

Le risque d'eutrophisation des lagunes Méditerranéennes : Le cas de la lagune de Thau (Hérault)



Trinquier Christel

Juin 2009

Sous la direction de : M.REY Tony, Enseignant-chercheur à l'Université Montpellier III

Mémoire de master 1 - Sciences de l'Homme, des Territoires et de la Société -
Mention : Territoires et Sociétés, Aménagement et Développement
Spécialité : Gestion des catastrophes et des risques naturels

Le risque d'eutrophisation des lagunes Méditerranéennes : Le cas de la lagune de Thau (Hérault)

Master 1 professionnel
Gestion des catastrophes et des risques naturels

Photographies sur la page de garde: *Malaïque dans la Lagune de Thau en 2006.*

Source : H. Farrugio / Ifremer

Sous la direction de :

Mr. REY Tony, Enseignant-Chercheur à l'université de Montpellier III.

Trinquier Christel

Université Paul Valéry – Montpellier III
UFR III : Sciences Humaines et Sciences de l'Environnement
Département de Géographie – Aménagement

Remerciements

J'adresse mes remerciements aux personnes qui m'ont apporté leur aide et leurs conseils durant la préparation de ce mémoire.

Tout d'abord, je souhaite remercier l'équipe d'Ifremer à Sète et plus particulièrement M. Laugier Thierry pour l'accueil chaleureux qu'il m'a réservé et pour ses remarques pertinentes qui m'ont permis d'enrichir mon mémoire.

Un grand merci à M. Guillou Jean-Louis, documentaliste à Ifremer ; pour sa disponibilité et son écoute. Il m'a permis d'accéder à des données précieuses qui se sont révélées d'une grande utilité pour l'avancée de mes recherches dans ce mémoire.

Je remercie M. Thiebault du Syndicat Mixte du Bassin de Thau pour m'avoir reçu, renseigné et communiqué des informations indispensables en matière de gestion sur le bassin de Thau.

Je tiens à remercier Mme. Mazouni Nabila, chargée de mission au Cépralmar, qui a su m'accorder du temps pour répondre à mes questions.

Merci à Mme. Bonnet Chantal, responsable de la bibliothèque de géographie à l'Université Montpellier III, pour sa gentillesse et l'aide qu'elle m'a accordé dans mes recherches bibliographiques.

Je remercie M. Lopez Gabriel pour avoir contribué à l'avancée de mon mémoire, en me permettant de rencontrer et de discuter avec des professionnels du milieu. J'exprime mes remerciements à la trentaine de conchyliculteurs que j'ai interrogé, notamment ceux travaillant dans les mas de Marseillan.

Il m'est agréable d'exprimer mes remerciements à mon directeur de mémoire, M. Rey Tony. Que ce soit pour l'intérêt qu'il a porté à mon étude, ou que ce soit pour les conseils qu'il a su m'apporter dans l'avancement du travail de ce mémoire.

Mes remerciements vont également à mes proches, ma famille et ma belle-famille. Mes parents, ma sœur, mon frère et mon ami avec lequel je partage ma vie, ont su me soutenir et m'encourager tout au long de cette année universitaire.

SOMMAIRE

Remerciements.....	p.2
Sommaire	p.3
Introduction	p.5

I. Généralités concernant l'écosystème des lagunes Méditerranéennes..p.7

1.1. Le domaine paraliq.....	p.8
1.2. La formation des lagunes Méditerranéennes.....	p.11
1.3. Le mode de fonctionnement des lagunes Méditerranéennes.....	p.11
1.4. Les lagunes Méditerranéennes présentent de multiples intérêts	p.14
1.5. Les menaces pesant sur les lagunes Méditerranéennes	p.16

II. Une lagune Méditerranéenne unique : la lagune de Thau et son bassin-versant

p.18

2.1. Une situation géographique comportant de nombreux atouts	p.19
2.2. L'influence des caractéristiques physiques sur la lagune de Thau et son bassin-versant.....	p.23
2.3. Les pratiques anthropiques conditionnent l'utilisation du bassin de Thau.....	p.30
2.4. La lagune de Thau : un milieu riche et fragile.....	p.32

III. Le phénomène d'eutrophisation des lagunes Méditerranéennes : un risque majeur pour la lagune de Thau.....

p.36

3.1. Les mécanismes du processus d'eutrophisation	p.37
3.2. L'étude des causes de l'eutrophisation dans le bassin de Thau	p.44
3.3. Les impacts néfastes de l'eutrophisation sur le bassin de Thau	p.52

IV. La nécessité d'un suivi de l'eutrophisation dans la lagune de Thau .p.62

4.1. Une surveillance appliquée aux lagunes	p.63
4.2. Les méthodes pour assurer le suivi de l'eutrophisation.....	p.70
4.3. Les résultats sur la lagune de Thau : collecte des données et interprétation	p.76

V. Les actions mises en place et les perspectives dans la gestion du phénomène d'eutrophisation pour la lagune de Thau et son bassin-versant p.85

5.1. Les mesures adoptées pour la lutte contre l'eutrophisation de la lagune de Thau.....	p.86
5.2. Perspectives : les mesures à envisager	p.92

CONCLUSION.....	p.95
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	p.97
LIENS INTERNET	p.101
TABLE DES MATIERES.....	p.103
GLOSSAIRE.....	p.108
LISTE DES SIGLES EMPLOYES	p.111
LISTE DES FIGURES.....	p.113
LISTE DES PHOTOGRAPHIES	p.113
LISTE DES CARTES.....	p.114
LISTE DES TABLEAUX.....	p.115
TABLE DES ANNEXES.....	p.116

INTRODUCTION

Parmi les nombreuses lagunes littorales que compte la région Languedoc-Roussillon, la lagune de Thau présente un intérêt particulier. C'est un écosystème doté d'une grande richesse patrimoniale. On lui confère une valeur écologique qui se manifeste par une importante biodiversité et une forte productivité, une valeur culturelle qui s'exprime par la permanence d'activités traditionnelles et une valeur économique qui est le résultat de l'exploitation des ressources naturelles par les conchyliculteurs. Comme les lagunes Méditerranéennes, la lagune de Thau est un milieu assez confiné recevant les apports du bassin-versant. Ce plan d'eau est riche en azote et en phosphore, ce qui est un atout pour les activités halieutiques qui y sont pratiquées.

Ce sont autant d'enjeux qui rendent la lagune vulnérable. Depuis les années 1970, les actions de l'homme accentuent l'eutrophisation de ce milieu aquatique, ce processus est à l'origine de « malaïgues ». Ce terme local est employé pour désigner l'anoxie ou l'asphyxie de la colonne d'eau due à l'absence d'oxygène, il provoque la coloration des eaux en blanc (Souchu et al, 1998). Les malaïgues engendrent des déséquilibres de l'écosystème et une détérioration de la qualité des eaux ; elles ont un impact majeur sur les activités humaines notamment sur la production conchylicole. En 2006, les pertes causées s'élevaient à plus de 10 millions d'euros (Ifremer).

Pour agir sur les conséquences des malaïgues, des décisions sont prises par le Syndicat Mixte du Bassin de Thau (SMBT), à l'échelle de la lagune et de son bassin-versant. Cependant l'efficacité de la mise en application de ces décisions repose sur l'apport d'informations et de connaissances de scientifiques sur le bassin de Thau. Un réseau de surveillance, en rapport avec l'état de la lagune vis à vis de l'eutrophisation, a été mis en place par l'Ifremer, le Cépralmar, l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, le Pôle relais lagune et la région Languedoc-Roussillon ; depuis 2000 (Réseau de Suivi Lagunaire). Auquel s'ajoute le Suivi Préventif Malaïgue, créé en 2006. Ils permettent de mieux appréhender ce phénomène et ils participent d'outil d'aide à la gestion. Il est nécessaire de prendre en compte les malaïgues passées, toutes causées par l'eutrophisation, et leurs conséquences ; pour mettre en place une politique de gestion de ce risque environnemental au moment présent et pour le futur.

L'objectif de ce mémoire est de mettre en évidence la vulnérabilité de la lagune de Thau face au processus d'eutrophisation et à l'une de ses manifestations majeures qui est la malaïgue. Les facteurs susceptibles d'être à l'origine de l'eutrophisation et ses répercussions seront analysés à l'échelle de la lagune et du bassin-versant de Thau. A

cette même échelle, l'intérêt majeur est de faire apparaître les décisions et les actions qui sont à l'état de projet, ou expérimentées, ou mises en place par les acteurs scientifiques, institutionnels et professionnels ; et d'envisager leur efficacité.

La problématique de l'eutrophisation suscite de nombreuses interrogations à l'échelle du bassin-versant de Thau, lesquelles doivent contribuer à adopter des solutions efficaces en matière de gestion sur la qualité du milieu lagunaire. Quels sont les mécanismes du processus d'eutrophisation ? Est-ce seulement un phénomène naturel ? Ne serait-il pas accentué par les activités humaines pratiquées à la fois sur le bassin-versant et sur la lagune ? En quoi le processus d'eutrophisation, qui est à l'origine de malaïgues, est-il une menace pour le bassin de Thau ? Comment est évalué ce phénomène ? Quels sont les modes d'interventions des acteurs institutionnels et professionnels ? Leurs actions sont-elles utiles et efficaces ?

Dans un premier chapitre, j'aborderai quelques généralités sur l'écosystème des lagunes Méditerranéennes. Dans un second temps, je m'intéresserai à l'étude d'une lagune singulière, celle de Thau et de son bassin-versant. J'insisterai sur l'importance fondamentale de prendre en considération ces deux échelles. Le troisième chapitre me permettra de définir le processus d'eutrophisation dans la lagune de Thau. J'analyserai ses causes, provenant à la fois de facteurs naturels et anthropiques ; puis ses impacts, qu'ils soient environnementaux ou socio-économiques. Dans un quatrième temps, je confirmerai la nécessité de la mise en place d'un réseau de surveillance sur le site de Thau. J'envisagerai les qualités et les améliorations qui peuvent être attribuées à ces suivis. Enfin, dans un cinquième chapitre, je mettrai en évidence les solutions en matière de gestion que tentent d'apporter les acteurs institutionnels locaux du bassin de Thau. Je terminerai par la préconisation de quelques pistes d'actions.

Chapitre I

GENERALITES CONCERNANT L'ECOSYSTEME DES LAGUNES MEDITERRANEENNES

Dans ce premier chapitre, j'aborderai quelques notions se rapportant aux lagunes Méditerranéennes, afin de comprendre et d'expliquer dans quel contexte se positionne ce travail de mémoire. Je présenterai les lagunes comme des écosystèmes aquatiques étant intégrés au milieu paralique. J'expliquerai la façon dont se sont formées les lagunes Méditerranéennes et leur mode de fonctionnement. J'insisterai sur les multiples intérêts que présentent ces lagunes d'un point de vue écologique, esthétique, culturel et économique ; autant d'atouts qui rendent les lagunes vulnérables.

1.1. Le domaine paralique

1.1.1. La diversité des milieux paraliques

C'est dans les années 1980 que le concept de milieu paralique est apparu, formé à partir du grec (*para* « à côté de », *halos* « le sel ») (Guelorget et Perthuisot, 1983). Ce domaine se compose d'une mosaïque d'écosystèmes : les lagunes ou étangs littoraux, les lagons, les marais maritimes et salants, les mangroves, les deltas, les estuaires, les baies, les rias ou abers, les fjords... Autant de milieux qui ont des caractéristiques similaires puisque ce sont des écosystèmes aquatiques situés à l'interface du domaine continental et marin. Cette position leur permet de bénéficier d'apports en eau salée venant de la mer et d'apports d'eau douce issus du continent. Ce sont des domaines plus ou moins confinés et riches en matières nutritives, ce qui favorise une forte productivité biologique et leur permet d'abriter une importante biodiversité. Toutefois, les milieux paraliques n'ont pas la même genèse et morphologie, leurs dimensions peuvent varier, leur composition physico-chimique dépend des apports en eau douce et salée (Guelorget, 1985).

Le milieu auquel nous nous intéressons dans cette étude, les lagunes, constitue l'un des écosystèmes du domaine paralique.

1.1.2. Les lagunes : un milieu original

1.1.2.1. Définition

Les lagunes méditerranéennes font partie d'un écosystème aquatique littoral qui est matérialisé par le trait de côte séparant les eaux des terres. Ce sont des espaces littoraux complexes car ils sont en perpétuelle évolution. Les lagunes méditerranéennes sont situées à l'interface d'un élément stable, le continent ; et de deux éléments mobiles et dynamiques, l'eau et le vent. Elles constituent un véritable géosystème dans le sens où les phénomènes naturels et les activités anthropiques sont en interaction, ceci à différentes échelles de temps et d'espace.

Les lagunes sont marquées par une situation géographique de transition entre terre et mer, ce qui les intègre aux zones humides comme l'indique cette définition :

« Les zones humides se caractérisent par la présence permanente ou temporaire, en surface ou à faible profondeur dans le sol, d'eau disponible douce, saumâtre ou salée. Souvent en position d'interface, de transition entre milieux

terrestres et milieux aquatiques proprement dits... Les zones humides correspondent aux marais , marécages, fondrières, fagnes, pannes, roselières, tourbières, prairies humides, marais agricoles, landes et bois marécageux, mares, y compris les temporaires, étangs, bras morts, grèves à émergence saisonnière, vasières, lagunes, près salés, marais salicoles, sansouires, rizières, mangroves... » (Barnaud, 1991).

Les lagunes sont considérées comme des étendues d'eau salée ou saumâtre de faible profondeur, isolées de la mer par une construction littorale souvent sableuse que l'on nomme « lido ». Une communication entre la lagune et la mer existe par un grau, qui est une passe étroite pérenne ou temporaire (George et Verger, 2004). Localement, on emploie le terme « d'étang » pour désigner l'appellation « lagune ».

1.1.2.2. Les lagunes Méditerranéennes

Les lagunes méditerranéennes se répartissent dans trois régions différentes : Languedoc-Roussillon, Provence Alpes Côte d'Azur (PACA) et la Corse. D'ouest en est, cela correspond aux huit départements suivants : Pyrénées-Orientales, Aude, Hérault, Gard, Bouches du Rhône, Var, Corse du Sud et Haute-Corse (tableau 1).

La région **Languedoc-Roussillon** regroupe (Annexe 1):

- la lagune de Canet,
- les étangs de Salses-Leucate et de La palme,
- le complexe de la Narbonnaise,
- les zones humides de la Basse Vallée de l'Aude,
- la lagune de Thau et la zone humide du Bagnas,
- le complexe Palavasien,
- l'étang de l'Or,
- le complexe de la Petite Camargue gardoise,
- les étangs des Saintes-Maries de la Mer.

