de l'eutrophisation dans les lagunes. Les proliférations phytoplanctoniques sont étroitement liées à l'augmentation des nutriments pouvant limiter le développement des macrophytes en diminuant la pénétration de la lumière et via une compétition nutritive entre les macroalgues et les communautés phytoplanctoniques.

Le diagnostic du bassin nord de l'étang de Bages-Sigean en 1999 met en évidence une dégradation importante de ce secteur vis-à-vis du compartiment macrophytes (figure 30). Les phanérogames qui ont disparu depuis le début des années 90, ont été remplacées par des algues rouges qui peuvent parfois être étouffées par la prolifération d'algues vertes filamentueuses. Des « taches de zostères » peuvent apparaître certaines

Il est donc difficile d'interpréter, dans le cas du secteur nord, les abondances excessives en nanophytoplankton comme étant une dégradation de ce compartiment vis-à-vis de l'eutrophisation.

années, mais ces herbiers ne peuvent se développer de façon durable du fait de la prolifération plus ou moins massive d'espèces opportunistes. Cet état qualifié de « médiocre » vis-à-vis de l'eutrophisation, selon la grille RSL, va perdurer jusqu'en 2002, où cette année encore le bassin nord est peuplé exclusivement d'algues vertes et rouges. En 2005, la présence d'herbiers sur la rive nord-est de l'étang permet de conférer une qualité « moyenne » vis-à-vis de l'eutrophisation. Le diagnostic de 2007 montre une amélioration du compartiment macrophytes. L'extrême nord de la lagune de Bages-Sigean est en partie recolonisée par les macrophytes et on observe la présence d'herbiers à *Zostera noltii* et *Zostera marina* sur 4 des 11 stations de ce bassin. Cette tendance se confirme lors du diagnostic de 2010, où les herbiers à *Zostera noltii* et *Zostera marina*, présents uniquement sous forme de taches éparses en 2007, représentent un recouvrement moyen de 28%.

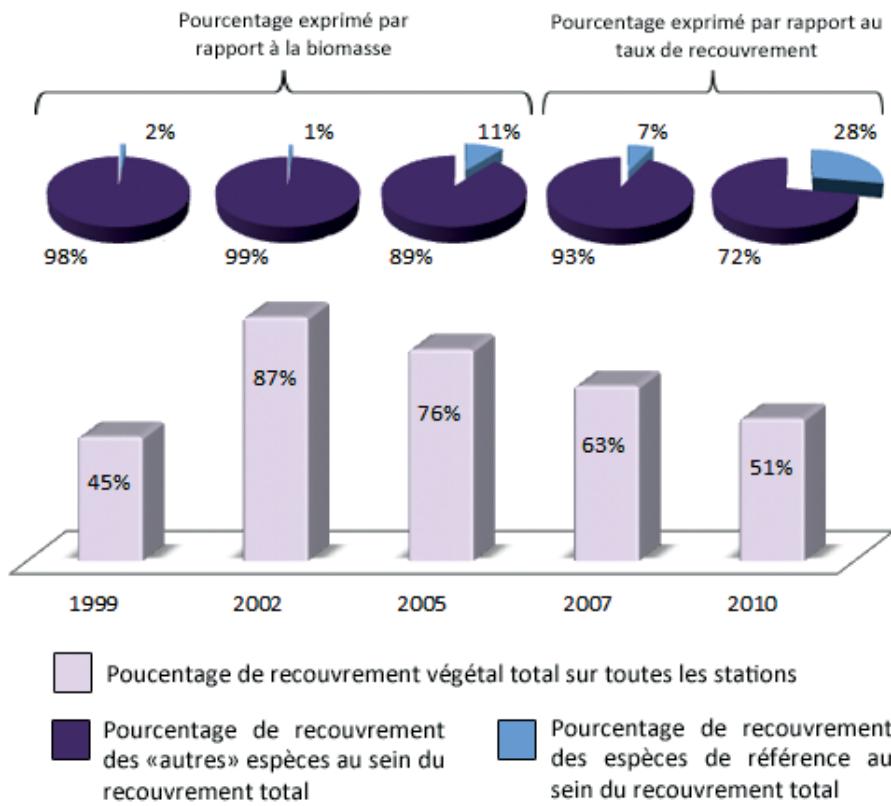


Figure 30 : Recouvrement végétal total et pourcentage de recouvrement relatif des différents groupes de macrophytes dans le bassin nord de l'étang de Bages-Sigean ([données RSL](#))

Le secteur médian de l'étang de Bages-Sigean montre une amélioration en 1999, par rapport à la fin des années 90 (figure 31).

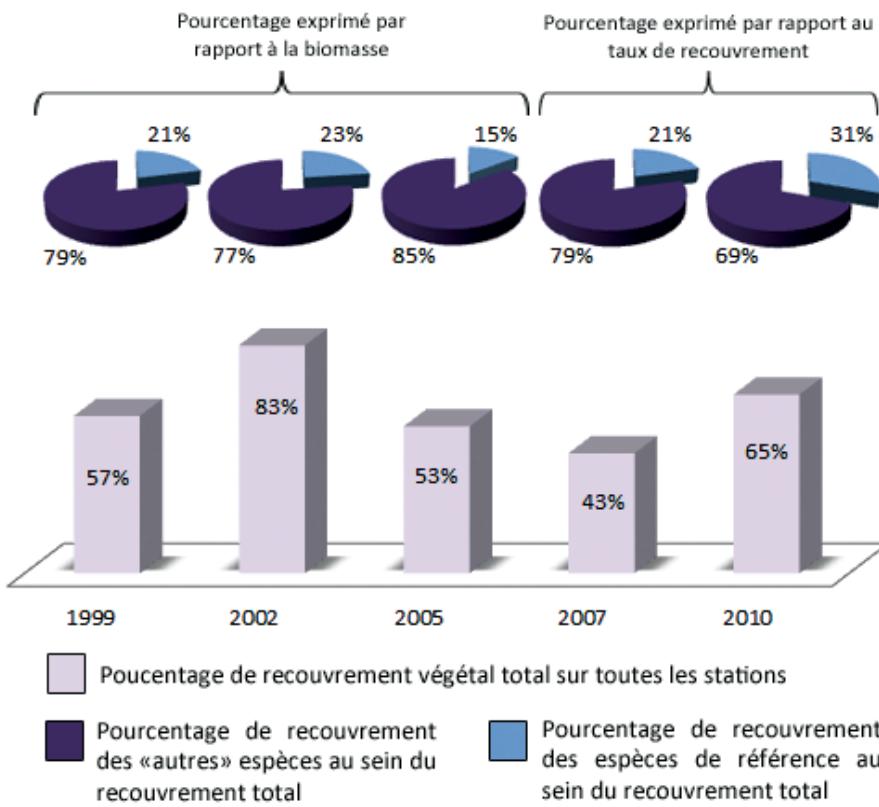


Figure 31 : Recouvrement végétal total et pourcentage de recouvrement relatif des différents groupes de macrophytes dans le bassin médian de l'étang de Bages-Sigean ([données RSL](#))

Ce secteur colonisé dans les années 90 par des algues rouges et vertes associées à une biomasse d'herbiers très faible, montre des améliorations : les algues vertes semblent avoir régressées au profit des algues rouges (qui restent cependant dominantes) et d'herbiers à zostères (avec un recouvrement moyen de 21%). Ce secteur semble se stabiliser les années suivantes avec toujours une dominance des espèces opportunistes. La tendance à l'augmentation du taux de recouvrement des espèces de référence observée en 2002 n'est pas confirmée en 2005. On voit apparaître un gradient de recouvrement des espèces de référence décroissant de l'ouest vers l'est et du sud vers le nord : sur la rive est et dans la zone centrale, aucune espèce de référence n'est répertoriée. En 2010, le peuplement n'a guère évolué par rapport au diagnostic de 2007, si ce n'est que l'herbier s'est encore densifié aux stations sur lesquelles il était déjà présent.

Au niveau du secteur sud, dont les fonds étaient dans les années 90 quasi recouverts par des herbiers à zostères, le diagnostic de 1999 révèle que même si les zostères restent les espèces dominantes de ce secteur, elles sont périodiquement associées à de nombreuses algues vertes, principalement des ulves (figure 32). La croissance de ces algues opportunistes est favorisée

à la fois par les apports trophiques du canal de la Robine (qui se jette dans la partie sud au niveau du grau de Port-la-Nouvelle) et par les rejets de Port-la-Nouvelle. En 2002, ces proliférations d'ulves sont encore plus marquées sur les stations situées près de la zone d'influence de la Robine et de la ville de Port-la-Nouvelle. Malgré cela, une augmentation des herbiers dans la zone sud, la plus éloignée des entrées marines, permet de faire passer ce secteur de l'étang d'un état « moyen » en 1999 à un « bon état » vis-à-vis de l'eutrophisation en 2002. En 2003, une malaïgue a lieu dans le secteur sud de l'étang. Ce phénomène est un fait marquant dans l'évolution du compartiment des macrophytes. Malgré la prédominance des algues vertes opportunistes et des algues rouges dérivantes à l'ouest de ce secteur, l'état vis-à-vis de l'eutrophisation reste « bon » en 2005. En 2007, ce secteur est à la limite du seuil « bon-moyen » mais reste dans un état « bon ». Depuis 2003, le taux de recouvrement des espèces de référence diminue au profit des algues vertes. Cependant, en 2010 une recolonisation du secteur le plus profond du bassin par un herbier mixte permet d'atteindre un taux de recouvrement des espèces de référence de 65% (avec 6 espèces de référence sur les 10 inventoriées).

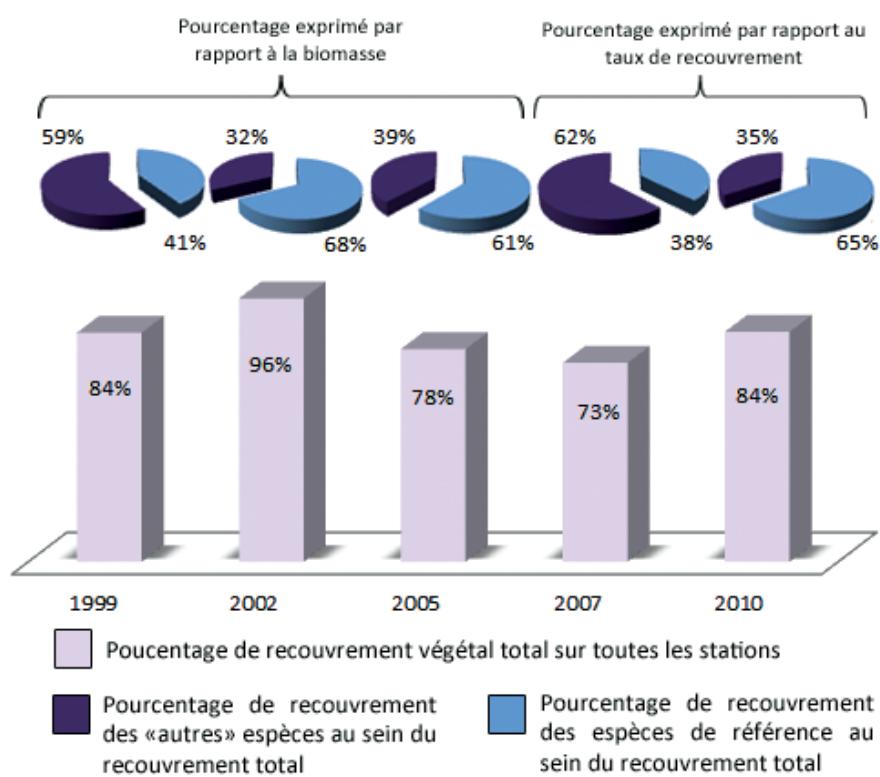


Figure 32 : Recouvrement végétal total et pourcentage de recouvrement relatif des différents groupes de macrophytes dans le bassin sud de l'étang de Bages-Sigean ([données RSL](#))

3. Un état général vis-à-vis de l'eutrophisation

Depuis 2003, les apports en azote et phosphore issus des stations du pourtour de l'étang ont été réduits d'un facteur 1000. Les suivis annuels réalisés dans le cadre du RSL ont montré que ces aménagements ont permis depuis 2005 la restauration de la colonne d'eau des secteurs nord et médian. Cette réduction a favorisé la reprise des herbiers à *Zostera noltii* et *Zostera marina* dans les secteurs où ils avaient quasiment disparu et leur densification dans les secteurs où ils étaient déjà présents.

De plus, cette diminution des apports a permis la restauration de l'état vis-à-vis du stock de phosphore.

La diminution des intrants et l'augmentation « du piégeage » de l'azote et du phosphore dans une biomasse de végétaux beaucoup plus importante chaque année, ont inversé le flux de phosphore à l'interface eau/sédiment : d'une tendance à stocker les apports excessifs en phosphore dans le sédiment, le système est passé à une tendance à déstocker le phosphore du sédiment vers les macrophytes et le phytoplancton. Parallèlement à ces diminutions des teneurs en azote et phosphore, une augmentation de la matière organique présente dans les sédiments de l'étang de Bages-Sigean a été mise en évidence entre 2005 et 2010 (figure 33).

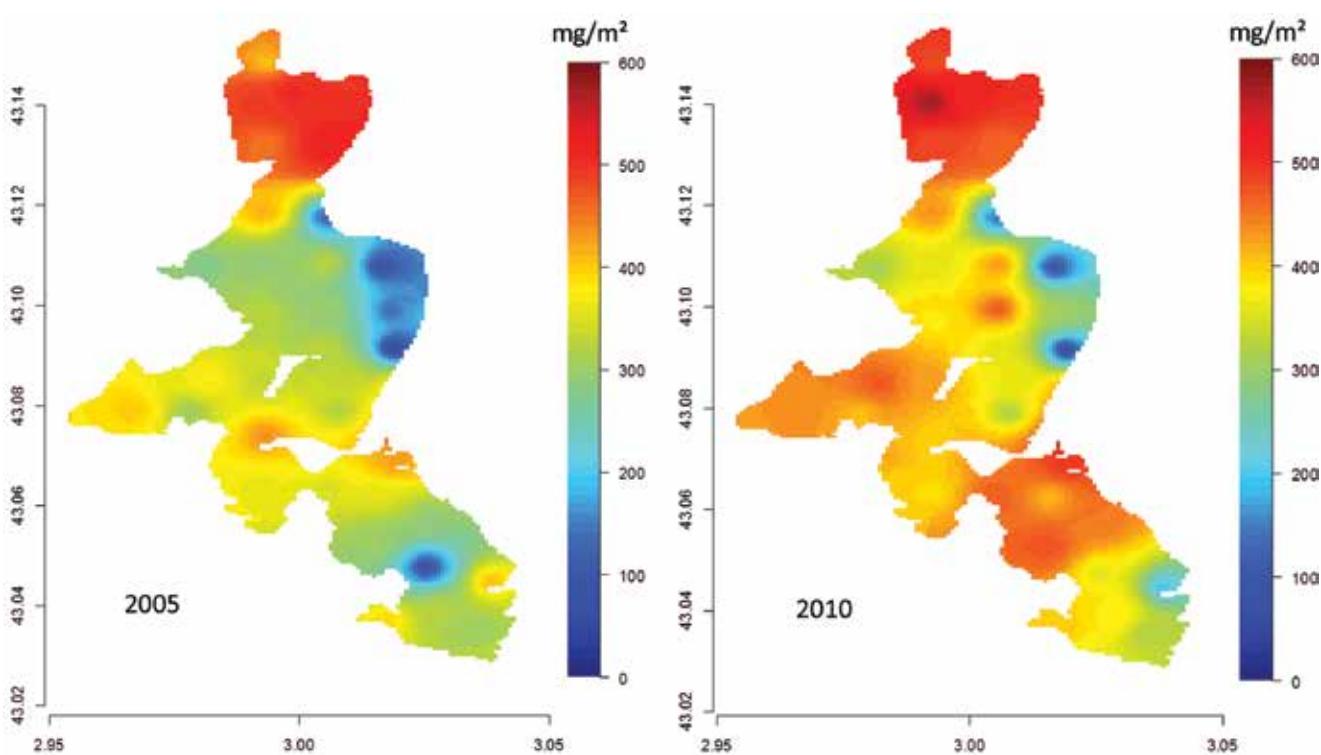


Figure 33 : Estimation du stock de matière organique sur la lagune de Bages-Sigean en 2005 et 2010
(données RSL et com.pers Vincent Ouisse, Méthode d'interpolation indique à la figure 25 et 27)

Cependant, cet enrichissement en matière organique n'est pas forcément synonyme d'une dégradation de l'état du sédiment vis-à-vis de l'eutrophisation. En effet, on observe des augmentations de matières organiques dans d'autres lagunes du Languedoc-Roussillon, dont des lagunes en très bon état vis-à-vis de l'eutrophisation, comme la lagune de la Palme. Une étude est en cours à l'Ifremer de Sète afin de statuer sur la pertinence de certains indicateurs du RSL (il serait d'ailleurs question de considérer la matière organique

comme un paramètre de soutien pour qualifier l'état des sédiments et de ne plus le prendre en compte dans le classement de la qualité des sédiments). Au cours du dernier diagnostic complet en 2010, les trois secteurs de la lagune de Bages-Sigean affichent un état global identique à ce qu'il était en 2005 : « médiocre pour Bages nord, « moyen » pour Bages milieu et « bon » pour Bages sud (tableau 6).

Toutefois, l'état « médiocre » vis-à-vis de l'eutrophisation du secteur nord est à relativiser

Tableau 6 : Diagnostics complets de 1999, 2005 et 2010 de l'ensemble des compartiments pour les trois secteurs de la lagune de Bages-Sigean (données RSL)

		Bages nord			Bages médian			Bages sud		
		1999	2005	2010	1999	2005	2010	1999	2005	2010
Paramètres déterminants	Etat phytoplancton	[Orange]	[Jaune]	[Orange]	[Orange]	[Jaune]	[Vert]	[Bleu]	[Bleu]	[Vert]
	Etat macrophytes	[Orange]	[Jaune]	[Jaune]	[Jaune]	[Jaune]	[Jaune]	[Jaune]	[Vert]	[Vert]
	Etat phosphore sédiment	[Jaune]	[Orange]	[Orange]	[Jaune]	[Jaune]	[Jaune]	[Vert]	[Jaune]	[Orange]
Paramètres informatifs	Etat sédiment	[Jaune]	[Orange]	[Orange]	[Jaune]	[Jaune]	[Jaune]	[Vert]	[Jaune]	[Orange]
	Proliférations de cascais	[Blanc]	[Blanc]	[Blanc]	[Blanc]	[Blanc]	[Blanc]	[Blanc]	[Blanc]	[Blanc]
	Etat général eutrophisation	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Orange]	[Jaune]	[Jaune]	[Jaune]	[Jaune]	[Vert]

car il est imposé par l'état du compartiment « phytoplancton ». Or comme cela a été dit précédemment, on assiste à des pics d'abondance phytoplanctoniques « décalés » par rapport à des biomasses phytoplanctoniques (mises en évidence par des teneurs en chlorophylle-a), qui pourraient

être dus à une modification de la structure des communautés phytoplanctoniques. Des études sur la composition du phytoplancton sont menées pour permettre de mieux connaître la dynamique et l'évolution des communautés de phytoplancton dans les lagunes en restauration.



Sud de l'étang de Bages Sigean (© PNR de la Narbonnaise)

III. Le programme de surveillance de la DCE

La mise en œuvre de réseaux tels que le ROCCH ou encore le RSL a permis de développer un bon nombre de méthodes, d'outils, de réseaux ou de concepts liés à la surveillance de l'espace littoral méditerranéen. L'article 8 de la Directive Cadre sur l'Eau requiert que soient établis des programmes de surveillance de l'état des eaux afin de dresser « un tableau cohérent et complet » de chaque district hydrographique ([Andral & Sargian 2009](#)). Afin de répondre à cette demande, un programme de surveillance des eaux côtières et des eaux de transition est établi et défini dans le cadre de l'élaboration des Schémas Directeurs des Données sur l'Eau (SDDE, voir annexe 6). Ce programme évalue l'intégrité des masses d'eau en se basant sur l'état biologique et de l'état chimique de chaque entité.

La partie chimique se base sur les méthodologies du ROCCH et du RIMBIO, mais impose d'évaluer les concentrations dans l'eau des différents contaminants en fonction des seuils NQE.

La partie d'évaluation d'état biologique se base sur la méthodologie du RSL et les indicateurs utilisés sont

pour la plupart identique à ceux utilisés dans le cadre de ce réseau. Cependant, certains paramètres peuvent différer entre les indicateurs RSL et DCE. L'évaluation de l'intégrité biologique des masses d'eau peut donc être légèrement différente que celle données par le RSL pour un même paramètre.

La DCE s'opère sur une durée d'un plan de gestion, c'est-à-dire 6 ans. La restitution des données est donc effectuée tous les 6 ans contrairement à celle des autres réseaux qui se déroule tous les ans. Ces autres réseaux peuvent donc apporter des informations supplémentaires pour suivre les mesures de gestion sur des échelles de temps plus rapprochées.

Il est tout de même important de noter qu'actuellement, la grille d'évaluation de la colonne d'eau DCE est en cours de construction.

Les résultats de la dernière campagne DCE (en 2009) sur la lagune de Bages-Sigean montrent un état moyen « moyen » de cette masse d'eau en raison du déclassement par les macrophytes (tableau 7, 8 et figure 34).

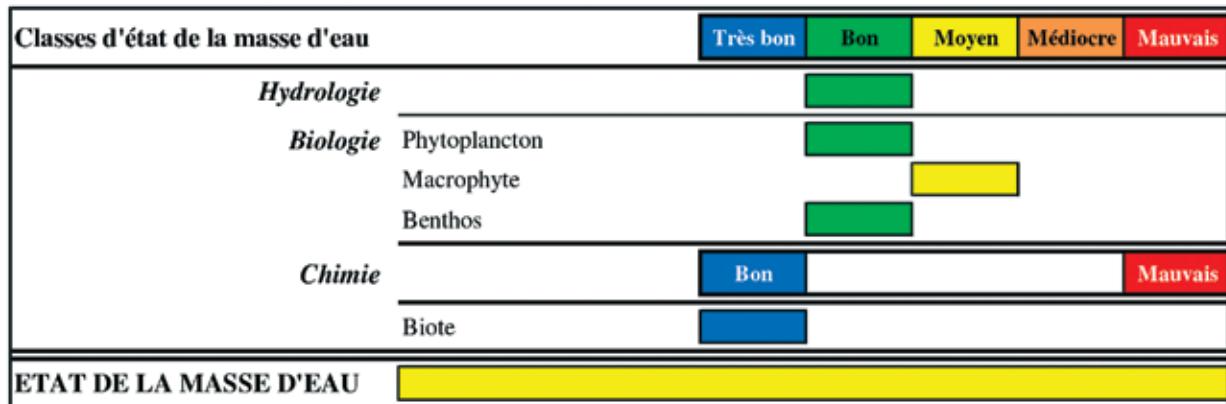
Tableau 7 : Grille estivale de diagnostic de la colonne d'eau de l'étang de Bages-Sigean ([Andral & Sargian 2009](#))

	Très bon		Bon		Moyen		Médiocre		Mauvais
Δ % O ₂ SAT		20	29,5	30		40		50	
TUR (NTU)	4,4	5		10		25		40	
PO ₄ ³⁻ (µM)	0,21	0,3		1		1,5		4	
NID (µM)		2	2,28	6		10		20	
NO ₂ ⁻ (µM)	0,11	0,3		0,5		0,75		1	
NO ₃ ⁻ (µM)	0,16	1		3		5		10	
NH ₄ ⁺ (µM)		1	2,14	3		5		10	
NT (µM)	45,54	50		75		100		120	
PT (µM)		0,75	1,4	1,5		2,5		4,5	

Tableau 8 : Classification de l'état des éléments de qualité « phytoplancton », « macrophyte », et « macrofaune benthique de substrat meuble » de l'étang de Bages-Sigean ([Andral & Sargian 2009](#))

EQR _{Ph}	Etat phytoplancton	EQR Macrophyte	Etat Macrophyte	M-AMBI	Etat Macrofaune
0,399		0,56		0,72	

**Figure 34 : Bilan de l'état de Bages-Sigean au titre de la DCE lors de la campagne de 2009
(Andral & Sargian 2009)**



IV. Une restauration de l'étang en marche, mais qui tend vers quoi ?

A la fin des années 90, il a été mis en évidence que l'étang de Bages-Sigean était en voie de dégradation. La pollution au cadmium observée en 1990 a été un point déclencheur, montrant clairement que l'étang, ainsi que tous les usages associés, étaient menacés. De nombreux aménagements ont vu le jour dans les années suivantes. Des travaux importants ont été entrepris au niveau de la gestion et des équipements portuaires (d'un coût total de plus de 35 millions d'euros), des programmes d'actions ont vu le jour (comme le défi toxique ou encore le contrat d'étang) et des aménagements conséquents ont été entrepris sur les systèmes d'assainissement collectif (création et mise aux normes de stations d'épuration) et autonome.

Les différents réseaux de suivis de la qualité du littoral, comme le ROCCH, qui suit l'évolution des teneurs en contaminants chimiques, ou le RSL, qui évalue l'état des lagunes vis-à-vis de l'eutrophisation, ont permis de suivre les « évolutions » de la qualité de l'étang de Bages-Sigean. Aujourd'hui, on constate une restauration de plusieurs compartiments de l'écosystème. Les teneurs en cadmium dans la colonne d'eau et les sédiments ont très fortement diminué depuis 1990, et les concentrations présentes dans l'eau sont aujourd'hui très proches des NQE fixées par le DCE, voire en-dessous des seuils pour les années 2002 et 2010. Même si cette pollution historique reste très difficilement maîtrisable totalement (la remobilisation du cadmium dans certains canaux reste une menace importante), la décontamination franche des sédiments et la diminution des teneurs dans la colonne d'eau laissent naître la possibilité d'une levée de l'interdiction d'exploitation des coquillages à l'avenir, si les contaminations microbiologiques sont également en-dessous des normes sanitaires.

La qualité de l'étang vis-à-vis de l'eutrophisation s'est grandement améliorée depuis la fin des années 90. Avec la création et la mise aux normes des certaines stations d'épuration, qui constituaient les « points noirs » des sources d'apports nutritifs de l'étang, les charges d'azote et de phosphore ont diminué d'un

facteur 10, soit de 90%. Depuis 2005, une restauration de la colonne d'eau dans les secteurs médian et sud de l'étang a été mise en évidence. Depuis 2009, l'état de la colonne d'eau s'est stabilisé dans les différents secteurs dans un état « bon » voire « très bon » vis-à-vis de l'eutrophisation. Les herbiers de zostères recolonisent, plus ou moins rapidement suivant les secteurs, l'étang de Bages-Sigean, même au niveau du bassin nord.

La contamination de l'étang diminue et sa qualité vis-à-vis de l'eutrophisation s'améliore. Cependant ces évolutions positives font apparaître de nouvelles questions, notamment sur le devenir de l'étang. Comment peut-on améliorer l'état de l'étang de Bages-Sigean ? Doit-on augmenter les échanges avec la mer ? Doit-on diminuer le confinement de certains secteurs de la lagune, comme le bassin nord ? Doit-on travailler sur le canal de la Robine, qui aujourd'hui représente le plus gros des apports en sels nutritifs, avec l'Aude et les prises agricoles ? Ou encore doit-on modifier la salinité de l'étang ?

Ces choix pour protéger les lagunes sont difficiles à établir car le plus souvent les connaissances sur ces milieux sont trop dispersées et ponctuelles. De plus les trajectoires de restauration ne sont pas réversibles ce qui implique qu'une lagune en voie de restauration devrait s'orienter vers un nouvel état méconnu différente de l'état initial (figure 35). La notion de restauration d'un milieu fait intervenir différentes étapes, spécifiques à chaque écosystème, qui font intervenir les notions de résistance et de résilience ([Tett et al. 2007](#), [Elliott et al. 2007](#)).

Il est donc primordial de développer des outils et des méthodes capables de fournir des éléments et des informations pouvant aider et orienter les prises de décision.

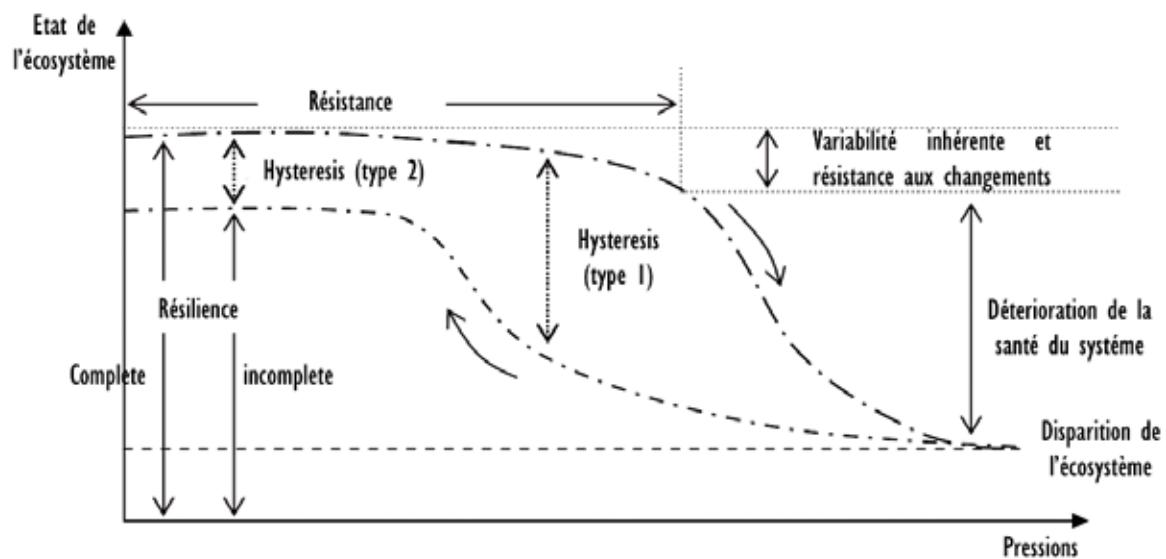


Figure 35 : Conceptualisation du changement d'état d'un écosystème en fonction des pressions exercées sur celui-ci (Tett et al. 2007, Elliott et al. 2007)

Vers une évolution des prises de décision

La fin du 20ème siècle a vu l'amélioration des programmes, de la puissance et des moyens de calculs des microprocesseurs. Ces « avancées » technologiques ont permis d'augmenter le champ de possibilités d'utilisation d'outils informatiques afin de répondre « différemment » à des questions toujours plus nombreuses. Les modèles mathématiques sont des outils puissants qui peuvent être utilisés de façon très efficace dans la gestion de l'eau. Les modèles permettent de hiérarchiser les processus qui interviennent dans le domaine ciblé afin d'en dégager ceux qui influencent majoritairement le système (voir en annexe 7).

L'objectif de la modélisation, dans son sens général, est la connaissance du monde réel. Un système de bassin hydrographique (ou une masse d'eau unique) peut être divisé en sous-systèmes physiques, chimiques, biologiques et géologiques qui sont intrinsèquement liés. On peut considérer les êtres humains et leurs activités comme un sous-système supplémentaire (socio-économique). Un tel système est donc, comme le sont souvent les systèmes naturels, un système complexe (Gallagher & Appenzeller

1999), caractérisé par des mécanismes de rétroaction non-linéaires et multiples entre les composants du système. Un tel système sera donc impossible à conceptualiser parfaitement afin qu'il soit identique à la réalité. Il y aura toujours une composante inhérente d'incertitude (voir annexe 8 dans son comportement et sa simulation n'est jamais facile).

De plus un modèle à besoin de deux types de données pour fonctionner correctement :

- des données de forçage les plus complètes possibles afin de pouvoir représenter l'environnement extérieur où va s'appliquer le modèle,
- des données de calibration qui permettent de définir la représentativité du modèle par rapport à la réalité.

Les moteurs de ces processus de modélisation sont les questions que se posent les scientifiques. C'est pour cela qu'il est primordial de se poser une question préliminaire : quel type de modèles serait le plus approprié pour répondre à ma question ?

I. Comment améliorer le fonctionnement hydraulique des étangs ?

1. Dans un contexte de dégradation de l'état vis-à-vis de l'eutrophisation

Entre 2001 et 2005, les diagnostics réalisés dans le cadre du RSL sur la lagune de Bages-Sigean mettaient en évidence un gradient d'eutrophisation décroissant du nord vers le sud qui oscille entre des états « médiocres » et « mauvais » pour le nord et « mauvais » et « moyens » pour le sud. Ce constat est la conséquence directe des charges importantes en sels nutritifs que reçoit l'étang et du confinement de ces différents bassins. La mise en œuvre par le PNR de la Narbonnaise du contrat

d'étangs (sur la période 2005-2009) avait pour objectifs prioritaires l'amélioration de la qualité des eaux et la lutte contre l'eutrophisation. D'importants travaux ont été réalisés sur le bassin versant, avec comme objectif de réduire les apports de polluants (d'origine urbaine, industrielle et agricole) et notamment les apports en sels nutritifs (objectif 1 du contrat d'étangs : améliorer la qualité de l'eau et des milieux lagunaires).



L'étang de Bages Sigean (© PNR de la Narbonnaise)

Les travaux les plus marquants sont ceux de la mise aux normes des stations d'épuration qui étaient le gros « point noir » de l'étang (responsable de 44% des apports d'azote vers l'étang).

Cependant dans les années 2000, les gestionnaires se posent plusieurs questions : des aménagements sont nécessaires afin de réduire les flux de sels nutritifs vers l'étang mais existe-t-il des solutions permettant d'exporter le plus efficacement la matière ? Quels aménagements permettraient de favoriser la circulation des masses d'eau ou même plus généralement le fonctionnement hydraulique des étangs ?

Le contrat d'étang exprime très bien cet objectif à travers son deuxième axe qui se développe en deux parties :

- déconfiner les bassins situés au nord de l'île de l'Aute en assurant une circulation et un renouvellement suffisant de l'eau,
- maintenir un équilibre entre eau salée et eau douce.

Dans cet objectif, deux aménagements avaient déjà été identifiés par le PNR :

- la possibilité de l'ouverture d'une brèche à l'est de l'île de l'Aute afin d'améliorer les échanges entre les bassins nord et sud,

- l'enlèvement partiel du barrage à vannes situé dans le grau de Port-la-Nouvelle. Ce barrage installé en 1952 afin de limiter l'envasement du port et des darses par les sédiments provenant de l'étang n'avait plus de raison d'être. Son utilisation a été abandonnée en 1979, date à laquelle des études ont montré l'impact négatif de la fermeture des martellières sur la migration des poissons et donc par conséquent sur l'activité de pêche. Sa présence limite les échanges entre la mer et la lagune de 66%.

Dans le but d'enrichir la réflexion et les connaissances afin d'amener des outils d'aide aux prises de décisions en testant la réalisation éventuelle de ces aménagements, le modèle hydrodynamique MARS 3D (Model for Applications at Regional Scales, [Lazure & Dumas 2008](#)) a été utilisé dans le cadre du Réseau de Suivi Lagunaire. C'est un modèle communautaire développé et diffusé par l'équipe DYNECO/PHYSED de l'Ifremer de Brest (laboratoire de PHYsique et SEDimentologie du département DYNamiques de l'Environnement COtier) déjà appliqué sur l'étang de Thau dans le cadre du Programme National en Environnement Côtier (PNEC).

2. Enrichissement des connaissances sur le fonctionnement hydraulique de l'étang de Bages-Sigean : application du modèle MARS 3D

Les premières simulations sur l'étang de Bages-Sigean ([Ifremer 2003](#)) ont permis de décrire la circulation des masses d'eau dans l'étang de Bages-Sigean, sous différentes conditions de vents et de marées.

Le confinement des bassins situés au nord de l'île de l'Aute peut être mis en relation avec la relative stabilité spatiale des structures tourbillonnaires, ou cellules de recirculation des masses d'eau, qui quelle que soit la direction du vent sont telles qu'elles limitent fortement les échanges entre les secteurs sud et médian ([Ifremer 2005](#)). Cela est accentué par le contour sinueux de la lagune et des zones de hauts fonds (autour de l'île de l'Aute et de la Planasse) qui contraignent fortement cette circulation et participent au maintien des cellules de recirculation malgré la variabilité des forçages météorologiques. Les apports du Canélou ont tendance à être « piégés » dans les cellules tourbillonnaires qui existent dans le secteur nord, ce qui augmente le temps de résidence dans cette zone. Ces cellules qui participent à l'alimentation des bassins sud en eaux marines sont aussi susceptibles sous certaines conditions de ramener les eaux de la Robine qui débouchent dans le grau de Port-la-Nouvelle assez loin dans le bassin sud ([Ifremer 2005](#)).

Le modèle MARS 3D a permis d'estimer le temps de renouvellement des eaux. Ce temps qui caractérise l'efficacité des échanges avec la mer est interprété comme le temps nécessaire et suffisant pour renouveler complètement les eaux de l'étang en faisant l'hypothèse que l'eau de mer qui rentre est immédiatement et parfaitement mélangée avec

l'ensemble du volume de la lagune. Le temps de renouvellement moyen des eaux de la lagune par des eaux marines est estimé à une semaine ([Ifremer 2004](#)).

L'estimation de ce temps de renouvellement par bassin (sud, milieu et nord) permet de confirmer le caractère confiné des bassins au nord de l'île de l'Aute : il faut en moyenne une semaine pour renouveler les eaux du bassin nord, alors que celles du bassin sud sont totalement « échangées » en 10 fois moins de temps ([Ifremer 2004](#)). Ces résultats confirment l'hétérogénéité des masses d'eau au sein de la lagune, le confinement des bassins situés au nord de l'île de l'Aute et montrent la limite de validité de la notion de temps de renouvellement moyen. De plus, les volumes entrant dans les bassins nord ne peuvent être considérés comme des « eaux nouvelles » puisqu'elles ont déjà transité dans les bassins sud.

Ainsi le critère temps de renouvellement n'est pas suffisant lorsqu'on s'intéresse à la qualité des eaux et doit être complété par une notion qui intègre l'histoire des masses d'eau comme le suivi de trajectoire, le temps de transit, l'âge des masses d'eau ou le temps de résidence ([Ifremer 2004](#)). Ce dernier indicateur, qui prend en compte les processus de mélange et de transport au sein de la masse d'eau, est défini comme le temps qu'une masse d'eau passe dans un système avant de le quitter définitivement. D'après les simulations ([Ifremer 2007](#)) le temps de résidence des eaux dans le bassin sud est d'une quarantaine de jours, alors qu'il est supérieur à quatre mois dans les bassins médian et sud.



Port Mahon ([© PNR de la Narbonnaise](#))

Le PNR et son Conseil Scientifique ont décidé d'engager en 2011 une étude préalable d'impact de plusieurs aménagements possibles sur la salinité, et au sens plus large sur l'équilibre écologique de l'étang de Bages-Sigean. La présence d'un gradient de salinité décroissant du nord vers le sud est une notion très importante sur cet étang. Cette étude a été l'occasion de calibrer le modèle MARS 3D grâce aux données d'échange entre la mer et la lagune acquises dans le grau de Port-la-Nouvelle entre 2005 et 2006.