La région **Provence Alpes Côte d'Azur** rassemble :

- l'étang du Vaccarès et les étangs Inférieurs,
- les salins de Giraud et le Domaine de la Palissade,
- les zones humides de Fos et Plan du Bourg,
- l'étang de Berre et la lagune du Bolmon,
- les salins d'Hyères, l'étang de Villepey.

La **Corse** réunit :

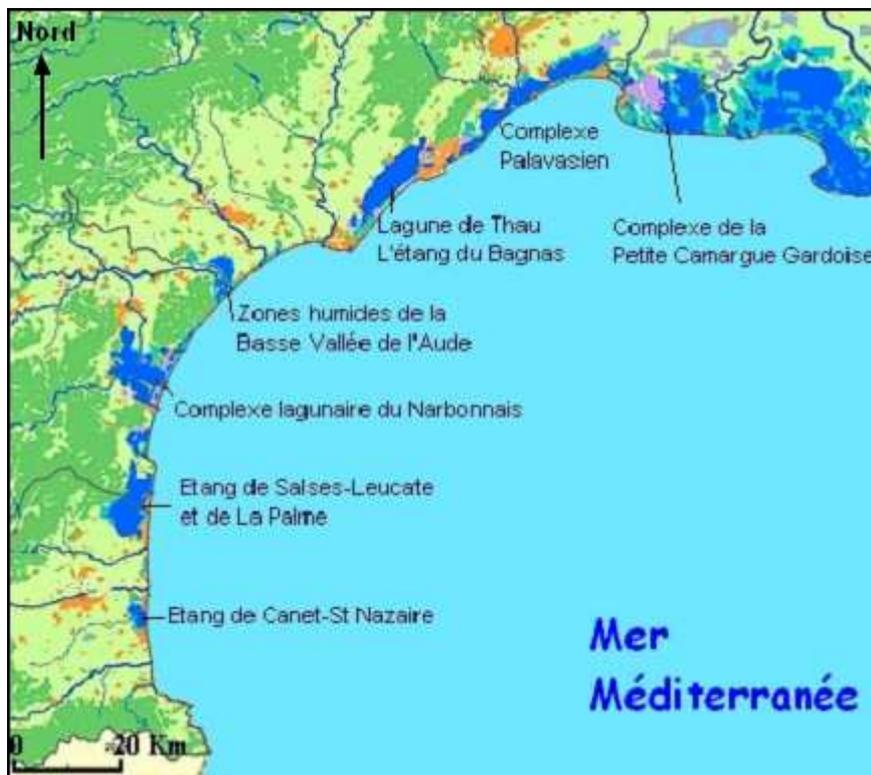
- l'étang de Biguglia
- l'étang de Terrenzana et de Diana

- l'étang d'Urbino
- l'étang de Palu
- l'étang de Santa Giuglia et de Balistra.

Tableau 1 : Répartition des lagunes Méditerranéennes par région (Source : Pôle relais Lagunes)

	Surface des lagunes	% des lagunes par région / total
Languedoc-Roussillon	35 885	45 %
PACA	41 615	51%
Corse	2 836	4%

S'étendant sur près de 40 000 hectares des Pyrénées-Orientales au Delta du Rhône, les lagunes du Languedoc-Roussillon présentent des caractéristiques communes liées à l'unité géologique, morphologique et climatique (carte 1). Cependant, elles n'ont pas toutes les mêmes dimensions, leur type d'alimentation en eau douce peut être pérenne ou temporaire ; certaines n'entretiennent pas de communication avec la mer (Conseil régional du Languedoc-Roussillon, 1990).



Carte 1 : Localisation des lagunes dans la région Languedoc Roussillon (Source : Observatoire du littoral – Réalisation : Trinquier Christel. *Map Info*)

1.2. La formation des lagunes Méditerranéennes

La dernière glaciation, nommée le Würm, a connu son maximum glaciaire il y a 21 000 BP (Before Present). Le niveau marin était 120 mètres plus bas que le niveau actuel et les cours d'eau ont dû inciser le plancher alluvial afin de retrouver le niveau d'équilibre. A ce moment, le plateau continental est émergé et il reçoit les apports sédimentaires des cours d'eau.

Lorsque la déglaciation s'est produite vers 12 000 BP, la transgression marine s'est amorcée et elle s'est accompagnée d'une mobilisation des matériaux sédimentaires présents sur le plateau continental. Le **cordons littoral "primitif"** s'est mis en place lors du ralentissement très net de la remontée marine, à partir de 7500-6000 BP ; et le niveau de la mer s'est stabilisé proche de la situation actuelle (Paskoff, 2005).

Cette abondance sédimentaire a contribué à l'édification des cordons littoraux sableux, séparant la mer des eaux saumâtres, comme en témoigne cette citation :

« Sur le rivage antique où accostaient vaisseaux phéniciens, grecs et romains, l'apport important d'alluvions a, au cours des siècles, créé un nouveau littoral intercalant entre l'ancien et le nouveau, un chapelet d'étangs » (Conseil Régional du Languedoc-Roussillon, 1990).

Par la suite, une époque de pénurie sédimentaire marquée par l'action de processus érosifs, a modifié ce cordon littoral primitif. Enfin, on peut ajouter le rôle de l'intervention de l'homme qui a donné et donne à la côte méditerranéenne la configuration que nous lui connaissons.

1.3. Le mode de fonctionnement des lagunes Méditerranéennes

1.3.1. Le fonctionnement hydrologique

1.3.1.1. Le bilan hydrique

Le bilan hydrique des lagunes dépend d'apports directs, indirects et de pertes. Il est principalement influencé par le climat Méditerranéen.

On distingue (figure 1):

- Les **apports d'eau douce** : Il s'agit des précipitations directes sur la lagune, des eaux de ruissellement issues du bassin-versant, des cours d'eau, des canaux (comme le canal du Rhône à Sète), mais aussi les sources et les résurgences.

- Les **apports d'eau salée** : Par le biais des graus, s'effectuent des échanges entre la lagune et la mer. Ils sont conditionnés par la direction, l'intensité des vents et par les marées semi-diurnes ou lunaires ou barométriques.
- Les **pertes par évaporation** : L'évaporation est liée à l'ensoleillement, aux températures de l'air et au vent. Ces pertes sont non négligeables et doivent être prise en compte puisqu'elles sont souvent supérieures à la quantité des précipitations reçue directement sur le plan d'eau.

Ces apports et ces pertes varient selon les saisons, variable déterminante dans la prise en compte du processus d'eutrophisation et des malaïgues qu'il occasionne. Le bilan hydrique contribue à modifier en permanence les paramètres physico-chimiques des eaux lagunaires. En effet, si les apports en eau douce sont important, la teneur en sel de l'eau sera plus faible que si les pertes par évaporation dominent. Les lagunes auront des eaux plus ou moins saumâtres selon le bilan hydrique.

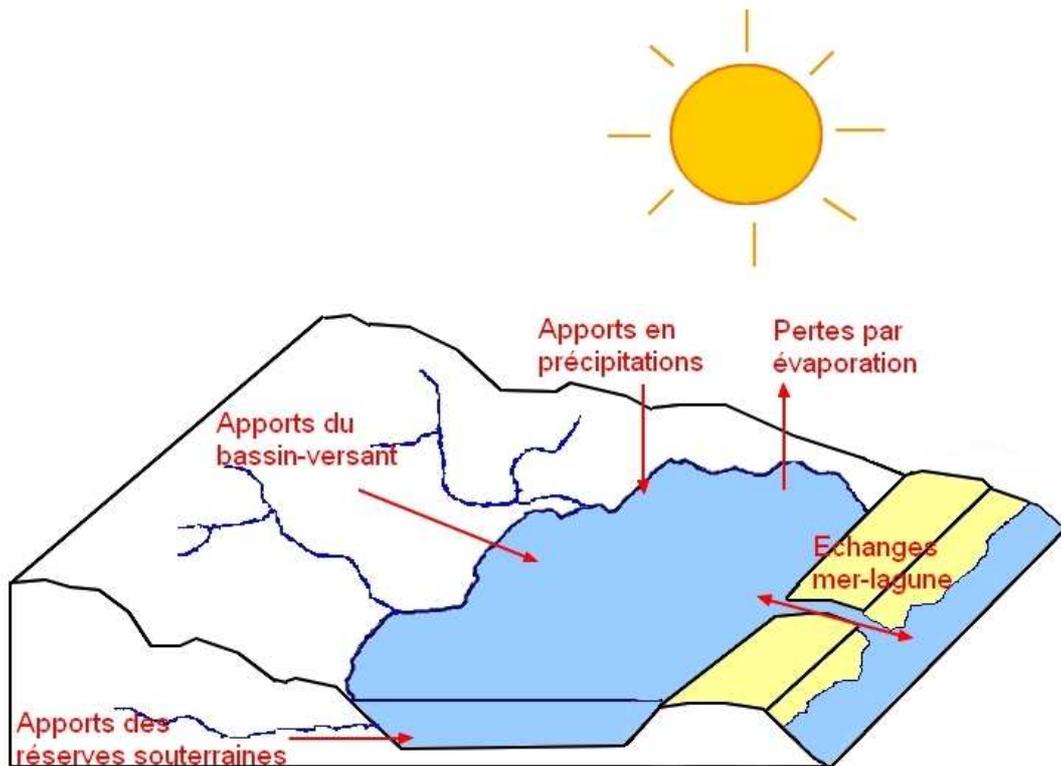


Figure 1 : Le fonctionnement hydrologique d'une lagune (Source : Trinquier Christel)

1.3.1.2. L'hydrodynamisme

Il s'agit de tous les mouvements des eaux dans la lagune qui permettent d'effectuer un brassage. La circulation des eaux lagunaires est conditionnée par l'intensité et la direction des vents, les marées même si elles sont de faible importance

en Méditerranée et par la forme du bassin de la lagune (Conseil Régional du Languedoc-Roussillon, 1990).

1.3.1.3. L'action de régulation des écoulements de surface

Les lagunes reçoivent les apports en eau douce du réseau hydrographique drainant leur bassin-versant. Elles ont un rôle de régulation hydrologique car elles ont une capacité de stockage et une capacité de transit. Deux paramètres sont pris en compte pour mesurer l'action de régulation des lagunes :

- La capacité de stockage est évaluée en fonction du volume d'eau que peut accumuler la lagune, cela dépend de son niveau.
- La capacité de transit fait référence au fait qu'une lagune peut servir de réservoir et qu'elle peut avoir une aptitude à redistribuer les eaux vers les graus ou les canaux.

Par exemple, lorsque des crues se produisent à l'automne, les lagunes contribuent à l'étalement des crues (Programme Life, 2000).

1.3.2. Le fonctionnement écologique

L'écosystème lagunaire est composé d'un biotope, c'est à dire d'un milieu avec ses propres caractéristiques, et d'une biocénose d'une grande diversité. Les espèces animales et végétales vivant dans les lagunes s'intègrent dans la chaîne alimentaire. Le réseau trophique lagunaire repose sur la production primaire qui est dépendante de l'énergie lumineuse et de la quantité en sels minéraux. Ce sont les apports en eau douce ou salée qui enrichissent le milieu en éléments nutritifs et qui sont nécessaires à l'activité biologique (figure 2). Nous verrons que lorsque le plan d'eau devient eutrophe, les chaînes alimentaires sont perturbées, menaçant l'équilibre écologique de la lagune.

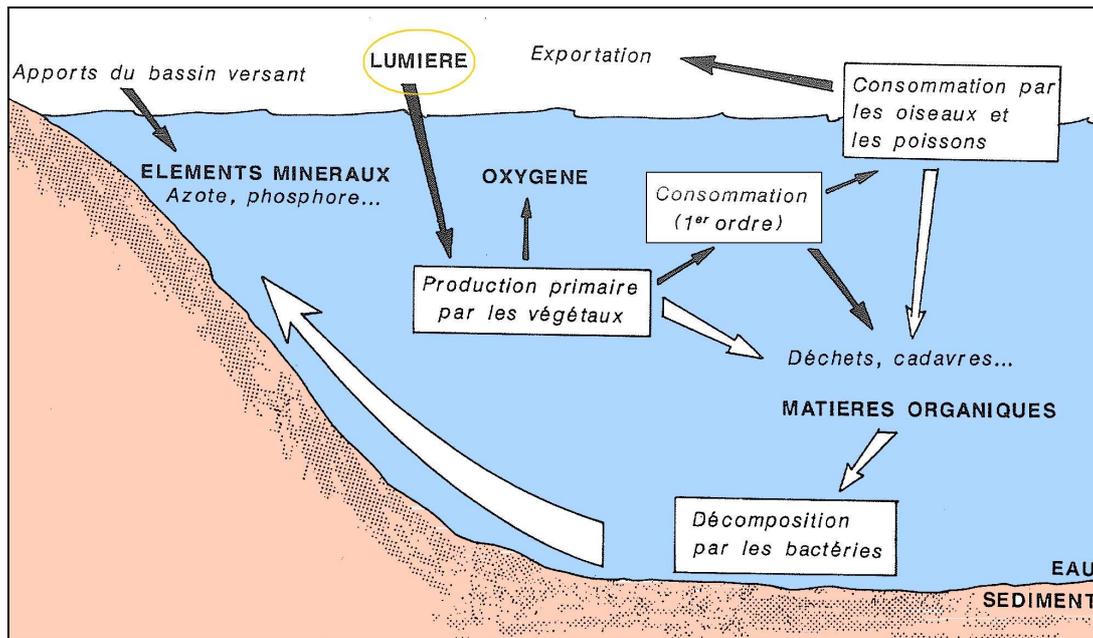


Figure 2 : Le cycle biologique d'une lagune (Source : Conseil régional du Languedoc-Roussillon, 1990 - modifié)

1.3.3. Le rôle des sédiments

Les sédiments lagunaires sont composés de fines particules de sables, d'argiles, de limons et de vases. Leur répartition est tributaire des apports, des courants et de la profondeur de la lagune. Ce sont des lieux d'accumulation de l'azote et du phosphore. Les sédiments ont un rôle de piégeage qui contribue à diminuer la teneur des eaux en azote et phosphore. Cependant, lorsque le vent brasse les eaux et que les courants sont plus intenses, ces particules ont tendance à être remises en suspension (Programme Life, 2000). Pour la lagune de Thau, les sédiments chargés en azote et en phosphore sont préférentiellement localisés sous les tables conchylicoles. Leur mise en suspension enrichie le milieu et peut être le départ du processus d'eutrophisation.