Le PNR et son Conseil Scientifique ont décidé d'engager en 2011 une étude préalable d'impact de plusieurs aménagements possibles sur la salinité, et au sens plus large sur l'équilibre écologique de l'étang de Bages-Sigean. La présence d'un gradient de salinité décroissant du nord vers le sud est une notion très importante sur cet étang. Cette étude a été l'occasion de calibrer le modèle MARS 3D grâce aux données d'échange entre la mer et la lagune acquises dans le grau de Port-la-Nouvelle entre 2005 et 2006. Ce travail a permis de montrer une carence importante de données hydrobiologiques sur la lagune de Bages-Sigean et en particulier sur les apports du bassin versant ([Cesmat 2012](#)). Les débits du Canélou et de la Berre ne sont pas connus sur toute la durée de la simulation (de

2000 à 2010) : les débits du Canélou ne sont connus que sur la moitié de la période tandis que ceux de la Berre, qui semblent pourtant non négligeables, ne sont disponibles que sur un période de 11 mois.

Toutefois, on estime que sur les 10 dernières années, les volumes d'eau apportés par le Canélou et la Berre sont comparables et tournent chacun autour de 30 Mm³ par an. Cependant, lors d'un événement pluvieux extrême le bassin versant peut apporter près de 60 millions de m³, soit l'équivalent du volume de la lagune.

De plus, les données disponibles sur le Canélou ont suscité quelques interrogations. En effet, la différence entre les volumes d'eau mesurés en amont de la prise de l'Aude et les volumes déversés en aval dans la lagune indique que seulement la moitié des volumes d'eau arrive dans la lagune. Compte-tenu de la proximité des zones agricoles et des volumes mis en jeu, il est important de connaître le devenir de cette eau qui peut arriver à la lagune de Bages-Sigean, tant hydrobiologiquement (impact sur la salinité de la lagune) que trophique (source potentielle d'eutrophisation). Dans un contexte où la ressource en eau devient de plus en plus précieuse cela devient une problématique essentielle (figure 36).



Figure 36 : Ordre de grandeur des principaux apports d'eau douce à l'étang de Bages-Sigean
(en millions de m³ par an, © PNR de la Narbonnaise)

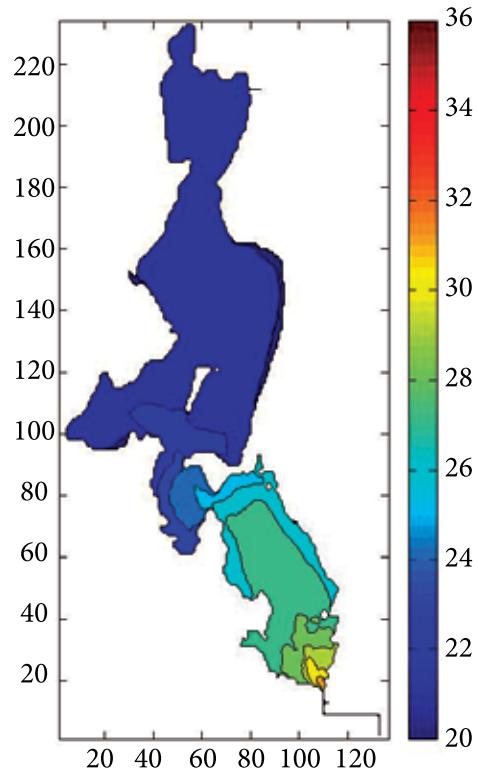


Figure 37 : Carte de la salinité moyenne simulée entre 2000 et 2010 (© Cesmat 2012)

La cartographie de la répartition de la salinité moyenne simulée sur la période 2000-2010 montre un gradient nord-sud (les bassins nord oscillent entre 20 et 23 unités contre près de 32 unités dans le bassin sud près du grau). En termes de salinité moyenne, il semble n'exister que 2 grandes zones homogènes (figure 37) dans la lagune de Bages-Sigean : le bassin situé au nord

de l'île de l'Aute (en moyenne dessalé de 5/6 unités) et le bassin sud.

Cette analyse des simulations de la salinité moyenne permet aussi de fixer les amplitudes dans l'augmentation ou la diminution inter-annuelles et inter-saisonnière de la salinité (figure 38).

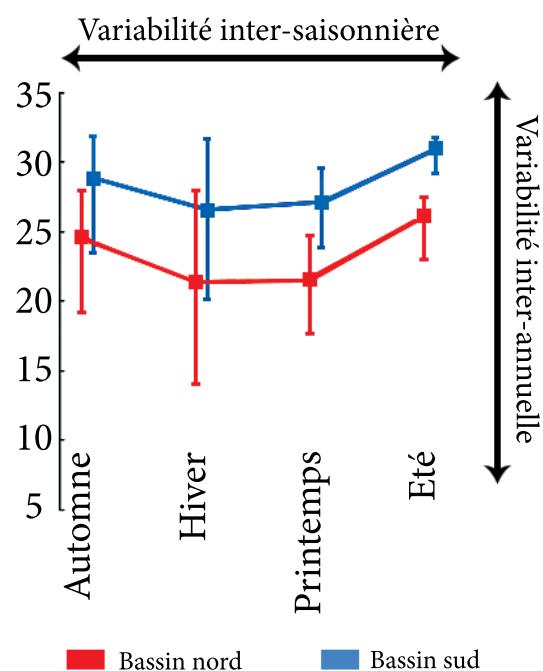


Figure 38 : Résultats du modèle de simulation du scénario de référence de la variation de la salinité moyenne entre 2000 et 2010 (© Cesmat 2012)

Les variations saisonnières diffèrent de 5 unités entre l'hiver et l'été sur le bassin nord (contre 4 sur le bassin sud), tandis que les variations interannuelles oscillent en été de 2 unités et de 12 unités en hiver et au printemps sur le bassin nord (contre 10 unités pour le bassin sud sur la même période).

Ces résultats sont en relation directe avec les variations de pluviométrie entre les années. L'amplitude saisonnière de salinité (variation entre hiver et été) est légèrement plus marquée dans le bassin nord que dans le bassin sud qui tamponne davantage ces variations par les masses d'eau marines. D'une manière générale, plus l'eau douce arrive dans le bassin nord et plus le gradient de salinité Nord-Sud à l'état d'équilibre des deux bassins est prononcé, et plus l'amplitude des variations saisonnières de salinité seront importantes.

L'ensemble des résultats de ces études démontrent clairement qu'il existe deux bassins dans cette lagune correspondant à deux masses d'eau : un état d'équilibre avec un gradient de salinité systématiquement entre le bassin sud et nord (d'environ 5 unités). Le bassin sud est un bassin « tampon » entre les eaux marines et les eaux saumâtres du bassin nord qui réceptionnent la plus grande partie des eaux douces du bassin versant. Toutes ces simulations ont permis d'enrichir considérablement les connaissances que les scientifiques et les gestionnaires avaient sur le fonctionnement hydraulique de l'étang de Bages-Sigean. Cette acquisition de connaissances ainsi que les résultats des simulations des différents aménagements ont permis d'orienter les prises de décision.

3. Impact de l'ouverture d'une brèche à l'est de l'île de l'Aute

La possibilité de l'ouverture d'une brèche à l'ouest de l'île de l'Aute est un aménagement qui était envisagé depuis plusieurs années. Le modèle MARS 3D fut utilisé en 2004 afin d'étudier les conséquences de l'ouverture de cette brèche sur les échanges entre les bassins nord et sud ([Ifremer 2005](#)). Les conclusions de cette étude sont que l'ouverture d'une brèche à l'est de l'île de l'Aute ne constitue pas un aménagement qui soit de nature à modifier de manière significative la circulation des masses d'eau à l'intérieur de la lagune.

Même une ouverture de près de 200 mètres de large sur 1,8 mètre de profondeur (qui serait irréalisable du point de vue technique et financier) n'améliorerait que de façon locale et ponctuelle la circulation des masses d'eau et ne diminuerait que de très peu le temps de résidence des masses d'eau des bassins nord. Ces conclusions, techniques ainsi que le coût financier des travaux et de l'entretien régulier qu'un tel projet demanderait, aucun aménagement ne fut réalisé en faveur de l'ouverture d'une brèche sur l'île de l'Aute.

4. Impact de l'enlèvement partiel du barrage à vannes situé dans le grau de Port-la-Nouvelle

Le modèle MARS 3D a été utilisé en 2003 afin de mesurer l'impact de l'enlèvement partiel du barrage à vannes, situé dans le grau de Port-la-Nouvelle (les travaux devaient débuter en 2004, [Ifremer 2004](#)), sur le fonctionnement hydraulique de l'étang et sur les risques d'inondation de certains secteurs en période d'épisodes climatiques particuliers (un épisode de vent de sud-est associé à des fortes pluies). Tous les acteurs locaux concernés étaient en accord avec cet aménagement qui représentait une mesure bénéfique à tous les niveaux. Il apparaît que le barrage joue un rôle de frein sur les échanges entre la mer et la lagune, et entretient une différence de niveaux d'eau quasi permanente de part

et d'autre de l'ouvrage. L'enlèvement même partiel du barrage à vannes contribuerait à diminuer le temps de renouvellement des eaux dans les différents sous-bassins.

De plus, l'analyse des périodes critiques montre que l'enlèvement du barrage induirait des effets d'accélération plus que d'amplification des épisodes climatiques particuliers : cela diminue le temps nécessaire pour que le niveau d'eau dans la lagune soit en équilibre avec le niveau de la mer. Les différences qui peuvent exister de part et d'autre du grau sont compensées d'autant plus rapidement que la section d'échange entre la mer et la lagune est importante.



Le barrage à vannes avant les travaux (© PNR de la Narbonnaise)

Ce travail a permis de quantifier les effets que la présence du barrage peut avoir sur le fonctionnement hydraulique de la lagune de Bages-Sigean. En accélérant les phénomènes de vidange et de remplissage de la lagune par les eaux marines le fonctionnement hydraulique devrait être amélioré, ce qui abonde dans

le sens du projet d'enlèvement partiel du barrage.

Cependant, s'il s'avère que l'enlèvement partiel du barrage à vannes diminuerait le temps de renouvellement, quand est-il de l'exportation des flux de matières vers la mer ? Peut-on dire que la lagune va exporter plus de matières ?

II. Un état vis-à-vis de l'eutrophisation qui s'améliore et un contexte qui évolue

Depuis le début du contrat d'étangs engagé par le PNR de la Narbonnaise, beaucoup d'aménagements ont vu le jour sur l'étang de Bages-Sigean, notamment au niveau de la mise aux normes des stations d'épuration. Depuis 2005, l'étang est en phase de restauration vis-

à-vis de l'eutrophisation : aujourd'hui l'eutrophisation de la lagune de Bages-Sigean n'est plus un problème aussi préoccupant que ce qu'il était en 2000 au début des diagnostics du RSL (figure 39).

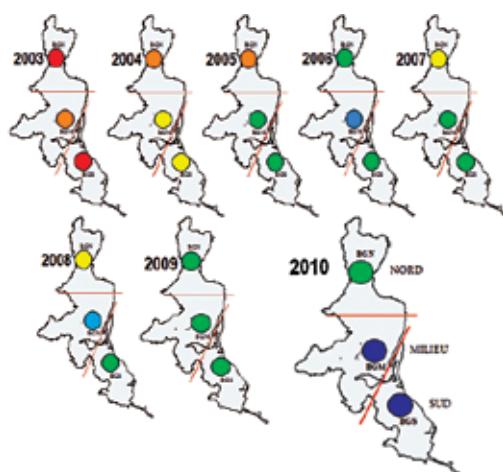


Figure 39 : Résultats des diagnostics de la colonne d'eau du RSL entre 2004 et 2010 (© Cesmat 2012)

1. Impact de l'enlèvement des piles du pont SNCF situés dans le grau de Port-la-Nouvelle

L'année 2006 marque une évolution importante des orientations en matière de gestion hydraulique de l'étang. Suite à l'enlèvement partiel du barrage à vannes en 2004, une nouvelle question émerga des gestionnaires concernant les piles de l'ancien pont SNCF situé au nord du grau de Port-la-Nouvelle. Ces piles immergées encombrent la section qui à ce niveau n'est plus que de 51 m². Le modèle MARS 3D fut utilisé une fois encore afin de réaliser un travail complémentaire à celui réalisé en 2003, pour simuler les conséquences de l'enlèvement des piles du pont sur le renouvellement et la circulation des masses d'eau dans la lagune ([Ifremer 2007](#)).

Les interprétations de cette étude furent les mêmes que celles de 2003 à savoir que l'enlèvement des piles du pont SNCF participerait à l'augmentation des flux instantanés entrant et sortant de la lagune. Cependant cette possibilité d'aménagement ne fut pas aussi bien perçue que celle du barrage à vannes de 2003. Dans le contexte actuel, l'état de la lagune vis-à-vis de l'eutrophisation est en amélioration depuis 2005 : l'état de la colonne d'eau oscille entre « moyen » et « bon ». De plus le maintien du gradient de salinité est au cœur

des réflexions actuelles. Cette réflexion sur la salinité marque l'émergence d'une nouvelle question : que veut-on pour l'étang de Bages-Sigean en termes d'état écologique ?

Les acteurs locaux, très attachés à cette « salinité décroissante », redoutent les risques de « marinisation » trop importants du milieu lagunaire (Cesmat 2012). Cette « peur » est largement alimentée par l'exemple de l'ouverture de deux graus artificiels sur l'étang de Salses-Leucate dans les années 70 qui a eu comme effet d'augmenter la salinité de 13 unités en 10 ans.

L'étude engagée en 2011 par le PNR avait comme objectif d'apporter des éléments de réponses aux questions que se posent les acteurs locaux sur l'évolution de la salinité et l'équilibre écologique de la lagune de Bages-Sigean. Elle devait permettre d'évaluer les changements induits sur la salinité dans la lagune par des scénarii de gestion visant à modifier les apports d'eau douce arrivant à la lagune par le Canélou mais aussi en modifiant les échanges mer/lagune. Son but ultime était d'aider à la gestion concertée de la lagune de Bages-Sigean, avec en point de mire les objectifs de bon état écologique imposé par la DCE.



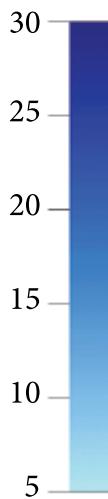
Piles du pont SNCF (© PNR de la Narbonnaise)

2. Impacts des différents scénarii d'aménagements sur la salinité de l'étang de Bages-Sigean

Plusieurs scénarii ont été envisagés sur l'état de Bages-Sigean : d'une part au niveau du grau afin d'améliorer les échanges avec la mer (par l'enlèvement

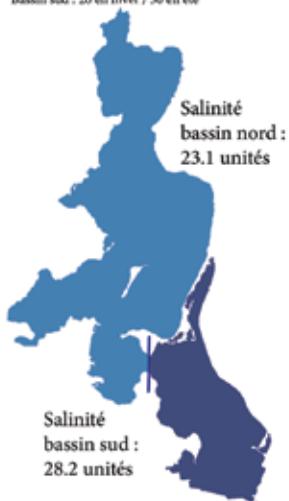
des piles du pont SNCF) et d'autres concernant une gestion des apports d'eau douce par le Canélou (figure 40).

Salinité



Situation de référence

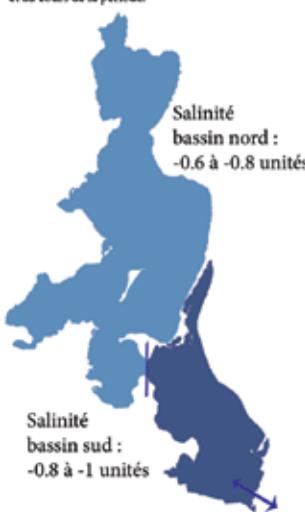
Gradient nord-sud de salinité de l'ordre de 5 unités
Bassin nord : 21 en hiver / 26 en été
Bassin sud : 26 en hiver / 30 en été



Scénario 1 :

Conservation barrage à vannes

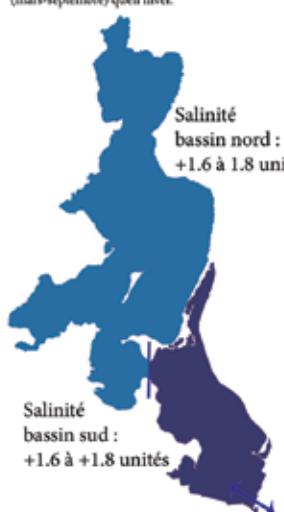
Effet observé dès la 1ère année de mise en place de l'ouvrage. Changement constant au cours de l'année et au cours de la période.



Scénario 2 :

Enlèvement des piles du pont SNCF

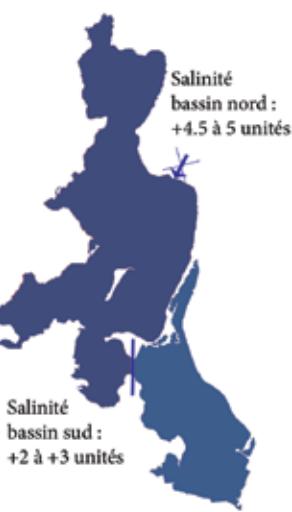
Effet observé dès la 1ère année de mise en place de l'ouvrage. Effet légèrement plus prononcé en été (mars-septembre) qu'en hiver.



Scénario 3 :

Coupure totale du Canéloou

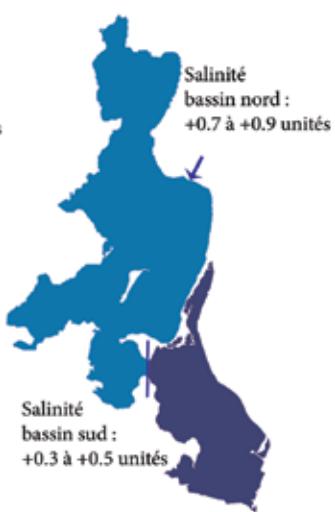
Baisse de moitié des amplitudes saisonnières. Les saisons sont « cassées ».



Scénario 4 :

Coupure estivale du Canéloou

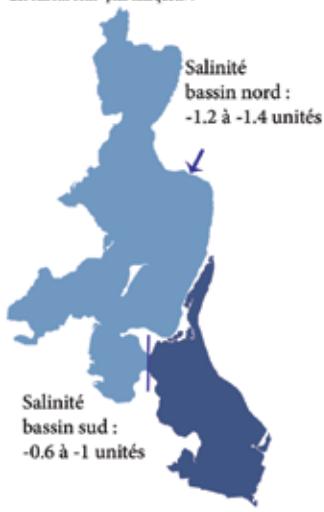
Augmentation des amplitudes saisonnières. La salinité augmente plus en été (+3) qu'en hiver (+0.5).



Scénario 5 :

Apports du Canéloou en hiver

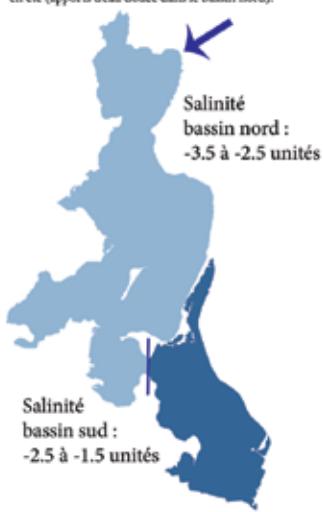
Augmentation des amplitudes saisonnières. La salinité chute davantage en hiver qu'en été. Les saisons sont « plus marquées ».



Scénario 6 :

100% apports agricoles

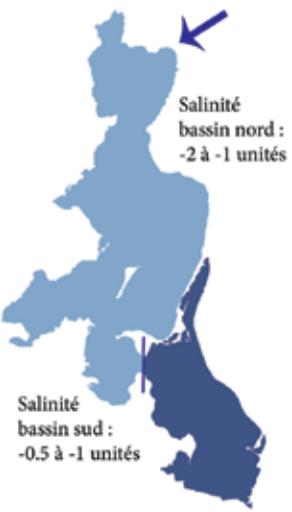
Baisse des amplitudes saisonnières. Le gradient de salinité nord/sud est plus marqué, surtout en été (apports d'eau douce dans le bassin nord).



Scénario 7 :

50% apports agricoles

Baisse des amplitudes saisonnières



Scénario 8 :

Débit du Canéloou à 8 m³/s

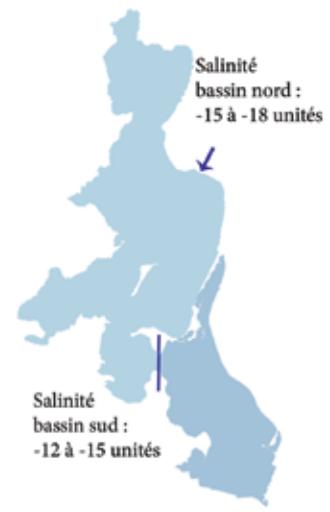


Figure 40 : Impact des scénarii de gestion sur la salinité de l'étang de Bages-Sigean (modifié d'après © Cesmat 2012)

Cette étude hydrologique a permis d'apporter des éléments de réponses aux questions que se posent les acteurs locaux et les gestionnaires sur le devenir de la lagune de Bages-Sigean. Les dernières avancées dans le projet d'enlèvement des piles du pont SNCF au niveau du grau de Port-la-Nouvelle laisse penser que cet aménagement n'apporterait pas des améliorations très conséquentes sur le fonctionnement de la lagune, surtout par rapport à l'investissement qu'il demande (de l'ordre de 300 000 euros).

Même si la simulation de cet aménagement n'entraîne une variation de la salinité que de l'ordre de 2 unités (ce qui est largement inférieur aux variations inter-annuelles en hiver qui sont de l'ordre de 12), les acteurs locaux ont peur d'un marinisation de l'étang. Le comité scientifique a aussi émis un avis quant à la réalisation de cet aménagement. D'un point de vue biologique, une augmentation de la salinité de 1 à 2 unités liée à l'enlèvement des anciennes piles du pont SNCF ne devrait pas induire de changements notables sur les différents compartiments de la faune et de la flore lagunaire, ni sur la qualité des eaux de la lagune.

Cependant, à plus long terme (2050-2100) il est certain qu'une augmentation de la salinité des eaux lagunaires se produira, liée à la fois à la montée du niveau de la mer et à la diminution des quantités d'eau douce drainées par les fleuves, en lien avec les changements climatiques. Dans ce contexte, il n'est peut-être pas souhaitable d'accentuer le phénomène par l'enlèvement des anciennes piles du pont.

De plus, un nouveau projet retient tout particulièrement l'attention des gestionnaires de la lagune de Bages-Sigean : la construction d'une nouvelle digue au nord de la passe d'entrée du port de Port-la-Nouvelle sur environ 2160 m et le prolongement de l'actuelle digue sud du port sur environ 660 m. Ce projet d'envergure (mobilisation d'un chantier de 200 millions d'euros) appelé « Grand Port 2015 » occasionnera forcément des changements sur l'étang de Bages-Sigean s'il est réalisé ([Région Languedoc-Roussillon 2011](#)). Des études sont actuellement en cours afin de quantifier les impacts et surtout de définir la faisabilité de ce projet. Il y a fort à parier que le modèle MARS 3D jouera un rôle important dans ces démarches de réflexion.

III. Comment définir les objectifs pour atteindre le bon état biologique de la Directive Cadre sur l'Eau ?

Cette partie a été réalisée grâce au guide méthodologique : lagunes de la région Languedoc-Roussillon, outil d'aide à la gestion des milieux eutrophisés (en cours de rédaction).

Aujourd'hui de nouvelles questions se posent quant au devenir de l'étang de Bages-Sigean. Dans un contexte de DCE comment faire pour atteindre le « bon état écologique » des masses d'eau ? Ce bon état écologique passe par l'évaluation de deux modalités : l'état chimique (normes) et biologique (physico-chimie et biologie).

Sur l'étang de Bages-Sigean le fonctionnement hydraulique de la lagune a été amélioré : l'enlèvement partiel du barrage à vannes a permis de diminuer les temps de résidence des masses d'eau dans les bassins et des scénarii ont été simulés afin d'évaluer leur impact sur la lagune. De plus l'état biologique et chimique imposé par la DCE est qualifié de « moyen » et « bon » respectivement en 2009 (l'état biologique étant déclassé à cause de macrophytes).

Mais quand est-il des flux de sels nutritifs ? Quelles quantités d'azote et de phosphore la lagune de Bages-Sigean peut-elle tolérer sans se dégrader ?

A l'heure actuelle, les connaissances et les données acquises dans le cadre du RSL et du « défi eutrophisation » (réalisé en 2006 sur les lagunes du Languedoc-Roussillon) permettent de développer et d'alimenter des outils de modélisation, à destination des gestionnaires des lagunes. Dans ce cadre, un outil d'aide à la gestion des milieux eutrophisés a été développé dans le volet « innovations méthodologiques » du RSL.

Cet outil développé depuis 2009 vise à déterminer les flux admissibles en azote et phosphore (à l'échelle de l'année) qu'une lagune peut tolérer sans se dégrader. Autrement dit, quelles sont les quantités en azote et en

phosphore acceptables par la lagune afin d'atteindre le bon état écologique et ainsi respecter les délais et les obligations de résultats institués par la DCE dans le cadre de l'évaluation de l'état biologique. L'outil de gestion élaboré est basé sur la méthodologie LOICZ (Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone), décrit par Gordon et al. (1996, voir annexe 9). Cette méthodologie consiste en la description d'un continuum continent-océan, aux échelles régional/global. Elle établit des bilans hydriques et de sels nutritifs, en fonction des flux hydriques et biochimiques aux différentes interfaces de l'écosystème étudié avec l'extérieur.

Les résultats obtenus permettront de connaître si cette écosystème (ici la lagune) a tendance à stocker des sels nutritifs dans ces différents compartiments (colonne d'eau, herbier, macroalgues, phytoplancton et sédiments) ou à les exporter vers la mer ouverte (la lagune est alors une source de nutriments pour l'extérieur). Cependant la mise en place de cet outil n'est pas une tâche facile car il nécessite de disposer des jeux de données de forçage les plus complets possibles

(en particulier concernant les apports par le bassin versant) mais aussi des jeux de données de salinité fiables à une fréquence relativement élevée.

Ainsi à l'avenir l'outil de gestion des écosystèmes lagunaires permettra de fournir les informations nécessaires aux gestionnaires et sur lesquelles ils pourraient se baser pour définir leurs objectifs en matière de protection du milieu lagunaire. Ces renseignements permettraient également d'accompagner les politiques de reconquête de la qualité des milieux lagunaires engagés en Languedoc-Roussillon avec la mise en place de nombreux Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) et d'autres Contrats d'Etangs.

Du fait de la coopération très ancienne entre les gestionnaires et les scientifiques sur la lagune de Bages-Sigean ainsi que la très forte volonté des gestionnaires de comprendre et d'améliorer le fonctionnement de leur étang, la lagune de Bages-Sigean représente un site plus que favorable pour permettre la réalisation de cet outil qui est indispensable pour améliorer durablement la gestion des lagunes.



L'étang de Bages-Sigean (© PNR de la Narbonnaise)

Place de la future publication

Références

Agence d'Urbanisme pour l'Aménagement Touristique du Languedoc-Roussillon (ATLR), 1983. Rapport Combarnous : projection du complexe lagunaire de Bages-Sigean, projet de classement de site et de réserve naturelle.

Agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse, 2012. <http://www.eaurmc.fr>. « Droits de reproduction réservés et strictement limités ». [consulté le 24/03/2012].

Agence Méditerranéenne de l'Environnement, 1993. Synthèse des connaissances scientifiques sur le milieu lagunaire de Bages-Sigean-Ayrolle-Campignol. 51 pages.

Andral, B. & Sargian, P., 2009. Contrôles de surveillance/opérationnel Directive Cadre Eau, District « Rhône et Côtiers Méditerranéens ». 129 pages.

Assemblée nationale, 2012. <http://www.assemblee-nationale.fr> [consulté le 19/03/2012].

Boutier, B., Jouanneau, J.F., Chiffoleau, J.F., Latouche, C. & Philipp, I., 1989. La contamination de la Gironde par le cadmium, origine, extension, importance. Rapport scientifique et technique Ifremer n°14, 105 pages.

Boutiere, H. 1974. L'Etang de Bages-Sigean modèle de lagune méditerranéenne. Vie et Milieu, 24, fasc.1-B, pp 23-58.

Boutière, H., 1974. L'étang de Bages-Sigean modèle de lagune Méditerranéenne. Vie et milieu, fascicule 1, série B, pages 23-58.

BRL ingénierie, 1996. Bilan des apports toxiques et trophiques dans les étangs du Narbonnais. Ministère de l'agriculture, Région Languedoc-Roussillon. 152 pages.

BRL, compagnie nationale d'aménagement de la région du Bas-Rhône et du Languedoc, 1993. Etang de Bages-Sigean, 25 ans d'évolution. Rapport final, 69 pages.

Bulletin de la Surveillance de la Qualité du Milieu Marin Littoral, 2011. Ifremer/RST/LER/LR12.04 Laboratoire Environnement Ressources du Languedoc-Roussillon, 150 p.

Bureau de Recherche Géologique et Minières, 2012. <http://www.brgm.fr> [consulté le 28/03/2012].

Cahet, G., Fiala, M., LABAT, J.P. & Jacques, G., 1974. Ecologie de deux étangs du littoral Languedoc-Roussillon Bages-Sigean et Salses-Leucate. Rapport préparé pour EDF, 85 pages.

Castaings, J. 2008. Etat de l'art des connaissances du phénomène de comblement des milieux lagunaires. Rapport de phase 1, Cépralmar, 100 pages.

Castaings, J., 2008. Etat de l'art des connaissances du phénomène de comblement des milieux lagunaires : rapport de phase 1 (septembre 2008, réseau de suivi lagunaire). Cépralmar 2008. [en ligne] [consulté le 02/04/2012]. Disponible sur le Web : http://www.pole-lagunes.org/ftp/LettreLagunes/2009/LL_juin2009/Rapport_final_comblement.pdf.

Centre National de la Recherche Scientifique, 2012. <http://www.cnrs.fr> [consulté le 27/03/2012].

Cesmat , L., 2012. Etude hydrologique de l'étang de Bages-Sigean : impact de différents scénarios d'aménagement et de gestion sur les variations de salinité. 100 pages.

Cesmat, L., 2012. Etude hydrologique de l'étang de Bages-Sigean : impact de différents scénarii d'aménagement et de gestion sur les variations de salinité. Parc Naturel Régional de la Narbonnaise, 115 pages.

Classe D., Le Moigne M., Durand G., Beliaeff B., 2006. Ligne de base : Les contaminants chimiques dans les huîtres et les moules du littoral français.

RNO 2006. - Surveillance du Milieu Marin. Travaux du RNO. Edition 2006. Ifremer et Ministère de l'Ecologie et du Développement durable. ISSN 1620-1124.

Classe, D., Aranda, A. & Auger D., 1991. La contamination par le cadmium des poissons et crustacés de l'étang de Bages-Sigean. Rapport de la direction des recherches océaniques, 7 pages.

Classe, D., Boutier, B., Aranda, A., 1990. La contamination de l'étang de Bages-Sigean par le cadmium : première évaluation. Rapport de la direction des recherches océaniques, 9 pages.

Comité de bassin Rhône-Méditerranée, 2009. Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux 2010-2015. [en ligne] [consulté le 27/02/2012]. Disponible sur le Web : http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/docs/dce/sdage/docs-officiels/BD/RM_Sdage_BD.pdf.

Comité de bassin Rhône-Méditerranée-Corse, 1995. Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux 1996-2009. [en ligne][consulté le 29/02/2012]. Disponible sur Web : [www.rhone-mediterranée.eaufrance.fr/gestion/sdage1996/index.php](http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/gestion/sdage1996/index.php).

Commission Locale de l'Eau. SAGE de la basse vallée de l'Aude, état des lieux. [en ligne] [consulté le 12/03/2012]. Disponible sur le Web : http://www.pole-lagunes.org/ftp/web/fiches-lagunes/LR/Basse_Valle_Aude/Cahier1-Etat%20des%20lieux.pdf.

Direction de l'architecture et du patrimoine, 2012. www.culture.gouv.fr/mpe/carto/fiches/119.htm [consulté le 18/03/2012].

Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement, 2007. www.languedoc-roussillon.developpement-durable.gouv.fr/. [consulté le 14/03/2012].

DOCOB, 2010. Document d'objectifs du site Natura 2000 des étangs du Narbonnais. FR 910 14 40.

Duboul-Ravazet, C., Martin, R. 1981. La sédimentation Holocène dans trois étangs du littoral du Languedoc-Roussillon. Recueil des travaux du centre de recherche de sédimentologie marine de Perpignan, pages 69-85.

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, pages 349-366.

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, pages 349-366.

Environmental Systems Research Institute ArcGIS, 2010. Version 10, Environmental Systems Research Institute Inc., Redlands, CA.

Fiala, M., 1973. Etude physico-chimiques et microbiologiques du complexe lagunaire de Bages-Sigean (Aude). Thèse 3e cycle Université de Paris. 108 pages.

Forum mondial sur l'eau, 2011. <http://www.worldwaterforum6.org> [consulté le 22/03/2012].

Gallagher, R. & Appenzeller, T., 1999. Beyond reductionism (introduction to special section on complexity). Science 284, p79.

Garde-Pêche du C.S.P, 1994. Pollution chronique du canal de la robine par les rejets de l'agglomération Narbonnaise. 9 pages.

Girard, J.L., 1992. Le comblement des étangs. Préfecture du Languedoc-Roussillon, 62 pages.

Glémarec, M., Hily, C., 1981. Perturbations apportées à la macofaune benthique de la baie de Concarneau par les effluents urbains et portuaires. Acta Oceologica Oceologia Applicata, 2, 139-150.

Gordon, D.C., Boudreau, P.R., Mann,K.H., Ong, J-E., Silvert, W.L., Smith, S.V., Wattayakorn, G., Wulff, F. & Yanagi, T., 1996. LOICZ biogeochemical modeling guidelines. LOICZ reports & studies No. 5, 104 pages.

Ifremer, 2003. Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc-Roussillon : Bilan des résultats 2002. Rapport RSL 2003, 366 pages.

Ifremer, 2004. Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc-Roussillon : Bilan des résultats 2003. Rapport RSL 2004, 523 pages.

Ifremer, 2005. Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc-Roussillon : Bilan des résultats 2004. Rapport RSL 2005, 424 pages.

Ifremer, 2006. Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc-Roussillon : Bilan des résultats 2005. Rapport RSL 2006, 450 pages.

Ifremer, 2007. Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc-Roussillon : Bilan des résultats 2006. Rapport RSL 2007, 484 pages.

Institut Français pour le Recherche et l'Exploitation de la Mer, 2012. <http://wwz.ifremer.fr> [consulté le 21/03/2012].

Journal officiel des Communautés européennes (JOCE), 1999. Traité d'Amsterdam. N°C 340. [en ligne] [consulté le 28/02/2012]. Disponible sur le Web : http://www.cvce.eu/content/publication/1999/1/1/578ebb8e-d641-4650-b1e3-3b3a795e01c9/publishable_fr.pdf.

Kjerfve B., 1994. Costal lagoons. Coastal Lagoon Processes. Elsevier Oceanography Series, 60 : 1-8

Lagarde, E. & Cahet, G., 1963. Contribution à l'étude des eaux et des sédiments de l'étang de Bages-Sigean (Aude). Vie et Milieu, 64, p 16-17.

Lakes Environmental WRPLOT View, 2011. Version 7, Lakes Environmental Software, Canada.

Laurent, M., Oheix, J., Derolez, V., Laugier, T., 2011. Guide de reconnaissance et de suivi des macrophytes des lagunes du Languedoc-Roussillon. Réseau de Suivi Lagunaire (Ifremer, Cépralmar, Agence de l'Eau RM&C, Région Languedoc-Roussillon), 148 pages.

Lazure, P., Dumas, F., 2008. An external-internal mode coupling for a 3D hydrodynamical model for application at regional scale (MARS). Advances In Water Ressources, 31 (2), 233-250.

Legifrance : le service public de la diffusion du droit, 2012. <http://www.legifrance.gouv.fr> [consulté le 24/03/2012].

Letheric C., 1883. Les villes mortes du golfe du Lyon. 4e éd. Paris : PLON. 524 p.

Mallawa, A., 1984. Contribution à l'étude du stock exploité d'Anguilles de l'étang de Bages-Sigean. Diplôme d'études approfondies d'écologie, 62 pages.

Mercier, A., 1973. Etude écologique de la végétation du complexe lagunaire de Bages-Sigean : biomasse et production primaire des macrophytes. Thèse. Université de Paris VI, Tome 1 et 2.

Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durable, 2007. Le programme européen LIFE Environnement, bilan de son application en France. [en ligne] [consulté le 21/03/2012]. Disponible sur le Web : www.enviropea.com/attachments/-01_LifeWEB.pdf.

Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques, 2012. <http://www.onema.fr> « Droits réservés » [consulté le 18/03/2012].

Parc naturel régional de la Narbonnaise, 2010. Contrat pour les étangs du Narbonnais, bilan et évaluation 2005-2009. 103 pages.

Parc Naturels Régional de la Narbonnaise en Méditerranée, 2009. Projet de Charte 2010-2021 : projet soumis à la délibération des communes. 101 pages.

Pôle-relais-lagunes Méditerranéennes, 2012. <http://www.pole-lagunes.org> [consulté le 18/03/2012].

Prefecture du Languedoc-Roussillon et de l'Hérault, 2012. www.languedoc-roussillon.pref.gouv.fr/actions/missionlittoral/presentation.shtm [consulté le 12/03/2012].

Programme des Nations Unies pour l'environnement, 2003. www.unep.org [consulté le 18/03/2012].

R Development Core Team, 2011. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

Redon, J-P., Depannemacker, D., 2000. Guide méthodologique de gestion des lagunes méditerranéenes : l'administratif et le juridique. 201 pages.

Solanes, M. & Gonzalez-Villarreal, F., 1999. The Dublin Principles for Water as Reflected in a Comparative Assessment of Institutional and Legal Arrangements for Integrated Water Resources Management. Global Water Partnership/Swedish International Development Cooperation Agency, Stockholm (Sweden). [en ligne] [consulté le 28/02/2012]. Disponible sur le Web : www.cawater-info.net/bk/iwrm/pdf/tec_paper3_e.pdf.

Souchu, P., Laugier, T., Dusserre, K., Marobin, D., 2001. Suivi des paramètres trophiques dans l'eau des étangs de la Narbonnaise. Direction de l'Environnement et de l'aménagement du Littoral laboratoire côtier de Sète, rapport final, 41 pages.

Syndicat Mixte des Milieux Aquatiques et des Rivières, 2012. <http://www.smamar.fr> [consulté le 22/03/2012].