1.4. Les lagunes Méditerranéennes présentent de multiples intérêts

1.4.1. Un patrimoine écologique

Les écosystèmes lagunaires ont une grande richesse écologique. Ce patrimoine se caractérise par une biodiversité importante et variée, qui s'explique par la situation d'écotone. Ce sont des milieux très productifs où se reproduisent les

espèces animales et végétales. Ce patrimoine naturel nécessite d'être protégé et conservé.

1.4.2. Un attrait économique

Les lagunes méditerranéennes ont été occupées par l'homme dès la Préhistoire, comme en témoigne les vestiges archéologiques. Mais ce n'est que vers le XII^e et XV^e siècle que des activités en relation avec les lagunes se sont développées, telles que la production de sel, la pêche ou la navigation (Conseil régional du Languedoc-Roussillon, 1990). Certaines activités traditionnelles restent ancrées dans le patrimoine culturel comme la pêche de coquillages ou de poissons. Cette pratique est menacée par la dégradation de la qualité des eaux et la raréfaction de la ressource. L'exploitation du sel est une activité très ancienne qui persiste en Camargue, avec notamment les Salins d'Aigues-Mortes et les Salins de Giraud. La conchyliculture est présente que dans quelques lagunes méditerranéennes, l'élevage d'huître et de moules le plus important est celui de la lagune de Thau. Il ne faut pas oublier l'aspect récréatif des lagunes, de multiples activités se sont développées sur les lagunes et sur leurs périphéries. Le thermalisme, les activités de découverte, celles nautiques attirent de nombreux touristes. Les lagunes représentent un atout exceptionnel pour les activités économiques locales.

1.4.3. Les statuts de protection des lagunes

Les lagunes bénéficient d'une reconnaissance nationale et internationale pour leur valeur patrimoniale. Des mesures de protection s'appliquent aux lagunes par le biais de textes réglementaires ou de décisions juridiques. Il s'agit de préserver ces écosystèmes lagunaires riches et fragiles.

Signée le 2 février 1971 et entrée en vigueur le 21 décembre 1975, la convention Ramsar est relative aux zones humides d'importance internationale (au niveau écologique, botanique, zoologique, limnologique, hydrologique), elle s'applique à l'échelle mondiale. La convention de Berne de 1979 prône la conservation de la faune et de la flore sauvage, ainsi que de leurs habitats à l'échelle Européenne. Lors du Sommet de la Terre à Rio de Janeiro en 1992, la convention sur la diversité biologique a été adoptée. Ces conventions tentent de prendre en considération la protection du patrimoine écologique associé à des milieux fragiles comme les lagunes.

Des inventaires sont utilisés et servent d'outils d'aide à la mise en valeur et à l'aménagement des lagunes. Les Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique

ou Floristique (ZNIEFF) sont des inventaires scientifiques mis en place en 1982 par le Ministère de l'Environnement et le Muséum National d'Histoire Naturelle. Cet outil permet d'effectuer un recensement et une localisation afin de créer une base de données et d'améliorer les connaissances sur les milieux lagunaires. Les ZNIEFF sont classées en deux catégories ; celles de type 1 correspondent à une petite superficie faisant partie du patrimoine régional ou national, celles de type 2 sont de plus grande dimension. Les Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO) sont des inventaires sur les sites pouvant accueillir les oiseaux , ils ont été mis en place suite à l'application de la Directive Européenne « Oiseaux ». La Directive « Oiseaux » du 2 avril 1979 et la Directive « Habitats » du 21 mai 1992 sont des mesures de protection et de conservation des habitats et des espèces d'oiseaux, prise par l'Union Européenne. Le réseau Natura 2000 intègre des sites d'intérêt communautaires : les Zones de Protection Spéciale (ZPS) issues de la Directive « Oiseaux » et les Zones Spéciales de Conservation (ZSC) venant de la Directive « Habitats » (Programme Life, 2000).

1.5. Les menaces pesant sur les lagunes Méditerranéennes

Les lagunes méditerranéennes sont à l'interface dynamique entre le milieu terrestre et le milieu marin. Elles sont soumises aux fluctuations des apports d'eau douce, chargés de sédiments venant du bassin-versant, et des apports d'eau salée venant de la mer. Leur évolution naturelle est transformée par l'occupation humaine. Ces milieux lagunaires sont riches et fragiles, ils sont menacés par divers phénomènes qui constituent des problématiques auxquelles les gestionnaires tentent d'apporter leur contribution en envisageant des solutions.

1.5.1. Le comblement

L'évolution des lagunes amène le plan d'eau à se colmater. Ce phénomène naturel est lent, il dépend des apports sédimentaires issus du bassin-versant et de la mer. Si ces derniers sont faibles, le renouvellement des eaux ne sera pas assuré et la sédimentation sera favorisée. Mais depuis la fin du XXème siècle, l'action de l'homme sur le bassin-versant et sur les lagunes a amplifié le phénomène de comblement. Certaines pratiques anthropiques visent à diminuer les surfaces des lagunes pour laisser place à des activités touristiques, à la construction de lotissements ou autre. Quelques lagunes peu profondes sont en voie de comblement, comme les lagunes de Canet, d'Arnel, de Vendres, de Campagnol (Pôle relais lagunes).

1.5.2. L'eutrophisation

Le processus d'eutrophisation représente une menace croissante pour les lagunes, d'autant plus que les bassins versants des lagunes s'urbanisent et subissent de fortes pressions démographiques. Les apports du bassin-versant contiennent des substances riches en azote et en phosphore provenant des rejets urbains, domestiques, industriels, agricoles, portuaires et conchylicoles. Cet enrichissement en matières nutritives favorise la prolifération de végétaux de type macrophyte et/ou phytoplancton. Ces algues présentes en trop grande quantité meurent et leur décomposition nécessite la consommation de tout l'oxygène présent dans l'eau. C'est au moment où il n'y a plus d'oxygène dans la colonne d'eau que l'on parle de malaïgue ou de crise dystrophique. Cette problématique fait l'objet de ce travail de mémoire et elle s'appliquera à la lagune de Thau.

1.5.3. Les pollutions

Diverses pollutions menacent le maintien de la qualité des eaux lagunaires. Elles sont d'origine anthropique. Ce sont les pesticides, les herbicides, les hydrocarbures, les métaux lourds (cuivre, mercure, cadmium, lindane). De nouvelles recherches intègrent l'impact des produits émergents (médicaments, produits phytosanitaires) sur la qualité des eaux lagunaires (Ifremer).

Conclusion

Le chapitre I doit permettre de poser le contexte de mon étude et il doit amener le lecteur à prendre connaissance de la thématique abordée dans ce mémoire. La présentation de quelques généralités sur l'écosystème des lagunes méditerranéennes est destinée à mieux comprendre le milieu lagunaire et les processus qui y entrent en jeu.

Chapitre II

UNE LAGUNE MEDITERRANEENNE UNIQUE : LA LAGUNE DE THAU ET SON BASSIN-VERSANT

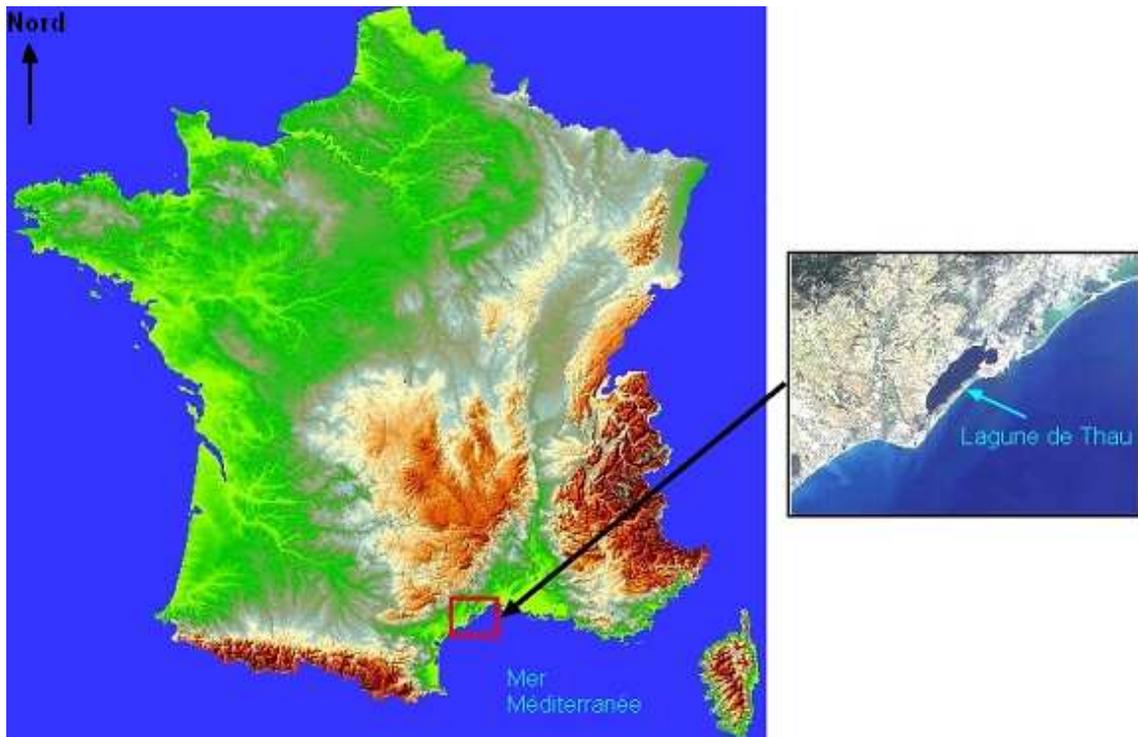
Parmi les nombreuses lagunes méditerranéennes, mon choix s'est porté sur une lagune particulière, celle de Thau. Dans ce chapitre II, je présenterai la zone d'étude sur lequel porte mon travail et je justifierai les raisons pour lesquelles j'ai choisi d'étudier ce milieu.

Dans un premier temps, je mettrai en évidence le contexte géographique dans lequel se situe la lagune de Thau et je montrerai l'importance fondamentale de prendre en compte deux échelles, celle de la lagune et celle de son bassin-versant. Je démontrerai que de nombreux enjeux sont associés à ce bassin, ce qui en fait un milieu particulièrement intéressant. J'expliquerai l'influence des caractéristiques physiques et des pratiques anthropiques qui s'exercent sur le bassin-versant et la lagune de Thau. Enfin, j'insisterai sur le fait que ce milieu lagunaire est doté d'un riche patrimoine écologique, cependant il reste vulnérable et fragile.

2.1. Une situation géographique comportant de nombreux atouts

2.1.1. Contexte géographique

La lagune de Thau se situe dans la région Languedoc-Roussillon et plus précisément dans le département de l'Hérault, à l'ouest de la ville de Montpellier. Elle a comme coordonnées une latitude de 43°24'21" nord et une longitude de 3°37'23" est (carte 2).



Carte 2 : Localisation de la lagune de Thau à l'échelle nationale (Source : Geosys, Image Landsat - Réalisation : Trinquier Christel. *Map info*)

Au sein de la région Languedoc-Roussillon, c'est l'une des lagunes les plus étendue en terme de superficie et l'une des plus profondes. En effet, elle comprend une superficie évaluée à 7500 hectares, soit la deuxième lagune de France de par sa superficie. En comparaison avec les autres lagunes méditerranéennes dont la profondeur moyenne n'excède pas les 1-2 mètres ; la lagune de Thau se distingue par une profondeur moyenne de 5 mètres. Celle maximale atteint 32 mètres au niveau de la résurgence de la Bise, dépression située à proximité de la Crique de l'Angle. Ce plan d'eau de 340 000 m³ est isolée de la mer méditerranée par un cordon littoral sableux s'étendant de Marseillan-Plage à l'ouest jusqu'au Mont-Saint-Clair à l'est (Ifremer). Cet écosystème

est semi-confiné car les échanges avec la mer se limitent au niveau des graus, je préciserai cela par la suite.

2.1.2. La description géographique de la lagune de Thau

La lagune de Thau s'étend de Marseillan-Plage à Sète sur une longueur d'une vingtaine de kilomètres et sur une largeur de près de cinq kilomètres. Ce plan d'eau saumâtre est orienté parallèlement à la côte selon un axe nord-est sud-ouest. La configuration de la lagune permet de la diviser en deux unités géographiques (carte 3).

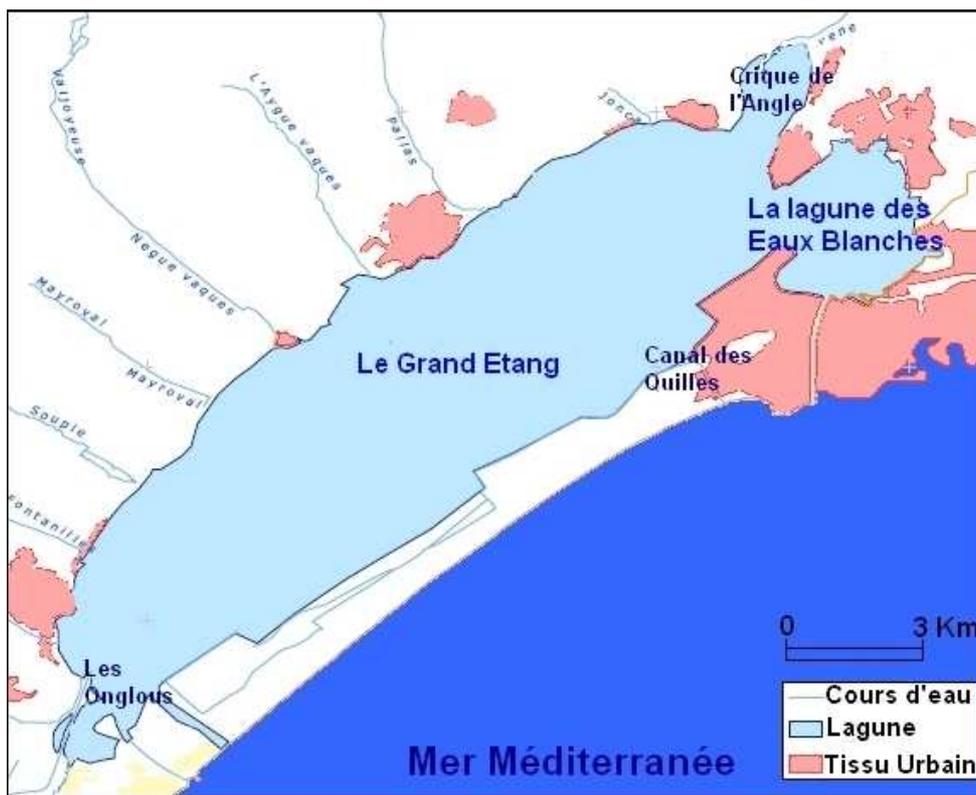
2.1.2.1. La lagune des Eaux Blanches

Entre Sète et Balaruc-les-Bains, on trouve la lagune des Eaux Blanches qui s'étend sur 500 hectares. Elle est individualisée du reste de la lagune à l'est par la pointe du Barrou et par la presqu'île de Balaruc-les-Bains. L'embouchure du canal du Rhône à Sète constitue un apport ; quant aux canaux de Sète, ils permettent l'établissement d'échanges entre les eaux de la lagune et celles de la mer (Audouin, 1962).