Tett, P., Gowen, R., Mills, D., Fernandes, T., Gilpin, L., Huxham, M., Kennington, K., Read, P., Service, M., Wilkinson, M., Malcolm, S., 2007. Defining and detecting undesirable disturbance in the context of eutrophication. Marine Pollution Bulletin 53, pages 282-297.

United Nation Sustainable Development, 1993a. Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement. [en ligne] [consulté le 28/02/2012]. Disponible sur le Web : www.unesco.org/education/nfsunesco/pdf/RIO_F.PDF.

United Nation Sustainable Development, 1993b. Agenda 21. [en ligne][consulté le 28/02/2012]. Disponible sur le Web : www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/english/Agenda21.pdf.

Liste des figures et tableaux

Figure 1 : Evolution du cumul saisonnier des précipitations enregistrées à Narbonne entre 1995 et 2011.....	16
Figure 2 : Vitesse des vents (en noeuds) enregistrées à Leucate entre 1995 et 2001.....	16
Figure 3 : Enveloppe des moyennes mensuelle minimales et maximales des températures à Narbonne entre 1995 et 2011.....	17
Figure 4 : Enveloppe du cumul mensuel du rayonnement mensuel global mesurée à Perpignan entre 1995 et 2011.....	17
Figure 5 : Bilan de salinité d'une année pluvieuse (2005-2006) sur l'étang de Bages-Sigean.....	18
Figure 6 : Bilan de salinité d'une année sèche (2007-2008) sur l'étang de Bages-Sigean.....	18
Figure 7 : Répartition approximative des végétaux aquatiques en 1963.....	42
Figure 8 : Répartition de la végétation aquatique en 1966.....	43
Figure 9 : L'étang de Bages-Sigean vue en 1970.....	44
Figure 10 : Répartition de la végétation aquatique en 1992.....	45
Figure 11 : Emplacements des points de prélèvements du ROCCH et du RINBIO.....	48
Figure 12: Concentration en cadmium ($\mu\text{g/L}$) dans l'eau de l'étang de Bages-Sigean au cours du temps.....	49
Figure 13: Concentration en cadmium ($\mu\text{g/L}$) dans l'eau de l'étang de Bages-Sigean au cours du temps.....	49
Figure 14: Concentration en cadmium (mg/kg, poids sec) dans les sédiments de l'étang de Bages-Sigean en 1996 et 2006.....	50
Figure 15: Concentrations en DDT+DDE+DDD ($\mu\text{g/L}$) dans l'eau de l'étang de Bages-Sigean au cours du temps.....	51
Figure 16 : Concentrations en DDT+DDE+DDD ($\mu\text{g/kg}$) dans les sédiments de l'étang de Bages-Sigean en 1996 et 2006.....	51
Figure 17 : Concentrations en lindane ($\alpha + \gamma$ en $\mu\text{g/L}$) dans l'eau de l'étang de Bages-Sigean au cours du temps.....	52
Figure 18 : Concentrations en lindane ($\alpha + \gamma$ HCH en $\mu\text{g/kg}$, poids sec) dans les sédiments de l'étang de Bages-Sigean en 1996 et 2006.....	52
Figure 19 : Flux d'azote totaux au niveau du bassin versant en 2003.....	59
Figure 20 : Evolution des flux d'azote (en tonnes) entre 2002 et 2010 sur les stations du bassin versant et du pourtour de l'étang de Bages-Sigean.....	60
Figure 21 : Evolution des flux de phosphore (en tonnes) entre 2002 et 2010 sur les stations du bassin versant et du pourtour de l'étang de Bages-Sigean.....	60
Figure 22 : Emplacement des points de prélèvement du RSL.....	66

Figure 23 : Evolution des teneurs en azote total dans la colonne d'eau de l'étang de Bages-Sigean entre 2001 et 2011. Classes de qualité du RSL (Très bon, bon, moyen).....	67
Figure 24 : Flux d'azote totaux au niveau du bassin versant en 2009 (© PNR de la Narbonnaise).....	68
Figure 25 : Estimation du stock d'azote total sur la lagune de Bages-Sigean en 2005 et 2010.....	68
Figure 26 : Evolution des teneurs en phosphore total dans la colonne d'eau de l'étang de Bages-Sigean entre 2001 et 2011. Classes de qualité du RSL (Très bon à Mauvais).....	70
Figure 27 : Estimation du stock de phosphore total sur la lagune de Bages-Sigean en 2005 et 2010.....	71
Figure 28 : Evolution des teneurs en nanophytoplancton dans la la colonne d'eau de l'étang de Bages-Sigean entre 2001 et 2011. Classes de qualité RSL (Très bon à Mauvais).....	72
Figure 29 : Evolution des teneurs en Chl-a dans la la colonne d'eau de l'étang de Bages-Sigean entre 2001 et 2011. Classes de qualité RSL (Très bon à Mauvais).....	73
Figure 30 : Recouvrement végétal total et pourcentage de recouvrement relatif des différents groupes de macrophytes dans le bassin nord de l'étang de Bages-Sigean.....	74
Figure 31 : Recouvrement végétal total et pourcentage de recouvrement relatif des différents groupes de macrophytes dans le bassin médian de l'étang de Bages-Sigean.....	74
Figure 32 : Recouvrement végétal total et pourcentage de recouvrement relatif des différents groupes de macrophytes dans le bassin sud de l'étang de Bages-Sigean.....	75
Figure 33 : Estimation du stock de matière organique sur la lagune de Bages-Sigean en 2005 et 2010.....	76
Figure 34 : Bilan de l'état de Bages-Sigean au titre de la DCE lors de la campagne de 2009.....	79
Figure 35 : Conceptualisation du changement d'état d'un écosystème en fonction des pressions exercées sur celui-ci	81
Figure 36 : Ordre de grandeur des principaux apports d'eau douce à l'étang de Bages-Sigean.....	85
Figure 37 : Carte de la salinité moyenne simulée entre 2000 et 2010.....	86
Figure 38 : Résultats du modèle de simulation du scénario de référence de la variation de la salinité moyenne entre 2000 et 2010.....	86
Figure 39 : Résultats des diagnostics de la colonne d'eau du RSL entre 2004 et 2010.....	88
Figure 40 : Impact des scénarii de gestion sur la salinité de l'étang de Bages-Sigean.....	90

Tableau 1 : Flux annuels de pollution directe d'origine industrielle de 2003 à 2009 sur l'étang de Bages-Sigean.....	63
Tableau 2 : Nombre d'exploitation agricole biologique ou en conduite raisonnée entre 2004 et 2009.....	64
Tableau 3 : Evolution annuelles d'état vis-à-vis de l'eutrophisation de l'azote total des sédiments et de la colonne d'eau.....	69
Tableau 4 : Evolution annuelles d'état vis-à-vis de l'eutrophisation du phosphore total de la colonne d'eau entre 2001 et 2011 (données RSL).....	70
Tableau 5 : Evolution de l'état vis-à-vis de l'eutrophisation du phosphore total dans les sédiments en 1999, 2005 et 2010.....	71
Tableau 6 : Diagnostics complets de 1999, 2005 et 2010 de l'ensemble des compartiments pour les trois secteurs de la lagune de Bages-Sigean.....	77
Tableau 7 : Grille estivale de diagnostic de la colonne d'eau de l'étang de Bages-Sigean.....	78
Tableau 8 : Classification de l'état des éléments de qualité « phytoplancton », « macrophyte », et « macrofaune benthique de substrat meuble » de l'étang de Bages-Sigean.....	78

Annexes

Annexe I

Le Réseau d'Observation des Contaminants CHimiques : le ROCCH

Jusque dans les années 70, l'observation des eaux côtières sur le plan physique ou biologique n'était entreprise que lors de « campagnes » ponctuelles. Seuls quelques laboratoires avaient commencé à réaliser des séries systématiques, mais cette démarche scientifique était peu ou mal comprise ([RNO 1999](#)). Pourtant, plus encore qu'en météorologie, l'intérêt des longues séries en océanographie côtière apparaît aujourd'hui comme essentiel compte tenu des échelles de temps et des cycles bio-géo-chimiques caractérisant le milieu marin. Les avantages que les réseaux d'observation apportent peuvent se diviser en deux axes :

- des outils irremplaçables pour évaluer l'efficacité et/ou la pertinence d'une politique de gestion des apports et/ou des prélèvements (nutriments, rejets, effluents,...),
- ils sont également les seuls éléments de preuves incontestables de l'apparition ou de la diminution d'un risque, mais aussi de son étendue réelle, souvent différente de ce qu'on pouvait imaginer.

C'est dans ce contexte qu'a été mis en place le Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin (RNO), qui est devenu aujourd'hui le Réseau d'Observation des Contaminants CHimiques (ROCCH). Il fut créé en 1974 par le Ministère chargé de l'Environnement, avec pour premier objectif l'évaluation des niveaux de tendances des contaminants et des paramètres généraux de la qualité du milieu (l'ensemble de ces activités étant coordonné par l'[IFREMER](#)). La surveillance porte essentiellement sur les micropolluants, comme les métaux lourds (cadmium, cuivre, mercure, plomb, Zinc, etc.) et les micropolluants organiques (DDT, lindane, PCB, HAP). Ces micropolluants sont recherchés :

- dans la matière vivante (essentiellement moules et huîtres), ce qui renseigne plus précisément sur la contamination chronique du milieu, intégrée sur plusieurs mois
- dans les sédiments, pour une intégration de la contamination sur plusieurs années (chaque site est contrôlé tous les 6 ans en moyenne).

1. Evolution de la contamination au sein de la matière vivante

La biosurveillance est basée sur la capacité d'accumulation des contaminants chimiques dans un tissu, à un degré proportionnel à leur biodisponibilité ([Goldberg 1975](#), [George & Coombs 1977](#)). Les recherches de Vinogradov ([1953](#)) ont montré que ce phénomène était applicable à tous les organismes marins et à une majorité de métaux bivalents (métaux dont le nombre maximal de liaisons qu'il peut former avec d'autres éléments est au nombre de 2, [Andral et al. 2004](#)). Il peut également être appliqué à des composés organiques lipophiles tels que les chlorures organiques ([Harvey et al. 1973](#)). Etant donné que le phénomène de bioaccumulation couvre une période de plusieurs mois, cela élimine le problème de fluctuation des masses d'eau. De plus, les concentrations en polluants accumulés étant très supérieures à celles rencontrées

dans l'eau, elles sont plus facilement mesurées. Cependant, il est important de prendre en compte les interactions entre les composés métalliques et les organismes qui sont étroitement liés à 3 groupes de facteurs ([Casas 2005](#)):

- les caractéristiques physico-chimiques du milieu : la température, le pH, la salinité, ...
- les propriétés chimiques du contaminant : la nature et la forme du contaminant, sa spéciation, ...
- les facteurs biologiques de l'organisme comme le cycle biologique de l'organisme (croissance, reproduction, réserves, ponte).

Dans le cadre du ROCCH, les méthodes d'échantillonnages utilisent des populations

autochtones de moules, sauvages ou cultivées. C'est ce qu'on appelle la biosurveillance passive ([Goldberg 1975](#), [Claisse 1989](#)). Les prélèvements étaient initialement prévus pour être effectués au cours de chaque trimestre (en février, mai, août et novembre). Cependant, les problèmes budgétaires et techniques ont restreint ce nombre à deux, en février et novembre. Il s'est avéré que la période de reproduction influence beaucoup la concentration en polluants au sein des coquillages. L'hiver (janvier à mars) présente les teneurs les plus fortes que l'on puisse observer. Cela s'explique

par le fait que cette période est caractérisée dans le cycle de vie du coquillage, par une période où l'on a un redéveloppement des gonades et un épaississement du tissu conjonctif ([Bayne 1976](#)). En opposition, la période de juillet à août correspond à l'évacuation des gamètes et ne permet pas de représenter les concentrations en polluants en raison de la perte de poids importante. Depuis 2008, seuls deux prélèvements sont effectués, en février au titre du suivi sanitaire et en novembre au titre du suivi OSPAR et DCE.

2. Evolution de la contamination au sein des sédiments

En milieu peu profond, comme les lagunes littorales, les prélèvements sont effectués à l'aide d'une benne Eckman, qui présente l'avantage de préserver la stratification des échantillons. En mer, des carottes profondes sont prélevées à l'aide d'un carottier-boîte « grand Reineck » permettant d'obtenir des carottes de 35 cm de hauteur. Jusqu'en 2006, une campagne annuelle portant sur des façades différentes chaque année était réalisée, afin de pouvoir couvrir l'ensemble du littoral en dix ans. A partir de 2007, la fréquence de suivi est passée à une fois tous les six ans, afin de correspondre

au plan de gestion de la DCE. Les contaminants recherchés sont les mêmes que dans la matière vivante, accompagnés de paramètres descriptifs et normalisateurs propres à cette matrice tels que la granulométrie, le carbone organique, les carbonates, l'aluminium, le fer, le lithium et le manganèse ([Ifremer 2012](#)). Actuellement sur l'étang de Bages-Sigean, 3 campagnes complètes ont été réalisées : en 1996, 2006 et 2012 (dont les résultats ne sont pas encore disponibles).

[Bayne, D.L., 1976.](#) Marine mussels their ecology and physiology. International biological Programme, Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-21057-4. 506 pages.

[Casas, S., 2005.](#) Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *Mytilus Galloprovincialis*, en milieu méditerranéen. Thèse soutenue le 17 mars 2005.

[Claisse, D., 1989.](#) Chemicals contamination of French coast : the results of a ten year mussel watch. *Marine Pollution Bulletin* 20, 523-528.

[George, S.G., Coombs, T.L., 1977.](#) The effects of chelating agents on the uptake and accumulation of cadmium by *Mytilus edulis*. *Marine Biology* 39, 261-268.

[Goldberg, E.D., 1975.](#) The Mussel Watch. *Marine Pollution Bulletin* 6, 111.

[Harvey, G.R., Steinhauer, W.G., Teal, J.M., 1973.](#) Chlorinated hydrocarbons in open ocean Atlantic organisms. In: Green, D., Jagner, D. (Eds.), *Changing Chemistry of the Oceans*. J. Wiley and Sons, NY, pages 177-186.

[IFREMER, 2012.](#) www.ifremer.fr [consulté le 12 mars 2012].

[RNO, 1999.](#) Surveillance du Milieu Marin. Travaux du RNO. Edition 1999 : Ifremer et Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.

[Vinogradov, A.P., 1953.](#) The elementary chemical composition of marine organisms. Sears Foundation of Marine Research, University of New Haven Connecticut, 647 pages.

Annexe II

Le Réseau INtégrateur Biologique : le RINBIO

Dans la même optique que le volet « matière vivante » du ROCCH, le Réseau Intégrateurs Biologiques (RINBIO) fut créé en 1996. Développé en partenariat avec l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse et l'Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire (IPSN), il a comme objectif d'évaluer les niveaux de contamination chimique et radiologique dans chaque unité du référentiel géographique du SDAGE du bassin hydrographique Rhône Méditerranée et Corse. Cependant, contrairement au ROCCH qui se base sur un phénomène de biosurveillance passive, le RINBIO utilise la technique de biosurveillance active : des moules sont transplantées à partir d'un site de référence (De Kock 1983, Fabris et al. 1994). Cette technique permet de résoudre le problème de rareté des stocks de moules dans une grande partie de la zone côtière. Les teneurs en contaminants bioaccumulés sont étroitement liées au cycle de vie des moules, à l'âge de l'individu et de sa maturité sexuelle. Le processus de transplantation permet de contrôler ces paramètres au niveau des échantillons. Cependant, il est important de noter que la comparaison des données brutes, au niveau des concentrations tissulaires, entre deux secteurs à fort potentiel trophique différent peut être trompeuse. En effet, les caractéristiques du site d'immersion telle que la disponibilité en nourriture, la salinité affectent la biodisponibilité du polluant et peuvent donc ne pas refléter la concentration exacte en polluants du site (Phillips 1976, Kramer 1994).

Les lots de moules sont originaires des filières en mer des Aresquiers en Languedoc-Roussillon, qui est une zone reconnue pour être peu contaminée (Andral

& Sargian 2009). Pour garantir l'homogénéité des lots, une taille de 50 mm, à plus ou moins 5 mm, est imposée (cela correspond à des jeunes adultes d'environ 18 mois). Chaque échantillon est composé d'un lot de 2,5 kg de moules calibrées, stockées dans une poche ostréicole. Ces mêmes échantillons sont ensuite ré-immérsés dans leur site d'origine 4 à 5 jours avant la campagne de pose. Par la suite, une immersion de 2,5 mois, comprise entre mars et juillet, a lieu. Cela permet d'obtenir un compromis entre 2 exigences :

- immerger des individus avec suffisamment de réserves énergétiques pour éviter des différences importantes de composition biochimique chez les individus à l'échelle du réseau,
- opérer pendant la phase de repos sexuel où le métabolisme des individus est le plus stable.

En 1996, 86 stations ont été étudiées simultanément à une très large échelle spatiale (Collioure-Menton-Corse). En 1998, 40 stations ont été étudiées pour confirmer des observations, optimiser la méthodologie afin de développer un réseau pérenne (CELRL 2001). Les lagunes concernées par ce réseau se trouvent en Languedoc-Roussillon (Salses-Leucate, Bages-Sigean, Ayrolle, La Palme, Thau, Prévost et l'Or) et en Corse (Diana, Urbino et Palo). A l'heure actuelle, la définition d'une grille de qualité, applicable à toutes les campagnes n'est pas finalisée. Il n'est donc pas pertinent, pour un site donné et un contaminant donné, de comparer les résultats des différentes campagnes de prélèvements. Dans l'avenir, une grille standard devrait être construite et permettre de pallier à ce problème.

Andral, B. & Sargian, P., 2009. Contrôles de surveillance/opérationnel Directive Cadre Eau, District « Rhône et Côtiers Méditerranéens ». 129 pages.

CELRL, 2001. Tome 1 : guide méthodologique de gestion des lagunes méditerranéenne, les eaux. Région Languedoc-Roussillon, 188 pages.

De Kock, W.C., 1983. Accumulation of cadmium and PCBs by *Mytilus edulis* transplanted from pristine water into polluted gradient. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 40, 282-294.

Fabris, J.G., Richardson, B.J., O'Sullivan, J.E., Brown, F.C., 1994. Estimation of cadmium, lead and mercury concentration in estuarine waters using the Mussel *Mytilus edulis* planulatus. Environmental Toxicology and Water Quality 9, 183-192.

Kramer, J.M., 1994. Biomonitoring of Coastal Waters and Estuaries. In: Kramer, J.M. (Ed.), CRC Press, Boca Raton. 360 pages.

Phillips, D.J.H., 1976. The common mussel *Mytilus edulis* as an indicator of pollution by zinc, cadmium, lead and copper: effect of environmental variables on uptake of metals. Marine Biology 38, 59-69.