2.1.2.2. Le Grand Etang

Le reste de la lagune est représentée par le Grand Etang et comprend une superficie de 7000 hectares. Il se subdivise en plusieurs unités géographiques où se répartissent les trois zones d'élevage conchylicole. C'est principalement le long de la bordure nord de l'étang que les foyers de malaïgue se développent et se propagent ensuite aux tables conchylicoles.

- Au nord-ouest de la lagune, où est située l'embouchure de la Vène, entre Balaruc et Bouzigues, se trouve la Crique de l'Angle. La résurgence de la Bise apparaît au fond d'un gouffre profond d'une trentaine de mètres.
- Au sud-est, le zone des Onglous est peu profonde et assez marécageuse. Elle reçoit les apports du canal du Midi qui communique avec l'Hérault. Le grau de Pisse-Saumes assure la communication avec la mer.
- Tout le long du cordon littoral sableux, une bande de hauts fonds s'étend d'ouest en est. Le canal des Quilles permet les échanges avec la mer entre le lido et le Mont Saint Clair de Sète.



Carte 3 : Unités géographiques de la lagune de Thau (Source : Ifremer - Réalisation : Trinquier Christel. *Map Info*)

2.1.3. La prise en compte du bassin-versant

2.1.3.1. La justification du choix de l'échelle

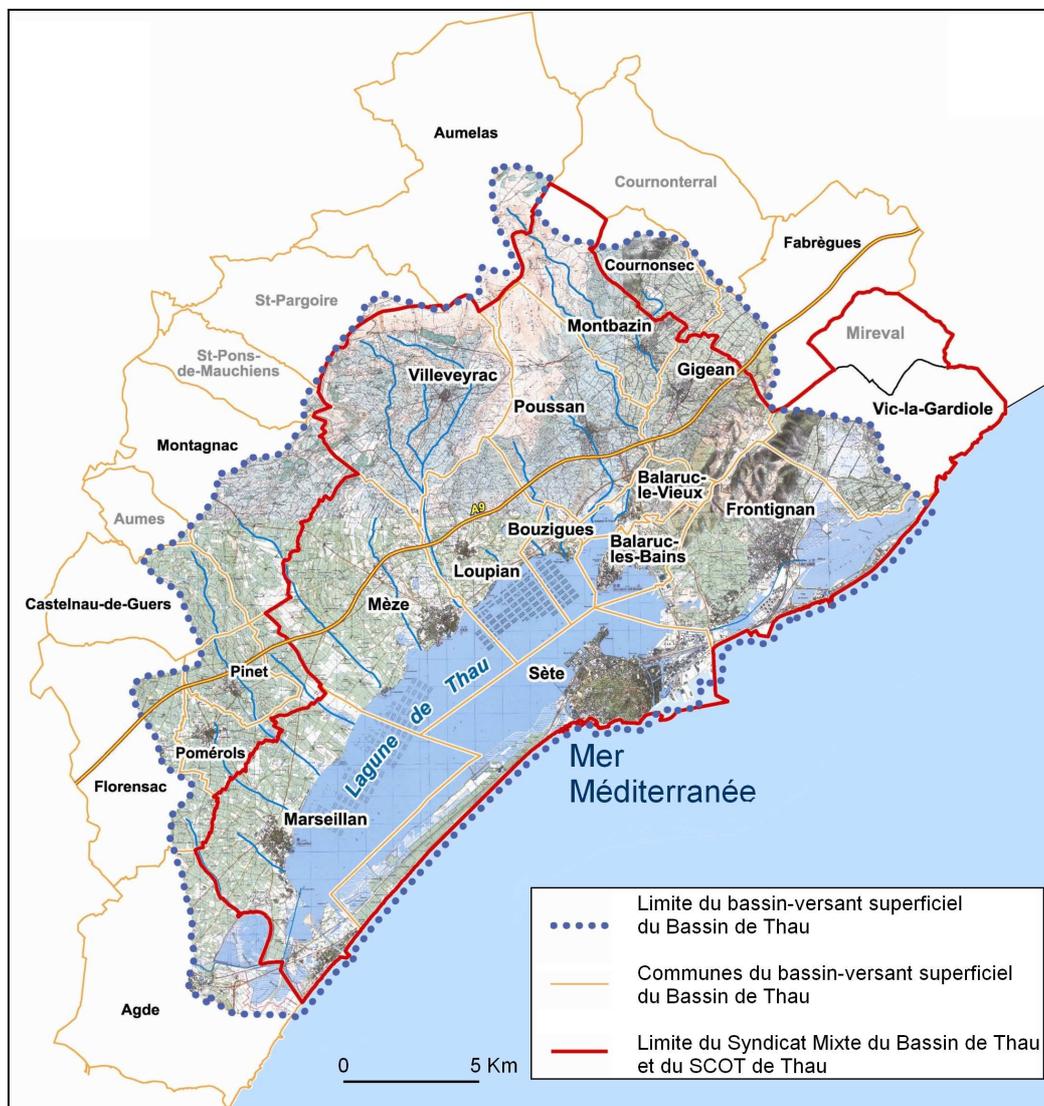
L'échelle du bassin-versant vient s'ajouter à l'échelle de lagune. Il s'agit de la surface de réception des précipitations, c'est une unité géographique occupée par plusieurs cours d'eau et leurs affluents qui finissent par arriver à la lagune. L'approche de ces deux échelles spatiales est fondamentale dans la mesure où elle permet d'appréhender le système dans son ensemble et s'intègre à la problématique de l'eutrophisation. Nous verrons, dans le troisième chapitre, que les facteurs susceptibles de provoquer l'eutrophisation des eaux de la lagune sont les plus souvent issus du bassin-versant. Enfin, les acteurs scientifiques, institutionnels et professionnels oeuvrent à la mise en place d'actions à ces deux échelles.

2.1.3.2. Les communes du bassin-versant

Le bassin-versant se compose de communes réparties entre deux établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) :

- La Communauté d'Agglomération du Bassin de Thau (CABT) regroupe les communes de Marseillan, Sète, Balaruc-les-Bains, Balaruc-le-Vieux, Gigean, Frontignan, Vic-la-Gardiole et Mireval. Elles sont localisées au sud du bassin-versant de Thau, à proximité de la lagune.
- La Communauté de Communes du Nord du Bassin de Thau (CCNBT) rassemble les communes de Mèze, Loupian, Bouzigues, Poussan, Villeveyrac et Montbazin. Ces communes sont plus éloignées de la lagune.

D'autres communes appartiennent en partie au bassin-versant de Thau, elles n'ont pas l'intégralité de leur superficie dans ce bassin-versant (SMBT). C'est le cas des communes d'Agde, de Florensac, de Castelnaud-de-Guers, de Montagnac, d'Aumelas et de Fabrègues. Il n'y a que la partie est de la commune de Vic-la Gardiole qui est comprise dans le bassin-versant de Thau (carte 4).



Carte 4 : Les communes du bassin-versant de Thau (Source : SMBT, IGN - Réalisation : Trinquier Christel. *Map Info*)

2.1.4. Les enjeux associés à ce site

Dans le travail de ce mémoire, ce sont les enjeux présents sur le site qui m'ont conduit à m'intéresser à la lagune de Thau. Ces multiples atouts font de cette lagune un lieu unique et un milieu vulnérable qu'il faut préserver, face aux malaïgues qui peuvent survenir suite à l'enrichissement en matières nutritives du plan d'eau. Tout d'abord, le capital naturel confère à ce milieu écologique une dimension patrimoniale. Il se caractérise par une riche biodiversité. Il faut souligner la valeur esthétique du cadre paysager qui est un élément d'attraction. En effet, en période estivale, la lagune de Thau est l'objet d'une importante activité touristique liée à la navigation (bateaux de plaisance, voile...). Le thermalisme localisé à Balaruc-les-Bains stimule également la filière économique. Sète est le premier port de pêche en Méditerranée, c'est dans ce secteur où se concentrent les activités industrialo-portuaires et commerciales. Sur les pentes du bassin-versant, la viticulture est très présente et ancrée dans la culture. L'enjeu majeur de la lagune réside dans la permanence de la pêche traditionnelle et dans la pratique de la conchyliculture. Les éleveurs de moules et d'huîtres ont leur production répartie au sein de tables. Il y aurait 750 conchyliculteurs qui produisent 12000 tonnes d'huîtres par an, ce qui représenterait 90% de la production méditerranéenne et 10 % de la production nationale (INSEE).

Il est fondamental de prendre conscience de la spécificité de la lagune de Thau. La vie du bassin-versant est liée à ce milieu, elle permet l'existence et la continuité d'activités totalement dépendantes de la lagune, tels que la pêche, la conchyliculture, la navigation, le thermalisme... C'est un milieu attractif, qui plait aux populations qui viennent habiter sur les communes du bassin-versant et qui stimule la curiosité des touristes.

2.2. L'influence des caractéristiques physiques sur la lagune de Thau et son bassin-versant

2.2.1. Le climat Méditerranéen

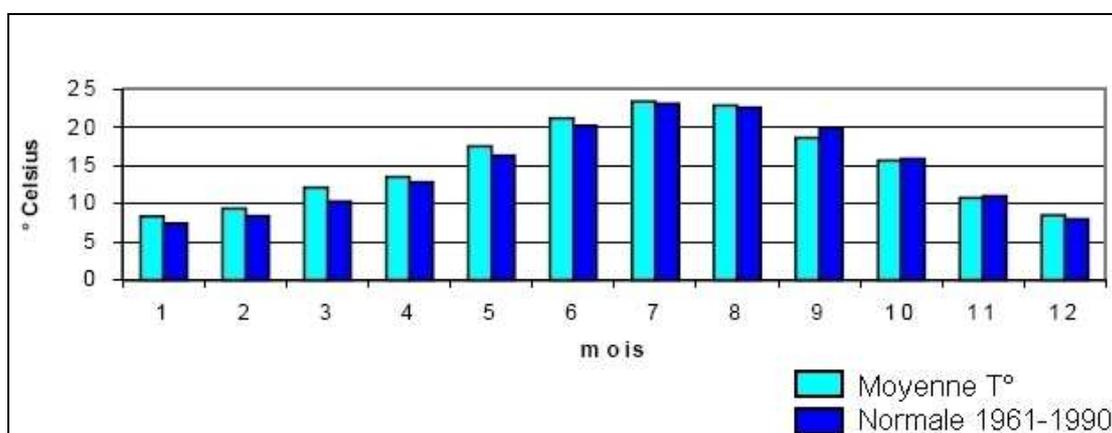
La lagune de Thau subit l'influence du climat méditerranéen. Ce climat se caractérise par de nombreux contrastes, il est symbolisé par son irrégularité et la présence d'un fort ensoleillement annuel. Les variations du climat jouent un rôle déterminant sur l'hydrologie de la lagune ; en terme d'apports directs ou indirects et de pertes ; et sur les paramètres physico-chimiques. Je prendrai en compte trois paramètres pour analyser les caractéristiques du climat méditerranéen (Le cœur et al,

2002). Ces paramètres sont fondamentaux dans la prise en compte de l'apparition et la propagation des malaïgues, ces dernières sont favorisées par l'eutrophisation du milieu.

2.2.1.1. Les températures

L'amplitude thermique annuelle est faible, elle est de l'ordre de 12-15°C. Alors que les hivers sont assez doux, au contraire les étés sont très chauds. La température de l'air et les amplitudes thermiques journalières jouent un rôle très important dans l'évolution thermique des eaux lagunaires. Les mois 7 et 8, correspondant aux mois de juillet et août, sont ceux où les températures de l'air les plus élevées sont enregistrées, avec des moyennes proches de 25°C (tableau 2). Par corrélation, c'est à cette période que les eaux de la lagune enregistrent les températures de l'eau les plus élevées de l'année, élément favorable au déclenchement des malaïgues dans un milieu déjà enrichi.

Tableau 2 : Moyennes mensuelles des températures sur la lagune de Thau 1994-2003
(Source : Ifremer)

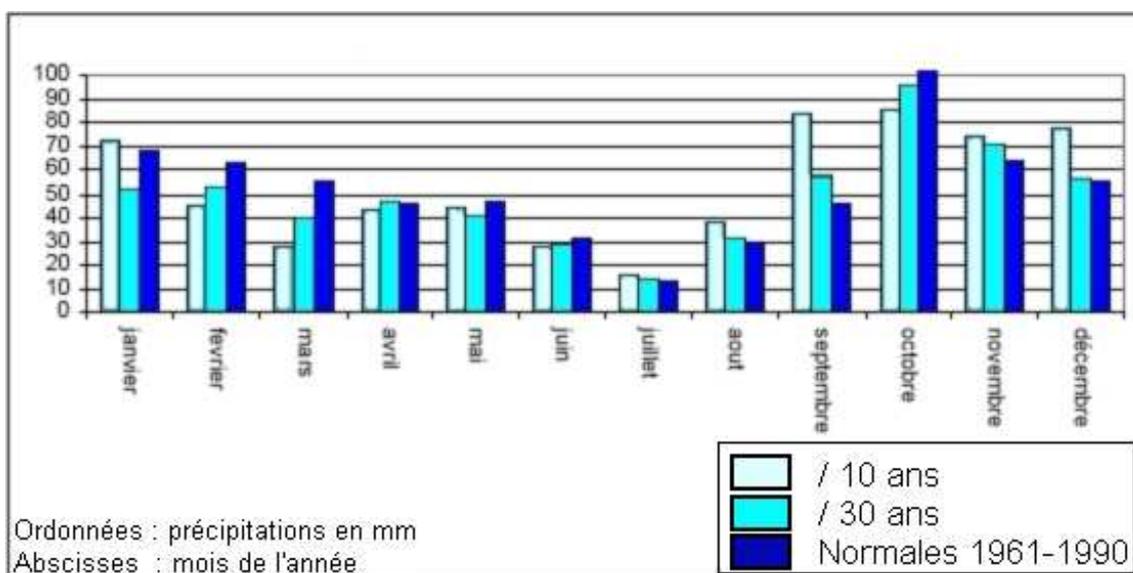


2.2.1.2. Le régime pluviométrique

Les précipitations sont très variables dans le temps et dans l'espace. Pendant la période estivale, elles sont faibles voire absentes. Le maximum pluvieux se produit à l'automne et il peut conduire à des crues. En effet, ces épisodes pluvieux sont intenses et concentrés dans le temps et l'espace ; on les surnomme « épisodes cévenols » ou « cloud burst ». Au niveau du bassin-versant de Thau, on observe un gradient pluviométrique croissant de l'aval vers l'amont, c'est à dire du littoral vers les bas reliefs. Les facteurs locaux du relief obligent la masse d'air chaude et humide venant

de la méditerranée à s'élever. Les fortes précipitations amènent les sols à se saturer, les eaux de ruissellement emportent des matières dissoutes et en suspension sur la surface du bassin-versant, jusqu'à la lagune. Ces ruissellements parcourent la plaine agricole, ils sont chargés de matières nutritives qui peuvent enclencher le processus d'eutrophisation une fois arrivés à la lagune. Que ce soit les précipitations indirectes (ruissellements) ou directes, elles ont un impact majeur sur les paramètres physico-chimiques des eaux lagunaires et sur le régime hydrologique des cours d'eau du bassin-versant. Celles directes apportent de l'eau douce sur la surface du plan d'eau, si les eaux ne sont pas brassées des phénomènes d'anoxie peuvent se développer.

Tableau 3 : Moyennes des précipitations sur la lagune de Thau (Source : Ifremer)



2.2.1.3. Les vents

Les vents qui soufflent sur la lagune sont irréguliers et parfois violents. Ils sont plus fréquents l'hiver que l'été. D'ailleurs, en période estivale, il arrive que plusieurs jours à la suite, il n'y ait aucun vent. Cette absence de vent a un impact majeur sur les mouvements d'eau et c'est un facteur qui favorise l'apparition de malaïgues ; je le démontrerai dans le chapitre suivant. Le régime des vents dominant est la tramontane, soufflant de secteur nord-nord ouest, et le mistral, orienté de secteur nord-est. Ce sont des vents de terre à caractère sec et frais en hiver. Ils permettent le refroidissement de la masse d'eau et sa mise en mouvement. Le marin et les brises marines, de secteur sud, quant à elles apportent de l'humidité et de la douceur.

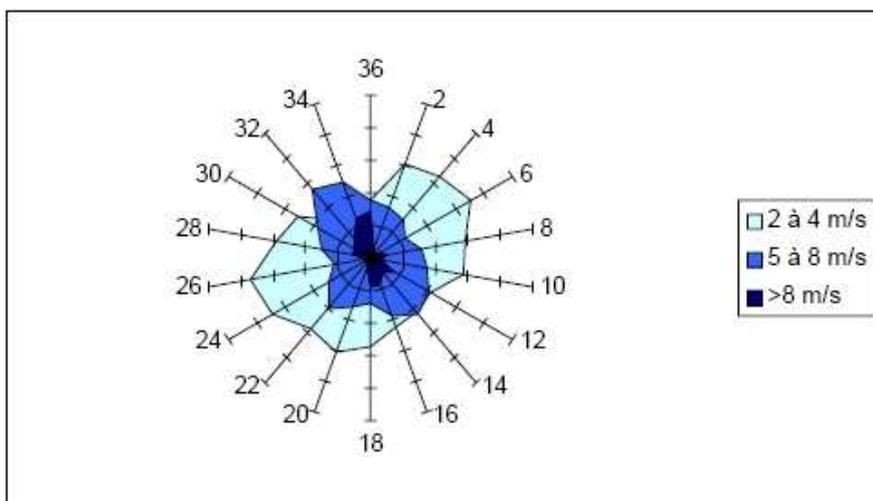


Figure 3 : Rose des vents de la station de Sète (Source : Ifremer, Statistiques 1994-2003)

2.2.2. Contexte géologique

Le bassin-versant est constitué de terrains calcaires karstiques datant du secondaire et du tertiaire, ils sont localisés au nord-est du bassin de Thau. A cela s'ajoutent des terrains marneux et des dépôts alluvionnaires (Carte géologique de Sète au 50 000ème, type1922).

2.2.3. L'hydrologie de la lagune de Thau

2.2.3.1. Le fonctionnement hydrologique

La lagune de Thau est en position d'interface entre la terre et la mer, les apports du bassin-versant et les échanges avec la mer conditionnent en partie l'hydrologie. Il ne faut pas oublier le fait que le climat méditerranéen influence la température des eaux, les mouvements des eaux de surface et les paramètres physico-chimiques des eaux lagunaires.

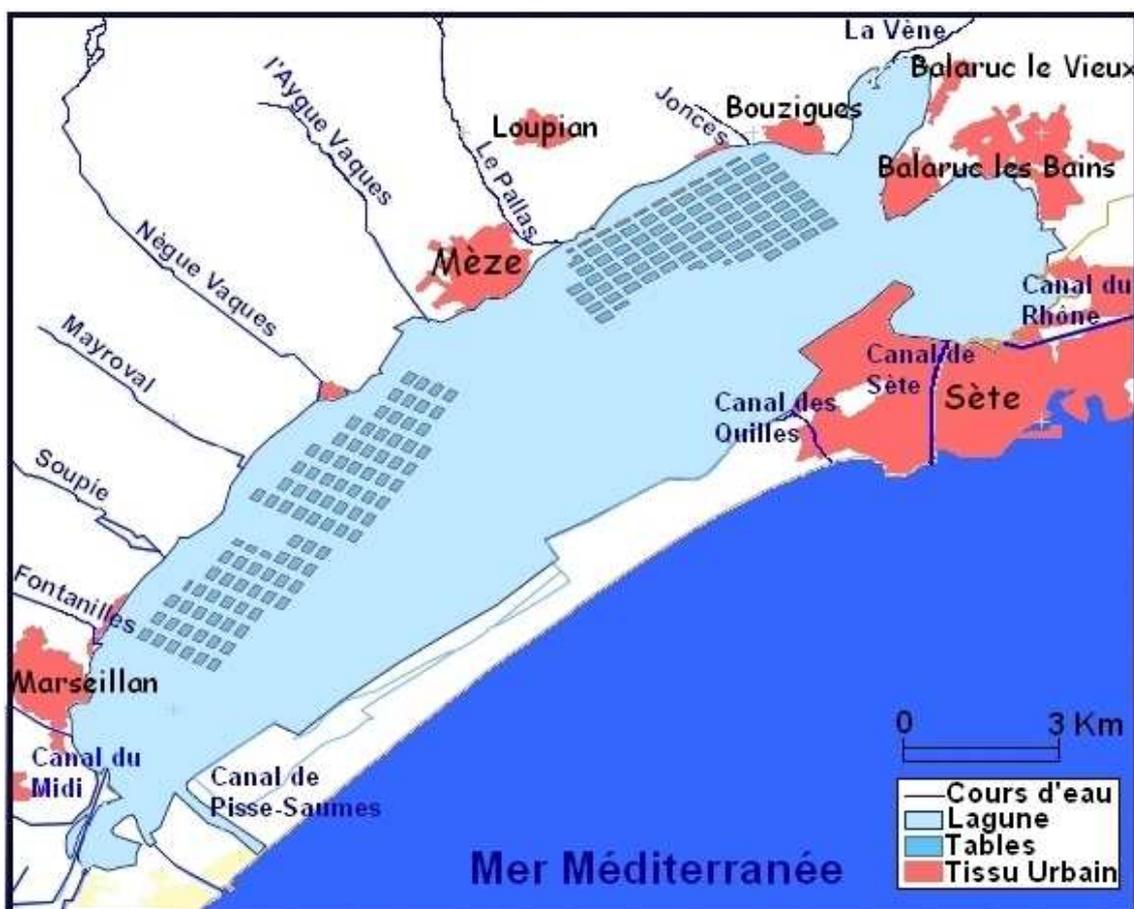
- Les apports en eau douce :

Il est indispensable de prendre en considération les apports venant du bassin-versant qui s'étend sur près de 270 km² (carte 5). Ils seraient estimés à 170 millions de m³ par an (La Jeunesse, 2001). Il est nécessaire de ne pas les omettre car ils transportent des matières riches comme l'azote et le phosphore, ils déterminent le processus d'eutrophisation des eaux de la lagune. Après une période pluvieuse, les ruissellements et les cours d'eau parcourent la plaine agricole, notamment des parcelles de vignes, avant de se jeter dans la lagune de Thau. Ils prennent une

orientation nord-sud. Certains cours d'eau sont temporaires et se remettent à fonctionner à la faveur de précipitations (Fontanilles, Soupié, Mayroval, Nèques-Vaques, Aygues-Vaques, Joncas, Lauze), et d'autres ont un caractère pérenne. C'est le cas de la Vène et du Pallas, à eux deux ils assurent 75 % des apports en eau douce venant du bassin-versant (Tournoud et al, 1997). La Vène est un cours d'eau permanent qui naît dans les bas reliefs du Massif de la Gardiole (commune de Cournonsec) et qui parcourt une dizaine de kilomètres sur la plaine agricole avant d'arriver dans la lagune à Balaruc le Vieux. Ce cours d'eau reçoit les effluents de caves coopératives dont celle de Montbazin. Le second cours d'eau permanent est le Pallas, il effectue environ huit kilomètres à partir des Causses d'Aumelas (commune de Villeveyrac). Il est alimenté par des ruisseaux tels que les Coquillades, le Villeveyrac, les Faisses...

Aux apports en eaux superficielles s'ajoutent ceux souterrains. En effet, un réseau d'eaux souterraines karstiques provient des massifs de la Gardiole et du Causse d'Aumelas. Ce réseau alimente entre autre la résurgence de la Bise qui a un débit de 300 litres par seconde et qui apporte annuellement 9 millions de m³ (SMBT).

D'autres apports proviennent du Canal du Midi et du Canal du Rhône à Sète.



Carte 5 : Le réseau hydrographique du bassin-versant de Thau (Source : Ifremer – Réalisation : Trinquier Christel. *Map Info*)

- Les échanges mer-lagune :

La lagune de Thau communique de manière permanente avec la mer par le biais de graus étroits qui permettent de limiter le confinement (carte 5). Les échanges entre les eaux salées et les eaux saumâtres se produisent continuellement. Vers la zone des Onglous située au sud-ouest de la lagune, le grau de Pisse-Saumes est redevenu fonctionnel en 1974 (BCEOM). Il laisse passer un débit moyen de 12 m³ par seconde. Le Canal des Quilles est localisé à l'ouest de Sète, il a un débit moyen de 1,5 m³ par seconde. Les canaux de Sète assurent d'importants échanges entre la mer et la lagune des Eaux Blanches, le débit est estimé jusqu'à 320 m³ par seconde soit 80% des volumes échangés passent par ce grau (Tournoud, 1991). Cette communication est artificielle, elle a été mise en place au XVIII^{ème} siècle. Le volume échangé avec la mer, grâce à ces graus, est assez conséquent puisqu'il est évalué à 800 millions de m³ par an, ce dernier favorise le renouvellement des eaux de la lagune en cinq mois (La Jeunesse, 2001).

Ce volume de renouvellement des eaux lagunaires dépend de quelques facteurs physiques (Conseil régional du Languedoc-Roussillon, 1990). En premier lieu, la marée luni-solaire permet une alternance périodique du sens de l'écoulement dans les graus, même si le marnage est faible en méditerranée avec une trentaine de centimètres. La période de retour moyenne est de 12 heures. En deuxième lieu, la variation de la pression atmosphérique modifie le niveau de la mer en créant des marées barométriques. Enfin, l'intensité et la direction des vents jouent un rôle non négligeable dans le fonctionnement des échanges mer-lagune. Les vents de terre, la tramontane (nord-ouest) et le mistral (nord-est), favorisent les échanges de la lagune vers la mer. A l'opposé, les vents marins sont responsables de la hausse du niveau de la mer et par conséquent les échanges s'effectuent de la mer à la lagune.

- Pour calculer les variations du volume d'eau de la lagune, il faut prendre en compte les apports directs, indirects, et les pertes.

Variation du volume = (précipitations directes + apports du bassin-versant + entrées d'eau marine) – (évaporation + sorties d'eau de la lagune).

2.2.3.2. Les paramètres physico-chimiques de la lagune

L'étude des paramètres physico-chimiques des eaux correspond à l'évaluation de la température des eaux, des teneurs en salinité et en oxygène dissous. Ils évoluent constamment en fonction des conditions météorologiques et de la saisonnalité (Conseil régional du Languedoc-Roussillon, 1990). Un suivi de la colonne d'eau permet de mesurer ces paramètres, il est effectué dans le cadre du Réseau de Suivi Lagunaire par l'Ifremer, le Cépralmar, l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, le Pôle relais lagune et la région Languedoc-Roussillon ; depuis 2000. Ces paramètres sont déterminants puisqu'ils servent d'indicateur de l'eutrophisation et ils informent sur les crises anoxiques.

2.2.3.2.1. La température de l'eau

Elle est directement liée à la température de l'air, à l'ensoleillement et aux vents. La température des eaux de la lagune de Thau varient entre 4°C et 28°C (Cépralmar). En comparaison avec les eaux marines, les eaux de la lagune ont une amplitude thermique plus importante. Les températures des eaux lagunaires sont plus chaudes que celles des eaux de la mer, en été. C'est l'inverse en hiver. De même, les eaux superficielles se réchauffent et se refroidissent plus vite que celles profondes car elles sont plus sensibles aux températures de l'air. Il faut souligner que des températures de l'eau élevées favorisent la productivité biologique et peuvent contribuer à la prolifération d'algues dans un milieu riche en matières nutritives.

2.2.3.2.2. La salinité de l'eau

Elle dépend du bilan hydrique, c'est à dire des échanges avec la mer, des apports d'eau douce et des pertes par évaporation. La salinité de la lagune de Thau varie entre 28 et 40 ‰, la lagune serait en moyenne plus salée que la mer (Cépralmar). Il existe un gradient entre les eaux de surface et celles inférieures puisque la lagune de Thau est profonde, les eaux de surface sont moins salées que les eaux proches du fond. La teneur en sel varie selon l'échelle temporelle ; s'il pleut les eaux seront moins salées, et si l'ensoleillement s'accompagne de températures élevées, l'évaporation conduira les eaux à être plus salées. Cette variabilité est aussi spatiale, les eaux de la lagune sont plus salées au niveau des graus, qui assurent la communication avec la mer.