Annexe III

NQE et conversions

L'Union Européenne établit depuis la Directive Cadre sur l'Eau de 2000 (DCE 2000/60/CE), un cadre politique communautaire dans le domaine de l'eau et la gestion des écosystèmes. L'article 8 de cette DCE prévoit la mise en place d'un programme de surveillance, afin de suivre l'état écologique et l'état chimique des différents types de masses d'eau. Conformément à cette réglementation, le référentiel pour déterminer le « bon état chimique » est la Norme de Qualité Environnementale : NQE. Par définition, ces normes de qualité sont définies comme « la concentration en un polluant ou groupe de polluants dans l'eau, le sédiment ou le biote qui ne doit pas être dépassé afin de protéger la santé humaine et l'environnement » (article 2 paragraphe 35 de la DCE). Ces NQE sont élaborées à partir des données écotoxicologiques provenant pour l'essentiel d'expérimentations utilisant des toxiques en phases dissoutes ([Claisse 2009](#)) et actuellement n'existent que dans l'eau, sauf trois exceptions. Pour les molécules peu ou pas solubles, un guide méthodologique européen (TGD) propose des conversions eau-sédiment et eau-biote. Cette conversion fait intervenir des coefficients de partage

et l'utilisation d'un facteur de bioconcentration (BCF). Ces valeurs sont extrêmement variables pour une même molécule, en fonction des caractéristiques du milieu. Même si la DCE demande l'utilisation des NQE pour qualifier l'état chimique des masses d'eau, l'utilisation des formules du TGD est contestée par beaucoup et peut être restreinte pour certaines molécules ou ne pas refléter la contamination « réelle » des masses d'eau concernées. En vue de pallier ce problème, des NQE dans le biote et le sédiment sont en voie de développement. En attente du développement de ces « nouvelles normes » des solutions alternatives, comme les travaux de la convention OSPAR, doivent être recherchées.

Dans le cadre de cette partie sur les contaminants chimiques, les données seront présentées dans une « optique » DCE, en utilisant quand cela est possible les normes NQE. Ces normes ne sont utilisables actuellement que dans l'eau. Il est donc nécessaire de convertir les résultats obtenus dans le biote et les sédiments vers l'eau. Pour cela, deux formules issues du TGD sont utilisées (voir ci-dessous)

1. Conversion biote vers l'eau (concentration obtenue en µg/L)

$$C_{\text{eau}} = \frac{C_{\text{mollusques}}}{BCF_{\text{mollusques}}}$$

(le BCF est un facteur de bioconcentration, sachant qu'un Facteur de Biomagnification (BMF) intervient chez les organismes de niveau trophique élevé)

2. Conversion du sédiment à l'eau (concentration obtenue en µg/L)

$$C_{\text{eau}} = \frac{C_{\text{séd}}}{\left\{ [F_{\text{eau-séd}} + ((F_{\text{solide-séd}} * F_{\text{oc-séd}} * K_{\text{oc}} * \rho_{\text{solide}}) / 1000] / \rho_{\text{séd}} \right\} * 1000}$$

Sachant que cette méthode ne s'applique uniquement que pour les contaminants organiques non polaires (pour les polaires, il faut tenir compte du taux de dissociation de la molécule)

Feau-séd : fraction d'eau dans le sédiment (sans unité, en %)
Fsolid-séd : fraction de solide dans le sédiment (sans unité, en %)
Focséd : fraction de carbone organique dans le sédiment (kg/kg)
Koc : coefficient de partage entre carbone organique et eau (l/kg)
Rhosolide : masse volumique de la phase solide du sédiment (kg/m³)
Rhoséd : masse volumique du sédiment brut (non séché, kg/m³)

Claisse, D., 2009. Adaptation de la surveillance chimique pour la DCE conformément à la directive fille 2008/105/CE. Convention ONEMA, Ifremer 2009, 28 pages.

Annexe IV

Le Forum Interrégional des Lagunes Méditerranéennes : le FIL MED

Initié en 1997 dans le cadre du programme européen LIFE « Sauvegarde des étangs littoraux », le premier réseau de gestionnaires des étangs littoraux voit le jour en Languedoc-Roussillon sous le nom de Forum des Observateurs et Gestionnaires des Etangs Méditerranéens : FOGEM-LR ([Pôle-relais-lagunes méditerranéennes 2012](#)). L'objectif premier était de mettre en place sur chaque unité lagunaire une structure et un plan de gestion pouvant s'appuyer sur un personnel compétent et permanent assurant la restauration, la protection et la mise en valeur des milieux naturels. Au-delà des données que permet de « récolter » ce réseau, son but ultime était de réunir les gestionnaires des différentes lagunes, pour les amener à aborder des problèmes et surtout avoir un aspect actif sur la gestion de leurs masses d'eau (les rapprocher entre eux mais aussi vis-à-vis de leur territoire). Une première rencontre des gestionnaires des milieux lagunaires en avril 1997 à Bages a permis de faire apparaître la nécessité de connaître et de comprendre les caractéristiques du milieu, de détecter leurs changements et les causes pour adopter les mesures de gestion à chaque site. Une unicité de méthode et de matériel était donc nécessaire pour effectuer ces suivis en lagunes et pour pouvoir comparer les résultats et les mesures entre sites lagunaires. Ce réseau créé et animé par la Direction Régionale de l'Environnement, DIREN (aujourd'hui devenu Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement : DREAL) avec le concours et l'appui du Centre d'Etudes Hydrobiologiques de l'université de Perpignan et du Pôle-relais Lagunes Méditerranéennes (à partir de

2001) permet aux gestionnaires des lagunes d'être accompagnés et conseillés dans leurs suivis. En 2005, une demande croissante de certains gestionnaires de la région Languedoc-Roussillon et Provence-Alpes-Côte d'Azur voit émerger un réseau de gestionnaires à l'échelle de la façade méditerranéenne. Le réseau s'étant agrandi depuis 2006, il a été renommé et est aujourd'hui le Forum Interrégional des Lagunes Méditerranéennes (FIL MED). Au-delà des données que permet de « récolter » ce réseau, son but ultime était de réunir les gestionnaires des différentes lagunes, pour les amener à aborder des problèmes et surtout avoir une gestion active de leurs masses d'eau. Le suivi annuel du FIL MED, permet de suivre les paramètres physico-chimiques des lagunes, comme par exemple la salinité, l'oxygène et la température de l'eau. Il est cependant important de noter que la plupart des points de prélèvement de ce réseau se trouvent en bordure des étangs, et peuvent être légèrement différents des paramètres physico-chimiques de la masse d'eau considérée dans son ensemble. Dans le cas de Bages-Sigean, ces données représentent assez bien les caractéristiques de cette masse d'eau. De plus, le suivi de ces paramètres a permis d'apporter des informations nécessaires à la conception du programme de modélisation LOICZ qui est en cours de création sur cet étang (voir chapitre LOICZ suivant). Ce réseau peut être qualifié de réseau de soutien, qui permettrait d'apporter des informations et des données afin de compléter des études tout en réunissant les gestionnaires autour de questions et problématiques communes.

[Pôle-relais-lagunes Méditerranéennes, 2012.](#) <http://www.pole-lagunes.org> [consulté le 18/03/2012].

Annexe V

Le Réseau de Suivi Lagunaire : le RSL

Crée en 2000, le RSL s'inscrit dans le cadre du SDAGE Rhône Méditerranée, qui préconise la lutte contre l'eutrophisation et la mise en place de nouveaux réseaux complémentaires. Son but est de permettre la création d'indicateurs et d'un outil de diagnostic de l'état des milieux vis-à-vis de l'eutrophisation. Sa création est le fruit d'un partenariat entre plusieurs organismes : la Région Languedoc-Roussillon (maître d'ouvrage), l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse (partenaire technique), l'Ifremer (opérateur scientifique), et le Cépralmar qui détient un rôle de soutien technique, d'aide à la gestion et de valorisation des résultats auprès des structures locales de gestion. D'autres partenaires sont associés au sein du comité de pilotage comme la DIREN (Direction Régionale de l'Environnement), la DRAM (Direction Régionales des Affaires Maritimes) et la DRE CQEL (Cellule Qualité des Eaux Littorales). Ces derniers partenaires donnent leur avis sur le contenu des suivis et procèdent à l'examen des résultats acquis chaque année. La création de ce réseau de suivi a été entreprise afin de répondre à un enjeu fort, relatif à la qualité de l'eau des lagunes, mais aussi pour intervenir aux côtés des structures de gestion des lagunes. Le RSL s'articule comme un véritable outil de veille et d'aide à la décision. Globalement, sa démarche se compose de 4 volets :

- Observation : 22 lagunes sont étudiées, avec 42 stations d'échantillonnage. Un suivi de la colonne

1. Diagnostic de l'état de la colonne d'eau et du phytoplancton vis-à-vis de l'eutrophisation

Les variables que comporte la colonne d'eau permettent de révéler les causes ou les conséquences de l'eutrophisation. Les sels nutritifs (principalement nitrates, nitrites, ammonium et phosphate) constituent les causes, la turbidité et les chlorophylles restituent les conséquences. Le fait de séparer les formes des nutriments permet de retracer leurs origines. Les formes totales d'azote et de phosphate intègrent les

d'eau et du phytoplancton est réalisé chaque année. Un suivi complet des macrophytes est effectué tous les 3 ans, ainsi qu'un tous les 6 ans concernant les sédiments. De plus chaque année, un rapport scientifique est publié.

- Informations : la publication annuelle des résultats permet d'informer les élus, les citoyens ou même les professionnels de l'évolution de l'état des milieux vis-à-vis de l'eutrophisation. La présentation de restitution annuelle de ces résultats est ouverte au public, et un site internet permet de retrouver ces résultats, masses d'eau par masses d'eau et année par année.
- Transmissions : des documents techniques sont mis à la disposition des gestionnaires afin de valoriser le transfert de connaissances, de méthodologies et de savoir-faire. Un séminaire thématique est aussi organisé chaque année pour les gestionnaires des lagunes.
- Actions : une assistance technique et scientifique est mise en œuvre, auprès des gestionnaires, afin de permettre la mise en place d'actions de gestion adaptées.

Le RSL utilise des grilles de diagnostic, au moyen d'un code couleur, afin de quantifier l'état des compartiments qu'il suit au travers de certains paramètres. Ces grilles sont aussi utilisées en partie pour le diagnostic imposé par la DCE.

causes et les conséquences, car les formes organiques (plancton, matière détritique) constituent à terme des matières eutrophisantes en raison du recyclage efficace à l'interface eau-sédiment. Ces paramètres permettent d'associer la mesure des nutriments d'origine minérale et organique afin d'avoir une vue d'ensemble de la teneur en nutriment dans la colonne d'eau. Les grilles ainsi constituées permettent d'obtenir

un état général (Tableau 1), calculé à partir de l'avant dernier état le plus déclassant (cela permet de ne pas restreindre la classification en fonction d'un seul paramètre, par exemple la présence de beaucoup d'herbiers peut entraîner une sursaturation en O₂ qui n'est pas forcément « négative »). La grille de lecture

de l'eau est remplie à partir d'un triple échantillonnage reparti sur les trois mois d'été (juin, juillet et août). L'état du paramètre est défini par sa valeur, strictement supérieure à la limite inférieure du seuil et inférieure ou égale à la limite supérieure du seuil.

Tableau 1 : Grille de lecture de l'eau utilisée dans le RSL

Variable	Unité	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
Δ%O ₂ SAT	/	0	20	30	40	50
TUR	NTU	0	5	10	25	40
PO ₄ ³⁻	µM	0	0.3	1	1.5	4
NID	µM	0	2	6	10	20
NTRI	µM	0	0.3	0.5	0.75	1
NITRA	µM	0	1	3	5	10
AMMO	µM	0	1	3	5	10
Chl-a	mg.m ⁻³	0	5	7	10	20
Chlaphe	mg.m ⁻³	0	7	10	5	25
NT	µM	0	50	75	100	120
PT	µM	0	0.75	1.5	2.5	4.5

Δ%O₂SAT : écart par rapport à 100% de saturation

TUR : turbidité

PO₄³⁻ : concentration en phosphates

NID : concentration en azote inorganique dissous

NTRI : concentration en nitrites

NITRA : concentration en nitrates

AMMO : concentration en ammonium

Chl-a : concentration en chlorophylle-a

Chlaphe : concentration en chlorophylle-a + phéophytine-a

NT : concentration en azote total

PT : concentration en phosphore total

Le phytoplancton quant à lui, peut être considéré comme un indicateur « objectif » de l'eutrophisation. Les proliférations phytoplanctoniques ou blooms sont en relation étroite avec les apports d'azote et de phosphore. Les niveaux de prolifération doivent être formalisés au travers de comptages. Les chlorophylles, qui constituent des indicateurs de biomasses phytoplanctoniques, sont associées aux variables de routine. De la même façon que pour l'état de la colonne d'eau, des grilles de diagnostic pour le phytoplancton sont obtenues (Tableau 2). Pour la lagune, les méthodes classiques de dénombrement des cellules ne permettent pas d'assurer le comptage des très petites

cellules, composantes majeures du phytoplancton des lagunes. L'application de la cytométrie en flux (CMF) permet de palier à ce problème. Le diagnostic du phytoplancton est obtenu à partir du comptage des cellules phytoplanctoniques sur deux gammes de taille : > 3 µm (nanophytoplanctoniques) et < 3 µm (picophytoplanctoniques, figure 1). Cette distinction de taille arbitraire permet de distinguer des groupes phytoplanctoniques au comportement écologique différent. Concernant les prélèvements, ils sont effectués en même temps que ceux de la colonne d'eau (en juin, juillet et août), et l'état retenu pour la grille de diagnostic est celui qui est le plus déclassant.

Tableau 2 : Grille de diagnostic pour le phytoplancton.

Variable	Unité	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
< 3 µm	Cel/L 10 ⁶	0	20	50	100	500
> 3 µm	Cel/L 10 ⁶	0	2	5	10	50

Les évolutions pluriannuelles de ces compartiments, sur l'étang de Bages-Sigean, sont représentées ci-dessous (tableau 3, 4 et 5).

Tableau 3 : Evolution pluriannuelle des états de l'eau et du phytoplancton dans la partie nord de la lagune de Bages-Sigean (RSL 2011).

* : grille basée sur un seul prélèvement ne permettant pas de faire un diagnostic

	Bages Nord													
	1996	1997*	1998	1999	2000*	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Δ%O ₂ SAT		Y	R	G	Y	R	G	Y	R	G	Y	R	G	Y
TUR			G	Y	R	G	Y	R	G	Y	R	G	Y	R
PO ₄ ³⁻		Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
NID		G	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
NTRI		Y	R	R	G	Y	R	G	Y	R	G	Y	R	Y
NITRA		Y	G	G	Y	R	G	Y	R	G	Y	R	G	Y
AMMO		G	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Chl-a		R	R	R	Y	R	Y	R	Y	R	Y	R	Y	R
Chlaphe		R	R	R	G	R	G	R	G	R	G	R	G	R
NT		Y	G	G	Y	R	G	Y	R	G	Y	R	G	Y
PT		Y	G	G	Y	R	G	Y	R	G	Y	R	G	Y
Etat colonne d'eau été	Y	Y	Y	R	Y	Y	Y	R	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Picphytoplankton (<3µm)		Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Nanophytoplankton (<3µm)		Y	G	G	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	R	Y	Y
Etat phytoplancton été	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	R	Y	Y

Tableau 4 : Evolution pluriannuelle des états de l'eau et du phytoplancton dans la partie médiane de la lagune de Bages-Sigean (RSL 2011).

* : grille basée sur un seul prélèvement ne permettant pas de faire un diagnostic

	Bages Milieu													
	1996	1997*	1998	1999	2000*	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Δ%O ₂ SAT			G	G	Y	R	G	Y	R	G	Y	R	G	Y
TUR			R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
PO ₄ ³⁻		Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
NID		Y	G	G	Y	R	G	Y	R	G	Y	R	G	Y
NTRI		Y	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
NITRA		Y	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
AMMO		G	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Chl-a		R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Chlaphe		R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
NT		Y	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
PT		Y	G	G	Y	R	G	Y	R	G	Y	R	G	Y
Etat colonne d'eau été	Y	G	G	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Picphytoplankton (<3µm)		Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Nanophytoplankton (<3µm)		G	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Etat phytoplancton été	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y

Tableau 5 : Evolution pluriannuelle des états de l'eau et du phytoplancton dans la partie sud de la lagune de Bages-Sigean (RSL 2011).

* : grille basée sur un seul prélèvement ne permettant pas de faire un diagnostic

	Bages Sud														
	1996	1997*	1998	1999	2000*	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Δ%O ₂ SAT															
TUR															
PO ₄ ³⁻															
NID															
NTRI															
NITRA															
AMMO															
Chl-a															
Chlaphe															
NT															
PT															
Etat colonne d'eau été															
Picphytoplancton (<3µm)															
Nanophytoplancton (<3µm)															
Etat phytoplancton été															

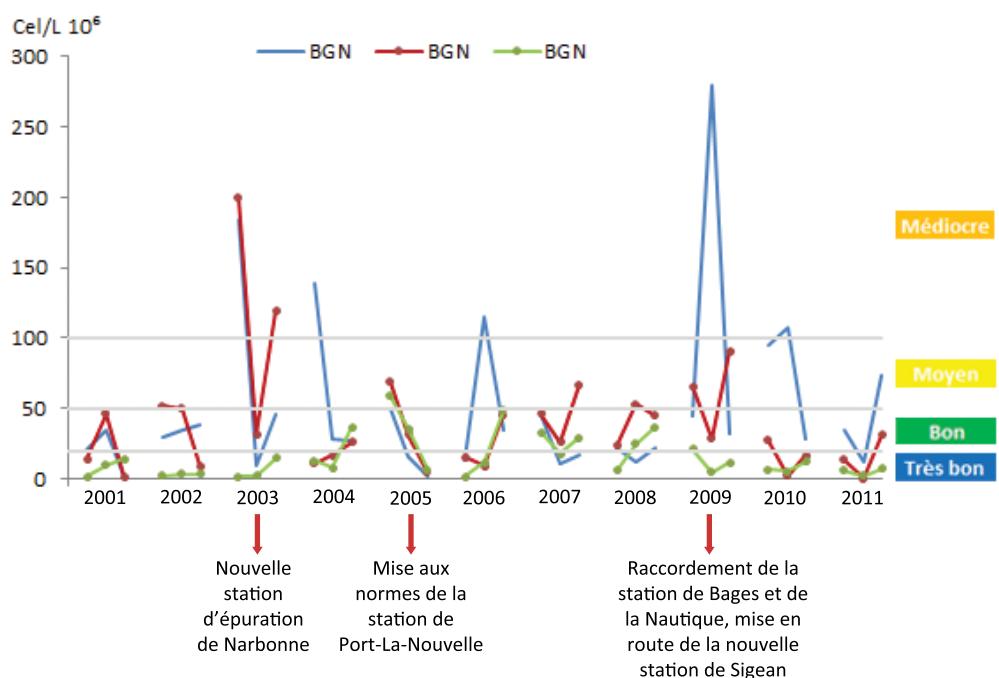


Figure 1 : Evolution des teneurs en picophytoplancton au niveau des trois secteurs de l'étang de Bages-Sigean au cours du temps.

2. Diagnostic de l'état des sédiments vis-à-vis de l'eutrophisation

Les sédiments sont diagnostiqués en cartographiant les données de concentrations en matière organique (MO), azote et phosphore (NT et PT), après encodage suivant la grille de diagnostic suivante (tableau 6). Chaque station échantillonnée donne accès à un état défini par la grille de qualité trophique des sédiments. Des cartes, montrant la distribution spatiale des états, permettent notamment d'identifier les secteurs

les plus dégradés. La détermination de l'état général d'un secteur ou d'une lagune est donnée pour chaque variable en retenant le rang (rangement par ordre croissant) correspondant à l'entier le plus proche de la quantité $0.8 \times N$ où N est le nombre de stations échantillonnées. L'état retenu pour une lagune ou un secteur de la lagune est le plus déclassant de la grille.