2.2.3.2.3. L'oxygène dissous dans l'eau

Il est sous l'influence des deux paramètres évoqués précédemment, la température de l'eau et la salinité. On calcule le % de saturation pour parler de déficit ou d'excédent en oxygène par rapport à la salinité et à la température. Ce pourcentage varie en moyenne entre 80 et 100% (Ifremer). Les malaïgues se caractérisent par l'absence d'oxygène présent dans les eaux, c'est ce qui contribue les eaux à se colorer en blanc et qui est à l'origine des mortalités dans la production conchylicole.

2.2.3.2.4. Le pH

Il mesure le degré d'acidité des eaux, s'il est inférieur à 7 le milieu sera acide, par contre s'il est supérieur à 7 le milieu sera basique, enfin s'il est proche de 7 le milieu sera neutre. Le pH est lié à l'oxygène dissous, en effet lorsque les eaux sont bien oxygénées le pH est élevé.

2.3. Les pratiques anthropiques conditionnent l'utilisation du bassin-versant de Thau

2.3.1. L'urbanisation et l'accroissement de la pression démographique à l'échelle du bassin-versant

La côte de la région Languedoc-Roussillon a longtemps suscité peu d'intérêt voire même de la répulsion, en raison de la présence de marécages et de moustiques. Au cours de la deuxième moitié du XXème siècle, un programme d'équipement touristique, engagé par l'état, a amené le littoral Languedocien à être aménagé. Ce programme dit *Mission Racine* a permis la construction de stations balnéaires ex-nihilo, d'axes de communication, l'assèchement des marécages et la démoustication des lagunes (Paskoff, 2005). L'aménagement des côtes de la région et des lagunes permet à ces espaces d'être très attractifs.

Il est important de différencier deux types de population qui sont présentes sur le bassin-versant de Thau. En premier lieu, la population permanente correspond aux personnes habitant de manière permanente sur le bassin-versant et qui sont présentes toute l'année. Depuis plusieurs années, la population permanente du bassin de Thau ne fait qu'augmenter, passant de 91 381 habitants en 1990, à 100 231 habitants en 1999 ; soit une évolution positive de 9.7% (INSEE). Les communes qui ont enregistrées les évolutions les plus importantes entre ces deux périodes sont : Loupian (37.1%), Mèze (35.5%), Gigean (33.9%), Villeveyrac (28.3%) et Bouzigues (26.0%). Plusieurs facteurs sont favorables à l'installation des populations sur le bassin-versant

de Thau, on peut penser aux aménagements qui ont été effectués dans les années 1970-1980, au cadre paysager agréable ; l'existence d'un bon réseau de communication qui permet de relier les communes à la capitale régionale, Montpellier, en moins d'une heure, peut expliquer un certain desserrement. En deuxième lieu, la population saisonnière correspond aux touristes. Ces derniers affluent en grand nombre en période estivale. En effet, durant les mois d'été, la population totale du bassin-versant est quasiment multipliée par deux. Certaines communes voient leur population multipliée, comme celle de Marseillan où elle peut être multipliée par huit. Les populations permanente et saisonnière exercent des pressions sur le bassin-versant qui peuvent nuire à l'équilibre naturel de la lagune et conduire à l'eutrophisation du milieu.

2.3.2. L'occupation de la surface du bassin de Thau

2.3.2.1. Les activités pratiquées sur le bassin-versant

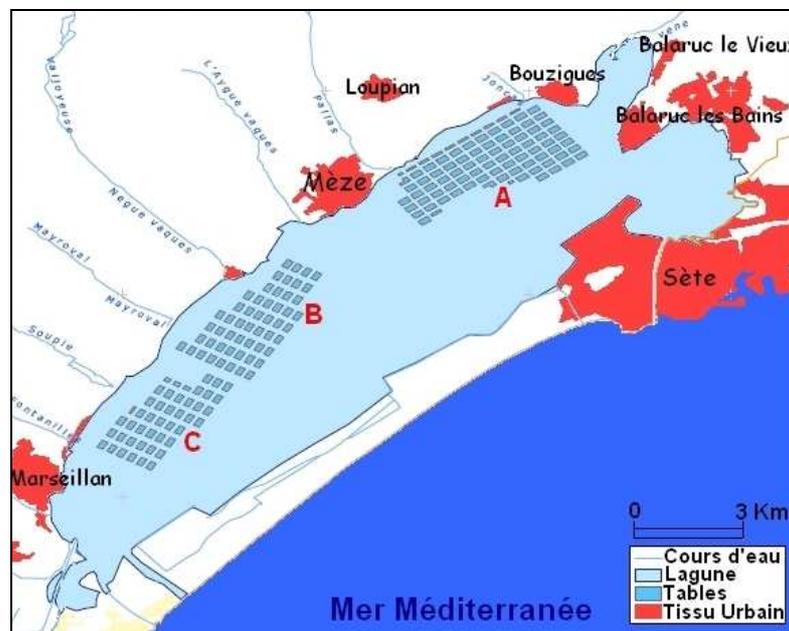
A l'échelle du bassin-versant de Thau, l'occupation des sols est essentiellement utilisée pour l'agriculture, une autre part est recouverte de garrigues et de prairies. La pratique agricole dominante est la viticulture qui s'étend sur environ 40% du bassin. D'autres terrains agricoles servent à la production de blé, on trouve des vergers et certains sols sont en friche.

2.3.2.2. Les activités pratiquées sur la lagune

Le Schéma de Mise en Valeur de la Mer (SMVM) souligne la vocation prioritaire de la lagune de Thau pour la pêche et la conchyliculture. C'est un milieu propice pour accueillir ces activités de par ses caractéristiques ; on peut citer sa superficie, sa profondeur, ses apports et ses pertes. Il est nécessaire que les eaux lagunaires soient d'une excellente qualité pour assurer la production conchylicole, ce qui explique en partie le fait qu'un système de contrôle de la colonne d'eau ait été mis en place et soit effectué de manière assidue.

L'une des activités les plus anciennement exercées est la pêche professionnelle de poissons et coquillages. Cependant, le nombre de pêcheurs connaît un déclin dû à la diminution de la productivité et au contexte économique actuel (Pôle relais lagunes). Egalement pratiquée sur la lagune de Thau, la conchyliculture est une activité incontournable. C'est la première activité économique liée à la lagune, elle engendre 2000 emplois directs (SMBT). Cette activité se base sur l'élevage d'huîtres

(l'ostréiculture) et de moules (la mytiliculture). Ce sont les tables qui servent de support et auxquelles sont suspendues des cordes d'élevage de moules (*Mytilus galloprovincialis*), d'huîtres plates (*Ostrea edulis*) et d'huîtres creuses (*Crassostrea gigas*). La disposition des tables n'a pas toujours été la même. Les parcs flottants se sont d'abord localisés dans les canaux de Sète, puis ils se sont développés de manière anarchique jusque dans les années 1970. Depuis un remembrement général des tables conchylicoles, les zones d'élevage se répartissent en trois secteurs différents, à Bouzigues, à Mèze et à Marseillan (carte 6). Je tenterai de démontrer, dans le prochain chapitre, que lorsqu'une malaïgue apparaît et se propage à partir de son foyer, ces zones sont souvent touchées et contribuent à auto alimenter le processus d'anoxie des eaux.



Carte 6 : Répartition spatiale des tables conchylicoles (Source : Ifremer – Réalisation : Trinquier Christel. *Map Info*)

La lagune de Thau est aussi un centre historique de la voile dans la région Languedoc-Roussillon. Le centre nautique « Les Glénans » de Marseillan est l'une des plus ancienne et importante école de voile au niveau national. S'ajoute la navigation de plaisance permise par le Canal du Midi et celui du Rhône à Sète.

2.4. La lagune de Thau : un milieu riche et fragile

2.4.1. Un patrimoine écologique exceptionnel

La lagune de Thau est un milieu riche et diversifié, ce qui en fait un lieu unique et lui confère une valeur patrimoniale. Tout comme les écosystèmes lagunaires méditerranéens, ce site présente une grande richesse biologique remarquable de par sa faune et sa flore. La lagune de Thau est dotée de spécificités, telles que sa superficie et sa profondeur, qui la différencient de d'autres lagunes. Elle accueille une biodiversité aquatique, botanique et ornithologique que l'on peut qualifier d'unique et de variée (tableau 4 et 5). Parmi la biodiversité aquatique, on dénombre :

Tableau 4 : Présentation des espèces de faune aquatique pour la lagune de Thau (Source : SMBT)

Faune aquatique

88 espèces de poissons (dont 31 communes, 17 rares et 40 exceptionnelles)	Anguille, Muge, Daurade, Loup, Joëls...
70 espèces de mollusques	Seiche, Palourde, Huître, Moule...
110 espèces de crustacés	Crabe, Crevette...
12 espèces d'échinodermes	Etoile des mers, Oursin...
18 espèces de Cœlentérés	Coraux, Anémone des mers, Méduses...
50 espèces de vers	
7 espèces d'éponges	
125 espèces de zooplancton	
> 100 espèces de protozoaires	

Tableau 5 : Présentation des espèces de flore aquatique pour la lagune de Thau (Source : SMBT)

Flore aquatique

196 espèces de végétaux	Herbiers à Zostères (<i>Zostera marina</i> et <i>noltii</i>)
100 espèces de phytoplancton	

Cet environnement lagunaire est exceptionnel, à ce titre, il justifie la mise en place d'inventaires scientifiques et de normes juridiques.

2.4.2. Les mesures de protection juridiques et de classement de la lagune de Thau

Certains sites de la lagune de Thau et de son bassin-versant sont inventoriés ou soumis à des mesures de protection en raison de la richesse écologique du site (tableau 6). Ils sont classés en tant que Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique,

Faunistique ou Floristique (ZNIEFF), à l'image de l'herbier de zostères (*zostera marina* et *noltii*). C'est l'un des plus grand d'Europe puisqu'il recouvre une superficie de 780 hectares. Il participe à la valorisation de l'image patrimoniale de la lagune. Toujours à l'échelle nationale, la majorité de la lagune de Thau est classée dans les Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO).

Les Directives européennes, « Oiseaux » (1979) et « Habitat Faune-Flore » (1992), donnent aux lagunes le statut d'accueil prioritaire. La lagune de Thau est un site d'importance internationale car il est le refuge d'un bon nombre d'espèces protégées. A noter, dix espèces d'oiseaux inscrites à l'annexe 1 : Aigrette garzette, Avocette élégante, Echasse blanche, Flamant rose, Goéland d'Audouin, Mouette mélanocéphale, Pipit rousseline, Tadorne de belon, Sterne naine et pierregarin. Des espèces floristiques sont aussi d'intérêt patrimonial comme l'Althénie de barrandon, la Barbe de Jupiter, la Jacinthe romaine, la Bugrane sans épine, le Salsifis hybride, la *Bassia hirsuta*...

Tableau 6 : Recensement de zones protégées et classées sur le bassin de Thau (Source : Aquascop, 1993)

Type		Nom	Surface (ha)
Natura 2000	SIC	Corniche de Sète	13
		Herbiers de l'étang de Thau	4774
		Etang du Bagnas	607
	ZPS	Etang du Bagnas	586
ZNIEFF	2	Etang de Thau et ses rives	7 300
	1	Herbier de zostères de l'étang de Thau	780
	1	Crique de l'Angle	264
	2	Ripisylve du ruisseau d'Issanka	15
	1	La Conque	45
	1	Zone humide de la Bellonette et des Prés du Baugé	85
	1	Les Onglous	155
	1	Etangs du Grand et du Petit Bagnas	562
	1	Salins du Quinzième	125
	1	Salins de Villeroy	193
	1	Bois de Villeroy	2
	1	Corniche de Sète	20
ZICO		Etang de Thau	6825
		Lido de Sète à Agde	803
		Le Bagnas	560

Actuellement, les gestionnaires du bassin de Thau oeuvrent pour que le statut Natura 2000 soit accordé à la lagune de Thau. Natura 2000 prend en compte deux périmètres fixés dans les Directives Européennes : Oiseaux et Habitats, les Zones de Protection Spéciale (ZPS) et les Zones Spéciales de Conservation (ZSC). La démarche se situe dans une phase de diagnostic qui consiste à faire un inventaire du milieu pour en montrer ses multiples enjeux et la nécessité de le préserver (SMBT).

Conclusion

La lagune de Thau est un milieu lagunaire exceptionnel et unique. Le véritable défi réside dans le fait que ce site présente des enjeux considérables, qu'ils soient écologiques, esthétiques, économiques... Toutefois, ces nombreux atouts rendent ce milieu vulnérable et fragile. Les malaïgues, occasionnées par le phénomène d'eutrophisation, pèsent une grande menace car elles portent atteintes à tout cet écosystème lagunaire et aux activités qui y sont liées.

Chapitre III

LE PHENOMENE D'EUTROPHISATION DES LAGUNES MEDITERRANEENNES : UN RISQUE MAJEUR POUR LA LAGUNE DE THAU

La problématique de l'eutrophisation concerne quelques lagunes méditerranéennes. Depuis le 22 février 2006, la lagune de Thau est classée en *zone sensible à l'eutrophisation* (Directive Européenne sur les Eaux Résiduaires Urbaines), c'est un argument supplémentaire pour justifier le choix de m'être intéressé à ce site. A l'échelle de la lagune de Thau et de son bassin-versant, il est fondamental de prendre connaissance des processus qui entrent en jeu dans le phénomène d'eutrophisation, d'en comprendre ses causes et ses conséquences. Cette problématique fait l'objet de ce troisième chapitre. Dans un premier temps, je présenterai les mécanismes qui sont liés au processus d'eutrophisation. Après avoir distingué les termes d'eutrophisation et de malaïgue, je démontrerai que les malaïgues résultent de l'enrichissement du milieu, mais que l'eutrophisation du plan d'eau ne provoque pas toujours des malaïgues. Dans un second temps, je mettrai en évidence que même si l'eutrophisation est un phénomène naturel dépendant de facteurs physiques, il n'en reste pas moins influencé et amplifié par les activités anthropiques. Enfin dans une troisième sous partie, j'insisterai sur les impacts négatifs, environnementaux et économiques, engendrés par l'eutrophisation et les malaïgues qui en résultent.

3.1. Les mécanismes du processus d'eutrophisation

3.1.1. Définition

Le phénomène d'eutrophisation constitue une problématique préoccupante pour les milieux lagunaires. Le travail de ce mémoire s'attache à démontrer que l'eutrophisation représente une grande menace pour la lagune de Thau, que ce soit au niveau de ses équilibres naturels ou des activités économiques qui en dépendent. Ainsi, il me paraît fondamental de définir cette notion afin de mieux comprendre la nature de ce processus, ses causes et ses conséquences, mais aussi les raisons pour lesquelles diverses mesures ont été mises en place pour tenter d'y remédier.