Tableau 6 : Grille de diagnostic RSL pour les sédiments (PS : Poids Sec)

Variable	Unité		Très bon		Bon		Moyen		Médiocre		Mauvais
MO	%	0		3.5		5		7.5		10	
NT	g/kg PS	0		1		2		3		4	
PT	g/kg PS	0		400		500		600		700	

3. Diagnostic de l'état des macrophytes vis-à-vis de l'eutrophisation

Avant 2007, les paramètres suivis étaient la biomasse (poids des macrophytes par unité de surface), le recouvrement (le taux d'occupation des sols par les macrophytes) et la richesse spécifique (le nombre total d'espèces présentes sur la zone étudiée). Une estimation du taux de recouvrement total des macrophytes était d'abord effectuée autour de la station concernée. Puis, un quadrat (d'une surface allant de 10x10 cm à 100x100 cm) était prélevé au niveau d'un endroit représentant le mieux la diversité de la station. Les échantillons étaient ensuite identifiés très précisément, ce qui permettait d'avoir une description détaillée de chaque espèce présente, ainsi que de sa biomasse. Cependant, cette méthode présentait quelque inconvénient du fait de la sélection du quadrat et de l'estimation du taux de recouvrement qui pouvait varier d'une personne à l'autre. Pour pallier à ces problèmes, depuis 2007 on se « concentre » uniquement sur les espèces de référence (espèces indicatrices de la bonne qualité vis-à-vis de l'eutrophisation). Pour aboutir à l'abondance relative des espèces de référence, trois étapes d'observation sont nécessaires :

- l'estimation du recouvrement total par les macrophytes : la trajectoire du plongeur

s'effectue en cercle autour du bateau (le rayon est délimité par une corde de 10m fixée au mouillage du bateau). Deux observateurs différents réalisent cette étape afin de pouvoir comparer les résultats,

- identification des groupes de macrophytes homogènes dans leur composition et estimation du pourcentage relatif de chaque groupe par rapport à l'ensemble de la couverture végétale,
- estimation de l'abondance relative des espèces prépondérantes au sein de chaque groupe.

Les données ainsi récoltées sont « interprétées » grâce à une grille de diagnostic de l'eutrophisation par les macrophytes (tableau 7). Il est important de noter que cette grille n'est utilisable, pour une station donnée, seulement quand le recouvrement végétal est supérieur ou égal à 5 %. Cette grille peut être lue à l'échelle de chaque station d'observation, ou bien à l'échelle d'une lagune. Il est nécessaire pour considérer une masse d'eau dans son ensemble vis-à-vis de l'eutrophisation, de procéder préalablement à la somme des différentes espèces observées, et à la moyenne des pourcentages de recouvrement des espèces de références obtenus par stations.

Tableau 7 : grille RSL de diagnostic de l'eutrophisation pour les macrophytes

Recouvrement relatif des espèces de références (RR)		
75 % ≤ RR	Très bon	
50 % ≤ RR < 75 %	Bon	
5 % ≤ RR < 50 %	Moyen	
0 < RR < 5 %	Médiocre	
Absentes		Mauvais
Richesse Spécifique (RS)	RS ≥ 3	RS < 3

Les résultats de l'évolution de l'état de Bages vis-à-vis de l'eutrophisation sont représentés ci-dessous (tableau 8).

Tableau 8 : Evolution de l'état des macrophytes vis-à-vis de l'eutrophisation des différents secteurs de l'étang de Bages-Sigean.

	Bages nord					Bages milieu					Bages sud				
	1999	2002	2005	2007	2010	1999	2002	2005	2007	2010	1999	2002	2005	2007	2010
Macrophytes	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

4. Diagnostic général de l'état d'une lagune vis-à-vis de l'eutrophisation

Les résultats pour chaque écosystème peuvent être rassemblés dans une planche qui conduit à un état global de l'écosystème pour ce qui concerne l'eutrophisation (tableau 9).

Tableau 9 : Planche de diagnostic global de l'étang de Bages-Sigean vis-à-vis de l'eutrophisation

		Bages nord			Bages médian			Bages sud		
		1999	2005	2010	1999	2005	2010	1999	2005	2010
Paramètres déterminants	Etat phytoplancton	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Etat macrophytes	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Etat phosphore sédiment	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Paramètres informatifs	Etat sédiment	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Proliférations de cascais	□	□	□	□	□	□	□	□	□
	Etat général eutrophisation	■	■	■	■	■	■	■	■	■

L'ensemble des résultats rassemblés dans cette planche permet d'identifier sommairement dans quel(s) compartiment(s) les éventuelles dégradations entraînées par le niveau d'eutrophisation se font sentir. Cette planche doit être accompagnée de l'interprétation d'un expert. La détermination de l'état général de l'écosystème par rapport à l'eutrophisation est effectuée en prenant l'état le plus déclassant de

plusieurs paramètres déterminants : le phosphore des sédiments, le phytoplancton et les macrophytes. Deux autres paramètres, l'état général du sédiment et la prolifération ou non de cascais sont des paramètres informatifs qui sont là en tant que soutien afin de renforcer les interprétations si nécessaire (en aucun cas ils ne peuvent être impliqués directement dans la détermination de l'état général).

Annexe VI

Un réseau de contrôle de surveillance opérationnel et d'enquête : les campagnes DCE

Cette partie a été rédigée grâce au rapport de la campagne DCE de 2009 ([Andral & Sargian 2009](#))

La DCE impose à tous les Etats membres de maintenir ou de recouvrer un bon état écologique des milieux aquatiques d'ici à 2015. Ce bon état englobe l'état biologique et l'état chimique d'une masse d'eau, qui est l'unité élémentaire de surveillance. Un programme de surveillance des eaux côtières et des eaux de transition a donc été établi. Il se divise en 4 parties :

- une partie contrôle de surveillance, dont les objectifs principaux sont d'apprécier les états biologiques et chimiques des masses d'eau, ainsi que d'évaluer à long terme les éventuels changements du milieu liés à l'activité humaine,
- une partie contrôle opérationnel, qui a comme rôle d'établir l'état des masses d'eau identifiées

comme risquant de ne pas répondre à leurs objectifs environnementaux, et évaluer les changements d'état de ces masses d'eau suite aux programmes de mesures,

- une partie contrôle d'enquête, effectué pour rechercher les causes d'une mauvaise qualité,
- une partie contrôles additionnels, requis pour vérifier les pressions qui s'exercent sur les zones protégées ou secteurs soumis à une réglementation européenne.

Son objectif principal est de quantifier l'état chimique et biologique actuel d'une masse d'eau, afin de statuer sur l'état écologique de la masse d'eau concernée (figure 1).

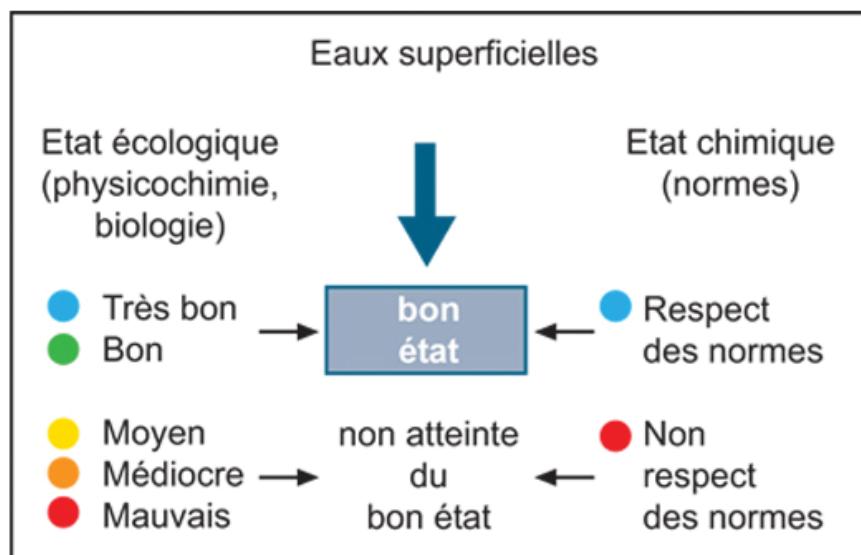


Figure 1 : Représentation schématique de la définition de la qualité d'une masse d'eau au titre de la DCE ([Andral & Sargian 2009](#))

Il s'appuie notamment sur des réseaux de surveillance existants (comme par exemple le RSL, le ROCCH, ou encore le REPHY), ou sur divers organismes spécialisés pour la mise en œuvre des campagnes, le traitement et l'interprétation des données (par exemple le bureau d'étude Créocéan,

l'INSU de Banyuls, Marseille et Villefranche et bien d'autres encore). L'état chimique est représenté en deux classes d'état chimique (bon état et mauvais état), et s'évalue en fonction des NQE, qui sont communs à tous les états membres de l'UE. L'état biologique est organisé en cinq classes d'état biologique (très bon, bon, moyen,

médiocre et mauvais), qui s'évalue en fonction des EQR (Ecological Quality Ratio) : Pour chaque masse d'eau, on calcule un ratio en l'élément de qualité biologique mesuré (BQE : Biological Quality Element) et le statut de référence. Ce ratio permet de quantifier les données observées par rapport à des données référence qui sont décrites comme les composants optimaux de la qualité biologique du type de masse d'eau considérée. Cependant, ces EQR sont spécifiques à chaque pays, et plus précisément aux différentes méthodes qu'ils utilisent. Pour effectuer des comparaisons et des échanges entre les pays sur des milieux de même type, la directive prévoit des comparaisons et des exercices

1. Chimie

L'état chimique d'une masse d'eau est destiné à vérifier le respect des normes de qualité environnementale (NQE) fixées par la Directive 2008/105/CE du Parlement Européen et du Conseil du 16 décembre 2008. La stratégie d'échantillonnage de ces substances repose sur deux principes fondamentaux :

- pour les substances hydrophobes et intermédiaires, la mesure des niveaux de contamination se fait soit dans les sédiments fins superficiels, soit dans le biote. La mesure directe dans l'eau pose des problèmes de représentativité de prélèvements ponctuels dans

d'intercalibration. Ils portent sur la comparaison des méthodes de suivi et sur l'harmonisation des limites du bon état. Pour les masses d'eau de type T10 (masses d'eau de transition qui inclue les lagunes dont Bages-Sigean, une typologie précise des lagunes n'existe pas à ce jour), l'état chimique utilise des indicateurs dans le biote et l'eau, alors que l'état biologique utilise des indicateurs basés sur l'hydrologie, le phytoplancton, les macrophytes, la macrofaune benthique et l'ichtyofaune. Il est cependant important de noter que les paramètres d'hydro-morphologie et physico-chimique sont des paramètres de soutien qui n'interviennent pas directement dans la définition de l'état écologique.

un milieu dynamique. Cependant, l'utilisation d'échantilleur passif devrait permettre de mesurer les concentrations de certains contaminants hydrophobes directement dans la colonne d'eau, de même que certaines substances hydrophiles,

- le suivi de l'évolution des concentrations dans le biote est réalisé dans le cadre des contrôles de surveillance opérationnelle, de manière à pouvoir apprécier les tendances temporelles.

Cette stratégie s'appuie notamment sur l'expérience et les campagnes du ROCCH et du RINBIO.

A. Suivi dans le biote

Le suivi dans le biote est réalisé avec le protocole du RIMBIO (voir chapitre sur le RIMBIO).

B. Suivi dans l'eau

L'utilisation d'échantilleurs passifs permet, pour certains composés présents dans l'eau, de les extraire et de les concentrer in situ afin de réduire les difficultés et les coûts liés à l'analyse des contaminants à l'état de traces. Ces dispositifs présentent l'avantage de pouvoir être mis en œuvre rapidement, et permettent de mesurer la concentration en contaminants dissous « biodisponibles » alors que souvent les techniques classiques ne le permettent pas (mesures de la concentration dissoutes « totale », DCE 2009). Il existe différents échantilleurs passifs, qui sont

chacun dépendants des composés ciblés. Dans le cadre du suivi de la DCE, une pré-étude a été réalisée en 2008 ([Gonzalez et al. 2009](#)), avec l'utilisation des échantilleurs POCIS (Polar Organic Chemical Integrative Sampler) pour les composés hydrophiles, et les DGT (Diffusive Gradients in Thin-films) pour les métaux.

• Les POCIS (Polar Organic Chemical Integrative Sampler)

Les POCIS ont été conçus pour l'échantillonnage intégratif des composés organiques hydrophiles. Ils permettent de détecter leur présence (analyse qualitative, absence ou présence) et, après calibration en laboratoire, leur concentration moyenne « intégrée » sur le temps d'exposition de 1 à 4 semaines (analyse quantitative), lorsque les limites de détection le permettent. Chaque dispositif contient 200 mg de phase solide absorbante, emprisonnée entre deux membranes microporeuses semi-perméables en polyéthersulphone. Ces membranes sont maintenues

par deux disques en acier inoxydable serrés avec trois points par des vis. Ce dispositif permet de constituer une surface totale d'échange avec le milieu d'environ 41 cm². Cependant, il est important de prendre en compte que pour utiliser de tels appareils pour une analyse quantitative, il faut connaître le taux d'échantillonnage de ces dispositifs. Ce paramètre est contrôlé par les conditions hydrodynamiques, biologiques et physico-chimiques (surtout la température et la salinité), ainsi que les propriétés des composés dont on veut connaître la concentration.

• Les DGT (Diffusive Gradients in Thin-Films)

La technique DGT est utilisée pour extraire et concentrer *in situ* les contaminants métalliques pris en compte pour la surveillance DCE (cadmium, nickel et plomb). Ces dispositifs, très simples à mettre en œuvre, permettent après un temps d'immersion relativement court (quelques heures) une évaluation des espèces métalliques dissoutes les plus biodisponibles. Durant leur immersion, les DGT accumulent (sur une résine Chelex 100) les cations métalliques dissous les plus

faibles en fonction de leur concentration dans le milieu et du temps d'immersion de l'échantillonneur. Les cations migrent à travers le gel de diffusion et se fixent de façon irréversible sur la résine. La diffusion détermine la cinétique sur la résine. Celle-ci est contrôlée par les propriétés physiques du gel, la température et la concentration en métal dans le milieu à échantillonner.

2. Hydrologie et hydrodynamisme

Les paramètres hydrologiques généraux permettant de comprendre l'activité biologique d'un écosystème côtier sont : la température et la salinité, la turbidité, l'oxygène dissous et les nutriments (les nitrates, les nitrites, l'ammonium et les phosphates). Concernant les eaux de transition (englobant les lagunes) la grille

de qualité est la même que celle du RSL, à ceci près que les concentrations en chlorophylle-a et chlorophylle-a+phéophytine-a ne sont pas prises en compte dans le diagnostic de la colonne d'eau (la concentration en chlorophylle sera utilisée pour quantifier l'abondance du phytoplancton).

3. Biologie

A. Phytoplancton

Pour le phytoplancton, les paramètres requis par la DCE comportent :

- la concentration en chlorophylle-a (chl-a) qui est un indicateur de biomasse,
- les blooms (indicateurs d'efflorescence et d'abondance) ou l'abondance des cellules mesurée par cytométrie en flux (CMF),
- la composition taxonomique.

A noter ici que la composition taxonomique est actuellement en cours de révision, et n'est donc pas considérée pour l'évaluation de la qualité du descripteur phytoplancton.

• Biomasse

La chl-a est le pigment photosynthétique commun à tous les végétaux aquatiques. Sa mesure dans l'eau est simple et traduit bien la biomasse phytoplanctonique tout en étant complémentaire de l'information apportée par le dénombrement d'espèces. Son unité est le percentile 90 (P90) des valeurs des concentrations en chl-a, calculé sur des données mensuelles acquises pendant les années du plan de gestion (6 ans). Sa méthode de calcul est représentée ci-dessous :

Le calcul du percentile 90 (P90) est le suivant :

P90 : valeur de l'indicateur

x_1, x_2, \dots, x_n : valeurs des ordonnées de la variable

n : nombre de valeurs pour la variable

$p = 0,9$

$np = j + g$

Avec j la partie entière et g la partie fractionnaire de np

$$P_{90} = (1 - g)x_j + g x_{j+1}$$

Ces valeurs sont ensuite comparées à une grille de diagnostic, qui tient compte de la typologie des masses d'eau (les lagunes étant de type T10). La grille de diagnostic utilisée pour quantifier la biomasse phytoplanctonique dans le cadre des campagnes DCE est représentée ci-dessous (tableau 1).

Tableau 1 : Grille de diagnostic pour la biomasse phytoplanctonique des masses d'eau de transition, exprimée en fonction des valeurs du P90 de la concentration en chl-a ($\mu\text{g/L}$) et des valeurs des EQRs correspondants (notés ici EQRb avec une référence de 3.3, [Andral & Sargian 2009](#))

Type masse d'eau	Très bon		Bon		Moyen		Médiocre		Mauvais
Type T10		5		10		20		40	
EQRb Type T10		0,67		0,33		0,17		0,08	

• Abondance

De même que pour le RSL, l'abondance du phytoplancton est mesurée grâce à l'application de la méthode de la cytométrie en flux (afin de pouvoir compter les plus petites cellules). La grille de diagnostic portant sur une seule année est identique à celle du RSL. Pour une approche annuelle, il n'y a pas de valeurs de références définies. A partir de ce moment, seul l'EQR établi pour la biomasse est retenu pour quantifier l'état du compartiment phytoplanctonique. Pour un jeu de

données portant sur plusieurs années (ce qui est le cas pour la DCE), une nouvelle grille de diagnostics a été établie (tableau 2). Cette grille permet de calculer les EQR de l'abondance (notés EQRa) qui est le minimum des EQR obtenu entre celui du picophytoplancton et du nanophytoplancton.

Tableau 2 : Grille de diagnostics pour l'abondance phytoplanctonique des masses d'eau de transition exprimée en fonction des classes de taille et des valeurs EQRa
 (Andral & Sargian 2009)

Variable	Unité	Référence	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
< 3 µm	Cel/L 10^6	15	20	50	100	500	
> 3 µm	Cel/L 10^6	3	2	5	10	50	

• Classification générale

L'indicateur de l'élément phytoplanctonique résulte donc de la combinaison des deux indices de biomasse et d'abondance. Ces deux indices sont transformés en EQRphy, ce qui représente la moyenne de ces deux EQRs. La grille de diagnostic général se trouve ci-dessous (tableau 3).

Tableau 3 : Grille de diagnostic général concernant l'élément phytoplanctonique
 (Andral & Sargian 2009)

Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
EQRphy Type 10	0,58	0,27	0,13	0,05

B. Macrophytes

Les campagnes de prélèvements se sont déroulées au mois de juin, lors de la période de prolifération maximale, et avant les mortalités estivales. La méthode recommandée par le DCE est appliquée depuis 2000 dans le cadre du RSL, et est fondée sur le recouvrement relatif des espèces de référence. Cependant, cette méthode inclut, contrairement au RSL, le pourcentage de recouvrement total (RV) qui renseigne sur l'abondance des macrophytes (dans le RSL cette métrique était juste une indication). Comme pour le RSL, l'évaluation s'articule autour du

pourcentage de recouvrement relatif par les espèces de référence (RR, uniquement si le recouvrement est supérieur à 5%), ainsi que la richesse spécifique (RS). A partir de ces données, deux EQR sont établis. L'EQR correspondant à la composition (EQRC) est obtenu à partir des métriques RS et RR. L'EQR correspondant à l'abondance (EQRA) est obtenu à partir de la métrique RV. Le principe de déclassement de l'indice de composition par l'indice d'abondance fonctionne selon la grille de lecture ci-dessous (figure 3).