Le terme d'eutrophisation vient du grec, le préfixe « eu » ajouté à « trophe » signifie « bien nourri ». Il a été défini par les Directives du Conseil des Communautés Européennes du 21 mai 1991 en rapport au traitement des eaux urbaines résiduaires et celle du 12 décembre 1991 relative à l'azote d'origine agricole :

« l'enrichissement de l'eau en éléments nutritifs, notamment des composés de l'azote et/ou du phosphore, provoquant un développement accéléré des algues et des végétaux d'espèces supérieures qui entraîne une perturbation indésirable de l'équilibre des organismes présents dans l'eau et une dégradation de la qualité de l'eau en question » (91/271/CEE et 91/676/CEE).

Cette définition met en évidence que l'eutrophisation est une évolution du milieu vers un état. C'est pour cela qu'il est intégré au sein d'une échelle caractérisée par divers degrés de trophie. Ces degrés de trophie symbolisent le niveau de richesse des éléments qui limite la production primaire (La Jeunesse, 2001). On distingue quatre degrés :

- L'oligotrophie : le milieu est pauvre en matières nutritives.
- La mésotrophie : c'est un stade intermédiaire où la teneur en matières nutritives est moyenne. Les organismes aquatiques sont plus nombreux.
- L'eutrophie : c'est le processus qui nous intéresse et qui qualifie un milieu riche en matières nutritives.
- La dystrophie : elle fait suite à l'eutrophisation, le milieu est alors excessivement enrichi en matières nutritives et les teneurs en oxygène dissous dans l'eau sont très basses.

Le passage d'un milieu oligotrophe à eutrophe s'accompagne de modifications. L'eutrophisation du milieu est un phénomène très lent à l'échelle géologique car il dépend de facteurs physiques. Toutefois, l'intervention de l'homme, sur les bassins

versants et au niveau des lagunes, concourt à accélérer ce processus. Les plans d'eau oligotrophes correspondent à un milieu jeune où les nutriments sont peu présents, les eaux sont claires et bien oxygénées. En comparaison, les plans d'eau eutrophes sont caractérisés par des teneurs en nutriments abondantes, des eaux plus turbides, une prolifération de la végétation et une domination de matières algales qui entraîne une consommation d'oxygène.

Cette eutrophisation du milieu évolue parfois en crise dystrophique, stade ultime des degrés de trophie présentés précédemment. Il me semble important de définir ce qu'est un phénomène de dystrophisation puisqu'il résulte en premier lieu de l'eutrophisation du plan d'eau et de conditions météorologiques favorables. Les crises dystrophiques sont aussi appelées crises anoxiques. Dans la région Languedoc-Roussillon, on emploie l'appellation de malaïgues, terme originaire de l'occitan et qui signifie « mauvaises eaux ». Suite à un enrichissement excessif en matières nutritives, la teneur en oxygène de la colonne d'eau chute, le peu d'oxygène dissous dans l'eau est consommé par des bactéries qui rejettent des sulfures. Ces bactéries sulfato-réductrices provoquent la coloration des eaux en blanc (Souchu et al, 1998).

Dans ce travail, je m'intéresserai à ces deux phénomènes car le second (malaïgues) dépend du premier (eutrophisation).

3.1.2. Une variabilité à la fois temporelle et spatiale

3.1.2.1. Variabilité saisonnière

L'eutrophisation est un phénomène naturel qui est influencé par les paramètres climatiques et météorologiques. En effet, certaines conditions sont favorables pour que les eaux lagunaires, riches en matières nutritives, deviennent plus turbides et soient envahies par la prolifération d'algues. De même, les crises anoxiques, dues à l'eutrophisation des eaux, n'apparaissent qu'en fonction de la situation météorologique locale. On distinguera certaines conditions propices :

- Quand les températures de l'air sont élevées, elles favorisent l'augmentation de la température de la colonne d'eau. Plus les eaux lagunaires sont chaudes, plus l'activité biologique est importante. En effet, l'augmentation des températures diminue les possibilités physiques de dissolution dans l'eau de l'oxygène atmosphérique, accélère le métabolisme et par conséquent la consommation en oxygène des organismes vivants dans l'écosystème aquatique de la lagune de Thau

(Souchu et al, 1998). Ce sont donc pendant les mois d'été de juin, juillet et août que les températures sont les plus élevées (tableau 2).

- L'ensoleillement important fait partie des paramètres entrant en jeu dans les crises anoxiques puisqu'il participe au réchauffement des eaux de surface.
- L'absence de vent pendant plusieurs jours de suite contribue à la stagnation du plan d'eau. Il a été démontré que si les vents sont inférieurs à 2 mètres par seconde pendant 36 heures ou plus, il y a un risque de malaïgue. La direction et l'intensité du vent est la principale variable d'apparition d'eau sans oxygène (Tournier et al, 1991). Par contre, lorsque les vents se remettent à souffler, à une vitesse supérieure à 8 mètres par seconde et de façon durable, ils permettent le brassage et la réoxygénation des eaux de surface.
- Les faibles variations barométriques limitent les échanges qui se produisent habituellement entre la lagune et la mer.

Certaines conditions météorologiques, relatives à l'échelle temporelle, sont nécessaires pour que les eaux eutrophes connaissent une crise anoxique.

3.1.2.2. Variabilité spatiale

L'eutrophisation des eaux lagunaires aboutit certaines fois à la diminution de la teneur en oxygène dissous dans l'eau, jusqu'à provoquer une crise dystrophique ou malaïgue. Ces deux phénomènes liés dépendent fortement de la variabilité saisonnière, comme je viens de le démontrer. Mais pas seulement, il faut également prendre en compte l'échelle spatiale. Quelques zones de la lagune sont susceptibles d'être plus riches en matières nutritives que d'autres. Elles sont situées à proximité d'embouchures de cours d'eau issus du bassin-versant, comme la Vène et le Pallas ; elles peuvent être localisées au niveau des tables d'élevages conchylicoles. Quand les paramètres météorologiques le permettent, ces eaux riches en éléments nutritifs évoluent vers des eaux anoxiques, c'est à dire que la colonne d'eau devient déficitaire en oxygène. Ces malaïgues se développent à partir de « foyers » qui correspondent à ces eaux riches. Deux types de foyers sont alors à différencier, les foyers « de fond » et « en bordure ».

- Les foyers « de fond » :

Dans certains cas, les malaïgues se forment à partir de foyers situés en eaux profondes, à proximité des zones conchylicoles (figure 4).

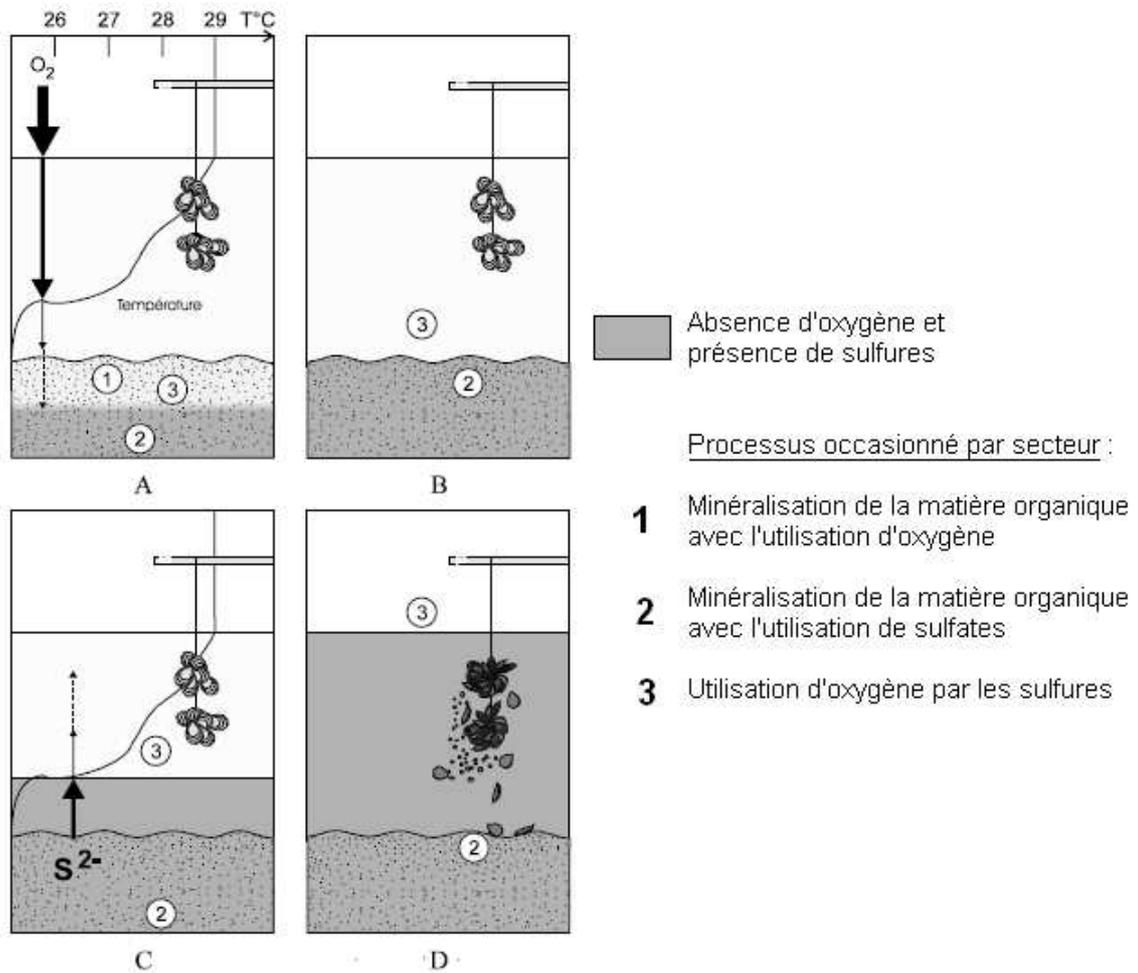


Figure 4 : Le développement des anoxies à partir du fond de la lagune de Thau (Source : Souchu et al, 1998)

La profondeur des eaux de la lagune de Thau favorise l'apparition d'une thermocline pendant l'été, séparant les eaux superficielles de celles profondes. Il s'agit d'un écart de température de l'eau mais aussi de différences en teneur d'oxygène. Ces eaux pauvres en oxygène se propagent vers la surface. Elles engendrent des mortalités importantes de coquillages. Ce processus s'auto alimente en permanence car les mortalités, induites par des teneurs trop basses en oxygène, augmentent la quantité de matière à dégrader par les bactéries qui en dégradant consomment tout l'oxygène (figure 5).

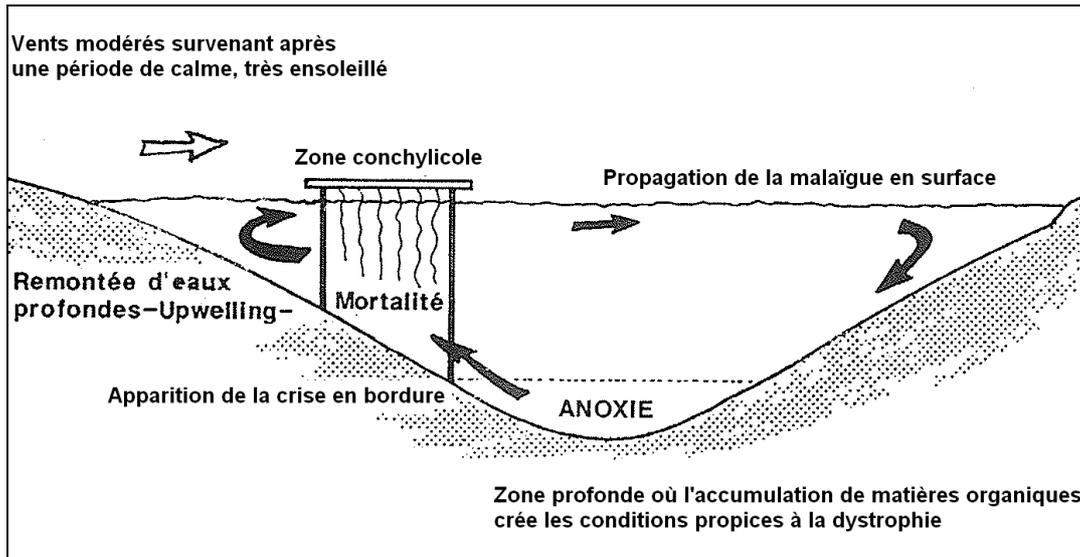


Figure 5 : Schéma d'apparition des malaïgues dans la lagune de Thau, à partir d'un foyer profond (Source : Conseil régional du Languedoc-Roussillon, 1990)

- Les foyers « en bordure » :

Le second type de foyer correspond aux malaïgues se formant à partir des bordures de la lagune (figure 6). L'enrichissement des eaux résulte des apports venant du bassin-versant par l'intermédiaire des cours d'eau (la Vène et le Pallas) ou de ruissellements, d'autres apports peuvent provenir de la pratique conchylicole (déchets de détroquage, nettoyage des mas...). A partir de ces foyers de bordure, les malaïgues se propagent jusqu'aux tables d'élevages conchylicoles et occasionnent d'importantes mortalités de coquillages (figure7).