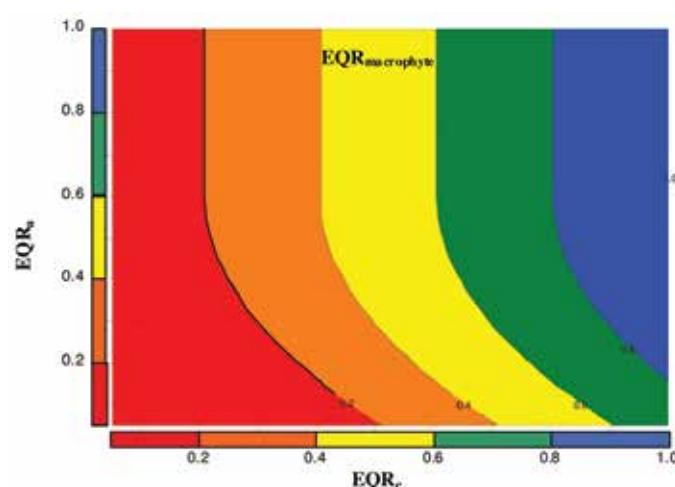


Figure 3 : Grille de diagnostics pour l'élément de qualité « Macrophytes » pour les masses d'eau de transition
 (Andral & Sargian 2009)

C. Macrofaune benthique et substrat meuble

Pour le suivi de la macrofaune benthique dans les lagunes méditerranéennes, une à trois stations sont suivies par masse d'eau, conduisant à un total de 30 stations échantillonnées. Pour chaque station, trois sous-stations sont réalisées, espacées d'environ une dizaine de mètres pour une meilleure représentativité de la zone prospectée. Chaque sous-station se compose de quatre réplicats, séparés de quelques mètres l'un de l'autre. Les prélèvements sont réalisés à l'aide d'une benne Eckmann-Birge d'une surface de 0.0225 m². Chaque réplicat correspond à une benne. Ainsi, la surface totale échantillonnée est de 0.27 m² par station. Les échantillons prélevés sont ensuite tamisés sur un tamis de vide de maille 1 mm. Le refus du tamis contenant la faune benthique mélangée à des particules grossières, des débris coquilliers et autres fragments, est conditionné dans des sacs de congélation avec une solution aqueuse de formaldéhyde (32% diluée à environ 7% avec de l'eau des lagunes) et de Rose de Bengale. En parallèle, et pour chaque station, un prélèvement complémentaire de sédiments est réalisé dans les mêmes conditions pour l'analyse de la qualité du substrat et de la structure des fonds. Chaque échantillon est analysé jusqu'au niveau spécifique. Pour chaque espèce sont calculées l'abondance et la biomasse et sont déterminées pour chaque échantillon :

- la richesse spécifique : le nombre d'espèces différentes présentes dans l'échantillon,
- la densité : le nombre d'individus sur une surface donnée,

• Qualité des sédiments

La qualité des sédiments intervient comme paramètre d'appui pour définir la qualité de la macrofaune benthique. La granulométrie, et en particulier le taux de fraction fine (particules

- la biomasse : le poids en matière sèche prélevé par groupe trophique et embranchement.

A partir de ces données, plusieurs indices sont calculés afin de caractériser l'état écologique du compartiment macrofaune benthique :

- l'équilibre écologique du peuplement est apprécié par le calcul de l'indice de Shannon-Weaver (H'), un indice qui prend en compte à la fois la richesse spécifique (S) et l'abondance relative de chaque espèce,
- l'AZTI Marine Biotic Indice (AMBI, Borja et al. 2000), appelé aussi coefficient benthique (CB), qui est basé sur les successions écologiques. Les groupes écologiques ainsi constitués (au nombre de 5 : GI, GII, GIII, GIV et GV) sont basés sur la polluo-sensibilité des espèces.

Enfin, à partir de ces différents indices, un autre indice est calculé : le M-AMBI, dérivé par analyse factorielle de l'AMBI, de la richesse spécifique S et de l'indice de diversité H' . Pour le calcul, il est d'abord nécessaire de définir des stations théoriques ou réelles, considérées comme « station de référence haute » (prend comme valeur la meilleure de chaque indice de l'ensemble des résultats obtenus lors des campagnes DCE les lagunes) et « station de référence basse » (correspondant aux pires résultats possibles).

inférieures à 63 µm) permet de déterminer le type de sédiment. Le tableau suivant représente le type de sédiment rencontré selon les classes de fraction fine, d'après la classification d'Ibouily (1981, tableau 4).

Tableau 4 : Classification du sédiment (Ibouily, 1981)

Fraction fine	Type de sédiment
< 10 %	Sables purs
10 à 20 %	Sables peu envasés
20 à 40 %	Sables moyennement envasés
40 à 60 %	Sédiment très envasé à dominance de sables
60 à 80 %	Sédiment très envasé à dominance de vases
80 à 100 %	Vases pures

• Qualité de la macrofaune benthique

L'état biologique de l'élément de qualité macrofaune benthique de substrat meuble pour les masses d'eau côtières est apprécié selon la grille de diagnostic ci-dessous (tableau 5). Elle utilise l'indice M-AMBI.

Tableau 5 : Grille de diagnostic pour l'élément de qualité « Macrofaune benthique de substrat meuble » pour les masses d'eau de transition ([Andral & Sargian 2009](#)).

M-AMBI	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
	0,8	0,63	0,4	0,2	

D. Ichtyofaune

Les milieux de transition, et plus précisément les lagunes, assurent pour l'ichtyofaune de nombreuses fonctions écologiques (nourrissages, alimentation,...). Une étude sur les peuplements piscicoles des eaux de transition méditerranéennes est portée par le Cemagref dans le cadre du projet LITEAU II. L'étude est actuellement en cours de finalisation. Cette étude permet de définir et développer un indicateur « poisson ». Cet indicateur est établi à partir de plusieurs métriques, qui permet d'obtenir une référence (ou indice poisson) pour chaque masse d'eau. Cependant, pour obtenir les EQR, il est nécessaire d'établir les 5

classes de qualité, allant du très bon au mauvais état. Plusieurs méthodes ont été testées comme l'écart par rapport à la référence (avec la note maximale comme référence ou la « méthode des quintiles ») ou encore la modélisation des seuils par rapport à une pression anthropique ([Cemagref 2009](#)). Cependant aucune de ces méthodes ne permet de refléter réellement l'état écologique du système, comme stipulé dans le DCE. Des analyses supplémentaires sont donc nécessaires afin d'affiner et de pouvoir utiliser cet indicateur de l'ichtyofaune.

[Andral, B. & Sargian, P. 2009.](#) Contrôles de surveillance/opérationnel Directive Cadre Eau, District « Rhône et Côtiers Méditerranéens ». 129 pages.

[Cemagref, ONEMA, 2009.](#) Perfectionnements et ajustements de l'indicateur poisson pour les eaux de transition. 99 pages

[Gonzalez, J.L., Budzinski, H., Tapie, N., Munaron, D., 2009.](#) Projets PEPS Méditerranée (Pré-étude : échantillonnage Passif pour la Surveillance de la contamination chimique). RST.DOP/DOP-DCN-BE/09-08. 90p.

[Ibouily, G., 1981.](#) Etude sédimentologique de la rade de Marseille (Bouches du Rhône). Thèse de spécialité, université de Provence, 130 pages.

Annexe VII

Les modèles

Même si certains modèles sont en apparence très complets dans la variété des processus qu'ils prennent en compte et qu'ils simulent, même le modèle le plus sophistiqué restera toujours une simplification et une « idéalisation » des systèmes réels. Ils tentent de décrire un système et ne peuvent qu'inclure une sélection d'éléments et processus, tout en négligeant les autres. Un modèle n'est jamais « vrai, mais la confiance qu'on lui porte peut augmenter » (Waveren et al. 1999). Etant donné que les modèles peuvent être appliqués de façon très souple, il y a toujours un risque d'utilisation incorrecte du modèle.

Scott et al (2000) décrivent le processus de modélisation avec cinq étapes (figure 1):

- la formulation du problème (formulation de la question, la fixation de l'objectif de modélisation),
- la conceptualisation (la construction du modèle ou la sélection d'un modèle déjà existant pour une tâche particulière),
- l'estimation des paramètres du modèle et l'étalonnage,
- l'évaluation et la correction du modèle (en comparant les résultats obtenus grâce aux modèles calibrés avec des observations indépendantes),
- l'analyse (interprétation des résultats de simulation du modèle).

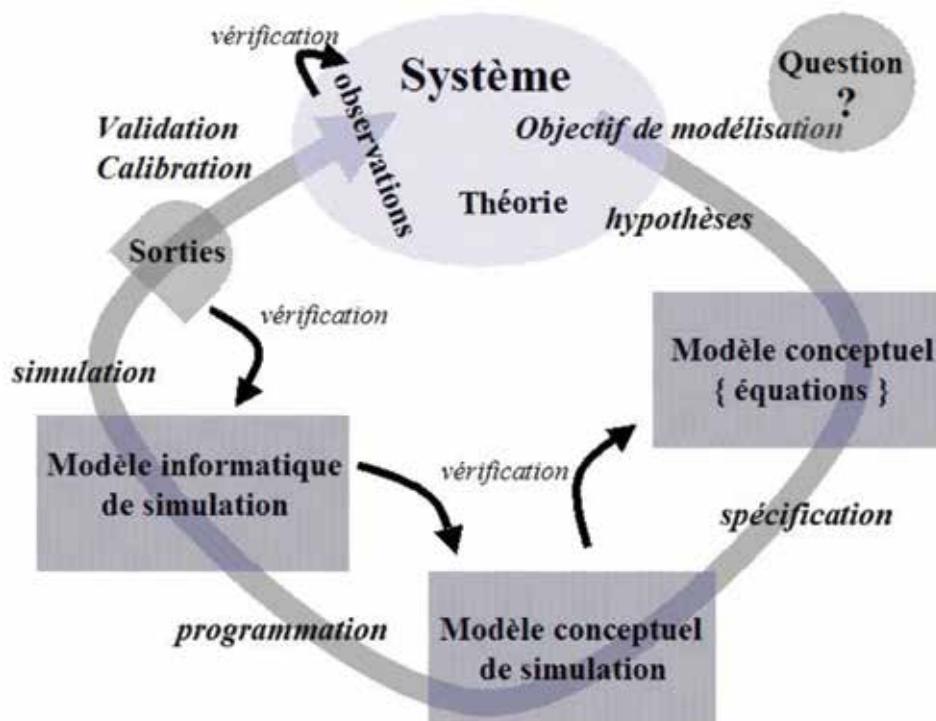


Figure 1 : Représentation schématique de l'élaboration du modèle (Mahévas 2009)

Diverses sources d'informations peuvent être utilisées à chaque étape (des données empiriques, des jugements d'experts, des analogies, ...). Il faut cependant être prudent car une bonne adéquation entre les résultats du modèle et les observations (un modèle bien calibré) ne donne aucune garantie que les prédictions du modèle seront correctes, puisque

les systèmes naturels sont dynamiques et peuvent changer de façon inattendue (par exemple dans des circonstances que le modèle n'a pas prévu de simuler, Oreskes et al. 1994). De plus, un modèle qui « fonctionne » pour une zone ou un domaine, peut ne pas être fonctionnel lorsqu'il est appliqué en dehors de ce domaine (Cullen & Frey 1999).

De façon générale, l'évaluation de la pertinence d'un modèle dépend de son utilisation. Si le modèle est utilisé à des fins de recherches, des questions telles que le nombre de processus différents inclus dans le modèle ou le nombre de dimensions seront parmi les aspects les plus importants, responsables de la qualité

du modèle. Toutefois, si le but de la modélisation est d'utiliser les résultats du modèle en tant qu'aide à la prise de décision, les incertitudes des modèles et la pertinence des résultats seront les aspects les plus importants à évaluer.

[Cullen, A.C. & Frey, H.C., 1999.](#) Probabilistic techniques in exposure assessment: a handbook for dealing with variability and uncertainty in models and inputs. Plenum press, New York 335.

[Mahévas, S., 2009.](#) Simulation de la dynamique de pêcherie : modélisation, complexité et incertitude. Mémoire d'HRD. 45 pages.

[Oreskes, N., Shrader-Frechette, K., Belitz, K., 1994.](#) Verification, validation and confirmation of numerical models in the earth sciences. Sciences 263: 641-646.

[Scott, E.M., Saltelli, A., Sorensen, T., 2000.](#) Patical experience in applying sensitive and uncertainty analysis. Pages 267-274 in D. Saltelli and others (eds.), Sensitivity analysis. John Wiley & Sons, New York.

[Van Waveren, R.H., Groot, S., Scholten, H., Van Geer, F.C., Wösten, J.H.M., Koeze, R.D., Noort, J.J., 1999.](#) Handbook of good modeling practice. STOWA report 99-05, RIZA (institute for inland water management and waste water treatment).

Annexe VIII

Les incertitudes

L'évaluation de l'incertitude est essentielle pour permettre au décideur de juger si les résultats du modèle sont suffisamment exacts et précis pour appuyer la prise de décision. L'analyse d'incertitude constitue la base de l'analyse des risques qui précède souvent la prise de décision. Cependant l'incertitude n'est pas uniquement statistique, car on peut observer que pour des modèles différents se « posent » les mêmes questions, les résultats peuvent présenter des réponses divergentes, ce qui peut influencer les prises de décisions.

Bien qu'aucune typologie de l'incertitude n'existe, de nombreuses tentatives différentes se sont organisées afin de briser « cette incertitude » en composants distincts ([Schneider et al. 1998](#)). Un exemple de la typologie est l'incertitude de Funtowicz et al. ([1990](#)) qui effectue une distinction entre trois types d'incertitudes :

- Les incertitudes techniques (inexactitude) : ce type d'incertitudes est lié aux valeurs des paramètres du modèle et à la qualité des données d'entrée. Les incertitudes techniques présentes dans les résultats du modèle (propagation de l'incertitude dans le modèle) peuvent être quantifiées par des techniques de l'analyse d'incertitude ([Cullen et Frey 1999, Saltelli et al. 2000](#)).
- Les incertitudes méthodologiques (manque de fiabilité) : ce type d'incertitude découle des méthodes de modélisation, du fait que les modèles, leur structure, les échelles spatio-temporelles, les approximations numériques (algorithmes, paramètres), etc..., sont toujours des abstractions incomplètes de la réalité des systèmes naturels. Ces incertitudes méthodologiques sont étroitement liées à la pertinence du modèle ainsi qu'à la tâche de modélisation. Ils sont difficiles à quantifier et donc leur évaluation est généralement limitée à des déclarations quantitatives.

- Les incertitudes épistémologiques (frontière avec l'ignorance) : ces incertitudes sont liées aux limites des connaissances scientifiques, c'est-à-dire à la compréhension conceptuelle incomplète des systèmes naturels (en particulier dans les systèmes chaotiques et complexes et les champs de recherches nouveaux). Cela peut être comparé à l'ignorance des processus du fait du manque de connaissances.

En plus de ces trois types d'incertitudes, on peut aussi avoir une incertitude éthique qui découle des jugements et des décisions que prennent les parties concernées, et qui sont en relation avec les coûts socio-économiques et les « avantages ».

Il est donc nécessaire d'avoir une gestion efficace de « l'incertitude », mais aussi de la communication. Cette dernière peut conduire à des malentendus de l'apport de connaissances scientifiques et par conséquent entraîner des erreurs dans la prise de décisions. Ces deux notions sont particulièrement importantes dans les domaines scientifiques où les questions touchent à différents acteurs (citoyens, élus, ...) qui ont le plus souvent des avis différents, et des questions où les enjeux sont élevés et où l'incertitude est grande. De ce fait, l'implication et la participation du public au cœur de ces processus de modélisation permettraient d'avoir un enrichissement du modèle, et plus profondément du processus de décision : les citoyens doivent être impliqués dans les décisions qui les concernent. De plus, un public « éduqué » et impliqué est plus susceptible de soutenir la mise en œuvre des politiques qui résultent des prises de décisions. Les questions initiales ne se concentrent donc plus seulement sur la précision, l'incertitude et la prévisibilité du modèle, mais aussi sur l'ensemble de la politique, culturelle, économique ainsi que le contexte environnemental du processus de prévision.

Cullen, A.C. & Frey, H.C., 1999. Probabilistic techniques in exposure assessment: a handbook for dealing with variability and uncertainty in models and inputs. Plenum press, New York 335.

Funtowicz, S.O. & Ravetz, J., 1990. Uncertainty and quality in science for policy. Kluwer, Dordrecht 229 pages.

Saltelli, A., S. Tarantola, F. Campolongo, 2000. Sensitivity analysis as an ingredient of modelling. Statistical Science, 15(4): 377-395.

Schneider, S.H., Turner II, B.L., Garriga, H.M., 1998. Imaginable surprise in global change science. Journal of Risk Research 1 : 165-185.

Annexe IX

LOICZ:Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone

Les interactions terre-océan dans la zone côtière (LOICZ) est un projet initié à la base par l'International Géosphère-Biosphère Programme (IGBP) et le Programme international des dimensions humaines sur les changements de l'environnement planétaire (IHDP). C'est un projet de recherche international associant des scientifiques partout autour du monde afin d'étudier les changements dans la biologie, la chimie et la physique de la zone côtière depuis 1993 ([LOICZ 2012](#)). Depuis 2003, LOICZ a élargi ses domaines de recherche afin d'inclure les sciences sociales, politiques et économiques afin d'aborder les dimensions humaines de la zone côtière. Les résultats de ces recherches sont utilisés pour explorer le rôle que les humains jouent dans la zone côtière, leur vulnérabilité à des environnements changeants, et les options pour protéger les côtes des générations futures. L'objectif principal de LOICZ est de « fournir les connaissances, la compréhension et les prédictions nécessaires pour permettre aux communautés côtières d'évaluer, d'anticiper et de répondre à l'interaction du changement global et des pressions locales, afin de déterminer le changement côtier.

LOICZ est coordonné par un bureau de projet international (IPO), guidé par un comité scientifique directeur (SSC). En outre, la LOICZ a mis en place des structures organisationnelle décentralisée en établissant des nœuds régionaux (ex au Sri Lanka, Singapour ou encore en Chine), cela dans le but de promouvoir les contributions locales et régionales vers une optique mondiale (facilitation des liens et des échanges entre les organismes).

Contrairement à beaucoup d'autres projets, LOICZ traite d'un domaine spécifique spatialement hétérogène plutôt que d'un processus. Pour atteindre ces buts et objectifs généraux, un réseau mondial de scientifiques côtiers a dû être mis au point. Des financements et autres soutiens a ont été fournis afin de favoriser la recherche en particulier dans les pays en développement, qui englobent la majeure partie des rivages tropicaux, où le changement anthropique est considérable. En 1993 près de 400 scientifiques étaient impliqués dans ce projet, aujourd'hui ils se comptent à plus de 2000.

Pour répondre à tous ces objectifs, plusieurs outils ont été créés, notamment pour faciliter l'affichage des résultats. Les premières expériences typologiques des zones côtières ont démontré que les approches de jugement et d'expert sur les données n'étaient pas suffisantes, et qu'il y avait une nécessité d'améliorer l'analyse. Le professeur Maxwell a entrepris l'élaboration d'un outil, LOICZview. C'est un outil géospatial orienté pour le clustering et pour d'autres analyses de manipulations de données. Cet outil fourni, même pour les utilisateurs inexpérimentés la possibilité d'explorer les relations à travers le regroupement et la visualisation cartographique des résultats. Un second outil de deuxième génération de clustering géospatial, le Deluxe Integrated System for Clustering Operations (DISCO), fut développé pour remplacer LOICZview. Il possède une application plus efficace et a été conçu pour être conforme aux normes. Il offre une gamme de regroupement, d'autres analyses, et des capacités de manipulation avec la projection de carte ainsi que des sorties graphiques linéaires.

LOICZ, Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone, 2012. <http://www.loicz.org>[consulté le 18/03/2012].