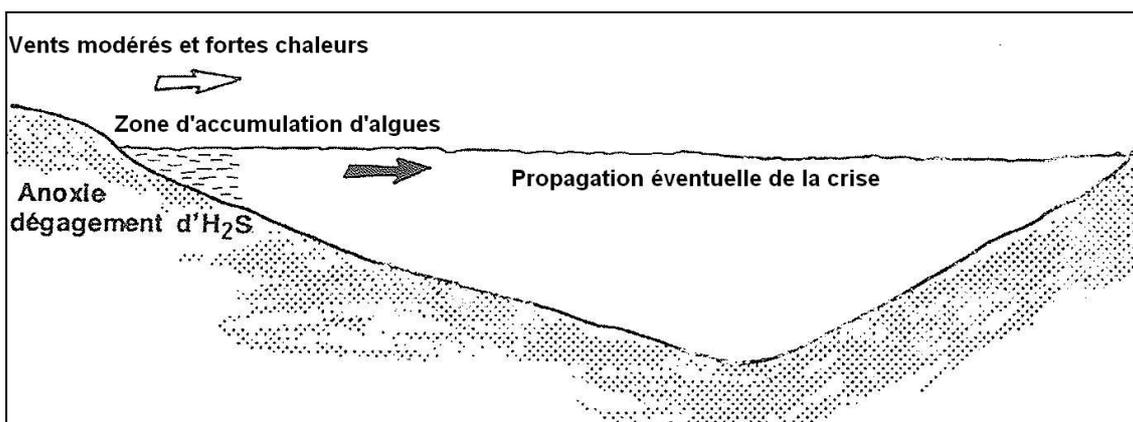


Figure 6 : Schéma d'apparition des malaïgues dans la lagune de Thau, à partir du bord (Source : Conseil régional du Languedoc-Roussillon, 1990)

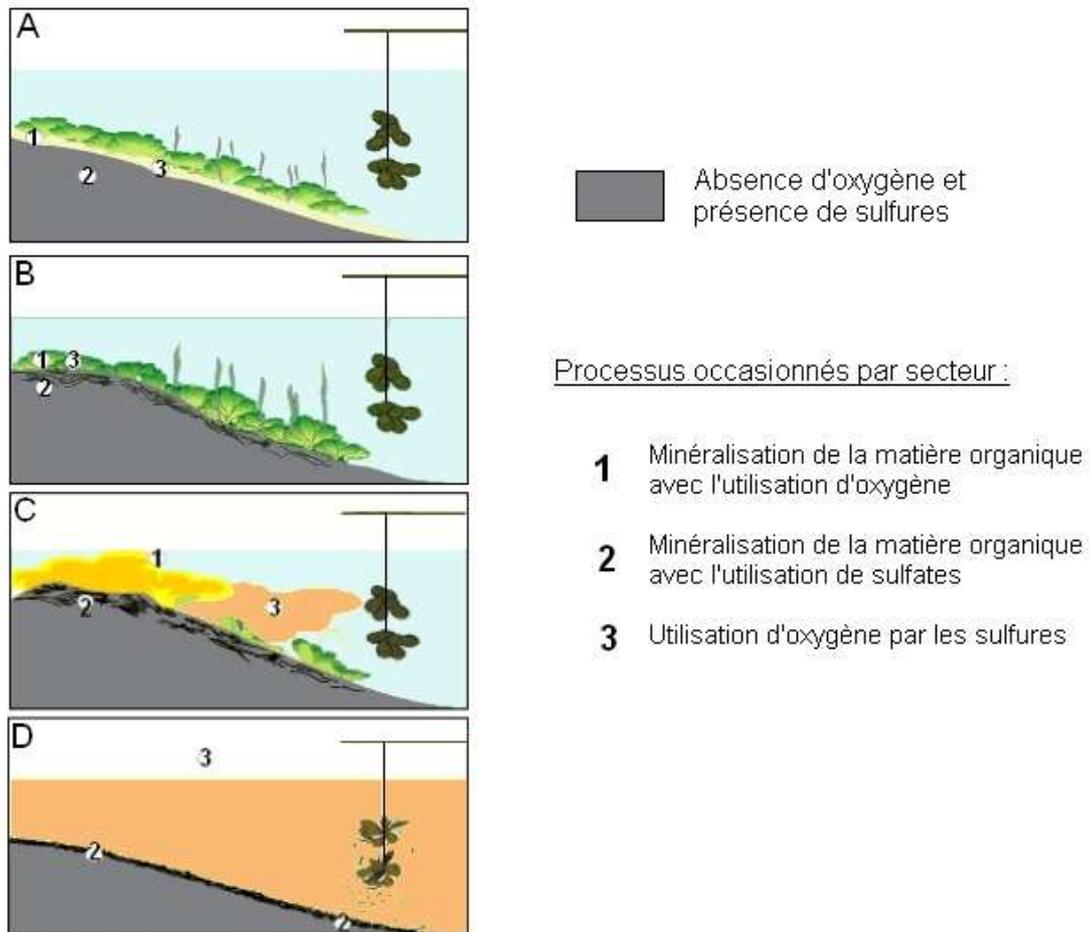


Figure 7 : Le développement des anoxies à partir des bordures de la lagune de Thau (Source : Souchu et al, 1998)

Dans la lagune de Thau, les malaïgues se développent le long de la bordure nord entre Marseillan et Bouzigues, elles apparaissent très souvent dans la zone du Mourre-Blanc qui est un petit port (photographie 1).



Photographie 1 : Malaïgue de bord -2006-(Source : Photographie Ifremer – H.Farrugio)

Elles sont de deux sortes : Certaines ne concernent que la couche superficielle de l'eau. Les eaux se colorent en blanc, il s'agit d'une réaction entre les sulfures et les carbonates. Ce type d'apparition n'aboutit pas à la mortalité des coquillages. Par contre, d'autres malaïgues de bordure sont généralisées à toute la tranche d'eau. Les eaux sont également blanches, cette coloration est due à la prolifération de bactéries photosynthétiques (Tournier et al, 1979).

3.1.3. Du processus d'eutrophisation à la crise anoxique

Après avoir défini ce qu'est l'eutrophisation au tout début de ce chapitre, il me paraît fondamental d'aborder les étapes successives qui entrent en jeu dans le passage d'un milieu eutrophe à un milieu anoxique, c'est à dire sans oxygène. Ce sont ces mêmes étapes qui sont constatées et mesurées lors des manifestations de malaïgues sur la lagune de Thau, certains étés.

3.1.3.1. Les conditions de formation

Tout d'abord, l'eutrophisation de la lagune dépend d'un bon nombre de facteurs que je développerai par la suite de manière précise. Les conditions naturelles favorables mais aussi les apports liés aux activités anthropiques effectuées sur le bassin-versant ; participent à augmenter les teneurs en matières nutritives de la lagune.

L'excès en azote et phosphore contribue à l'accroissement du métabolisme et de la production biologique. Des proliférations algales (bloom algal) et phytoplanctoniques apparaissent.

Il en résulte une amplification de la matière organique présente dans le milieu. Les eaux sont plus turbides, ce qui empêche le processus de photosynthèse de s'opérer. De plus, la matière organique est dégradée par des bactéries aérobies qui consomment tout l'oxygène. Ainsi, la colonne d'eau devient déficitaire en oxygène, ceci aboutit à l'anoxie de l'eau. C'est à ce moment là et pas avant que l'on peut parler de malaïgues. Des mortalités plus ou moins importantes sont enregistrées au niveau de la faune et de la flore qui ne peuvent plus effectuer leur photosynthèse et qui ne disposent plus d'oxygène en quantité suffisante.

Enfin, cette mortalité accroît la quantité de matière à dégrader, des bactéries anaérobies (bactéries photosynthétiques sulfo-oxydantes) prolifèrent et éliminent la matière organique présente en trop grande quantité. En contre partie, elles sont responsables de dégagements d'hydrogène sulfuré (H²S). Elles se servent de

l'oxygène contenu dans les sulfates et libèrent en échange des sulfures, qui sont des composés toxiques pour les organismes vivants dans le milieu aquatique. Lorsque ces malaïgues se produisent, les eaux de la lagune de Thau prennent une couleur blanchâtre. Cela serait dû à l'abondance de bactéries photosynthétiques (Souchu et al, 1998).

3.1.3.2. Les conditions de propagation

A partir d'un foyer initial de développement, les eaux chargées en matières nutritives se propagent et s'étendent par le biais des courants internes à la lagune et grâce à l'intensité des vents. Quand les eaux sont anoxiques, le brassage de l'eau par le vent ou les courants n'est pas effectué en raison des conditions météorologiques, c'est alors les mortalités et la consommation de la matière organique par les bactéries anaérobies qui font que ces foyers se propagent. Plus précisément, ces bactéries en consommant la matière organique rejettent « des composés sulfurés toxiques, dont une partie se diffuse dans l'eau et réagit à son tour avec l'oxygène pour former des sulfates, renforçant la demande en oxygène » (Chapelle, 2001).

3.1.3.3. Les conditions de dissipation

Le retour à la normale est permis grâce aux conditions météorologiques, le principal facteur permettant la réoxygénation de la masse d'eau est le vent. D'ailleurs, certains auteurs ont mis en évidence une corrélation entre la vitesse du vent et l'oxygénation de la colonne d'eau (Souchu et al, 1998).

3.2. L'étude des causes de l'eutrophisation dans le bassin de Thau

3.2.1. L'eutrophisation dépend de causes naturelles...

Les lagunes sont souvent des milieux assez confinés et riches en éléments nutritifs. A l'origine l'eutrophisation est un phénomène naturel très lent, par conséquent il est influencé par des paramètres naturels qu'ils soient relatifs à la météorologie ou qu'ils soient directement liés aux caractéristiques propres du milieu. Il me semble utile d'analyser avec plus de précision les variables naturelles qui favorisent le développement du phénomène d'eutrophisation (Ifremer, 2004).

3.2.1.1. La météorologie : un facteur physique

- L'intensité et la direction des vents :

Le vent est considéré comme un facteur prépondérant dans la circulation hydrodynamique de la lagune. C'est un élément qui contribue au brassage naturel de la masse d'eau superficielle, c'est à dire qu'il a un rôle de réoxygénation de l'eau de surface. Deux paramètres du vent sont à prendre en compte, il s'agit de sa vitesse ou intensité et de sa direction. Selon sa direction, certains vents apportent des masses d'air frais ou chaud. Quand ils sont à l'origine d'air chaud (orientation sud-est), ils contribuent à réchauffer les eaux superficielles. De même, la vitesse du vent est une variable à ne pas négliger. Une corrélation a été notamment établie par des auteurs pour démontrer la relation étroite entre l'intensité des vents et l'émergence de malaïgues dans un milieu déjà eutrophe (Souchu et al, 1998). En effet, un vent faible voire absent est une condition nécessaire pour l'apparition d'eaux stagnantes, le développement d'algues et le déclenchement d'une malaïgue. De manière plus précise, il faudrait des vents inférieurs à 5 mètres par seconde pendant quelques jours (Tournier et al, 1989). De même, lorsque le vent se remet à souffler durablement pendant plusieurs jours à la suite, il brasse les eaux et les réoxygène.

- La température de l'air :

Une relation étroite existe entre la température de l'air et de l'eau lagunaire. Les températures de l'air influent directement celles de l'eau, on observe une variation saisonnière de ces deux températures (Chapelle et al, 2002). Quand les températures de l'air sont élevées, elles viennent chauffer les eaux de surface, ce qui peut permettre la formation d'algues et faire baisser la teneur en oxygène de l'eau (figure 8).

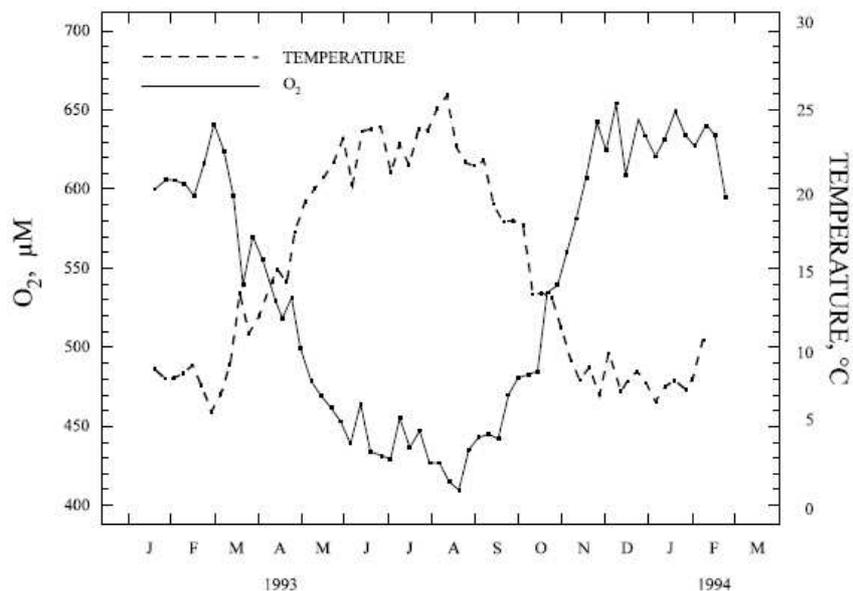


Figure 8 : Evolution de la saturation en oxygène et des températures dans les eaux de surface de la lagune de Thau, en 1993 (Source : Souchu et al, 1998)

- L'ensoleillement :

Le rayonnement énergétique influe la productivité biologique. L'ensoleillement estival permet la réalisation d'une bonne photosynthèse et contribue au réchauffement des eaux de surface. Il peut conditionner l'apparition d'algues.

- Les précipitations :

Elles jouent un double rôle qui est lié aux précipitations directes et aux précipitations indirectes qui parcourent le bassin-versant avant d'atteindre la lagune de Thau. Celles indirectes ruissellent à la surface du bassin-versant et participent à l'enrichissement du milieu lagunaire puisqu'elles sont chargées de matériaux azotés et phosphorés. C'est à l'embouchure des cours d'eau et des ruisseaux que l'on enregistrera une eutrophisation des eaux, par exemple la Vène, le Pallas et le Nèques-Vaques. Les précipitations directes apportent des eaux douces à la surface de la lagune, ce qui confine des eaux eutrophes. Elles agissent comme un couvercle et s'il n'y a pas de brassage, la masse d'eau inférieure peut devenir anoxique (Chapelle et al, 2002).

3.2.1.2. Les caractéristiques propres du milieu

D'autres paramètres naturels peuvent conduire à des conditions propices pour déclencher l'eutrophisation du milieu, qui peut évoluer en anoxie. L'état de confinement de la lagune est à prendre en compte car plus le milieu est confiné plus les eaux risquent d'être riches et peu oxygénées par manque de brassage. Le rôle des apports et des sorties est important dans la mesure où une communication avec la mer permet d'établir des courants et de renouveler les eaux.

3.2.2 ...Mais pas seulement, l'eutrophisation est influencée par les activités anthropiques.

Même si l'eutrophisation est à l'origine un phénomène naturel lent, il est depuis quelques décennies amplifié par les activités humaines pratiquées à proximité des espaces lagunaires. Les paramètres météorologiques ont leur influence et tendent à favoriser ce processus d'eutrophisation, mais ce sont bien les pratiques anthropiques qui sont responsables de l'accroissement de l'enrichissement du plan d'eau et de l'ampleur des conséquences qui en sont liées. Les lagunes sont des espaces plus ou

moins confinés car les apports marins sont limités. La lagune de Thau est un milieu semi-confiné qui communique avec la mer par le biais de trois graus. Elle reçoit les apports venant du bassin-versant riches en azote et en phosphores, puisqu'aux eaux des cours d'eau et aux ruissellements se mêlent divers rejets. Il est nécessaire de s'interroger sur l'origine des activités humaines qui sont susceptibles de perturber la qualité de l'eau et d'engendrer le processus d'eutrophisation voire même de malaïgue. En définitive, quelles sont les causes liées à l'homme qui occasionnent l'eutrophisation de la lagune? Ce questionnement doit aboutir à la mise en place de mesures de réduction de ces rejets et d'amélioration de la qualité des eaux de la lagune de Thau.

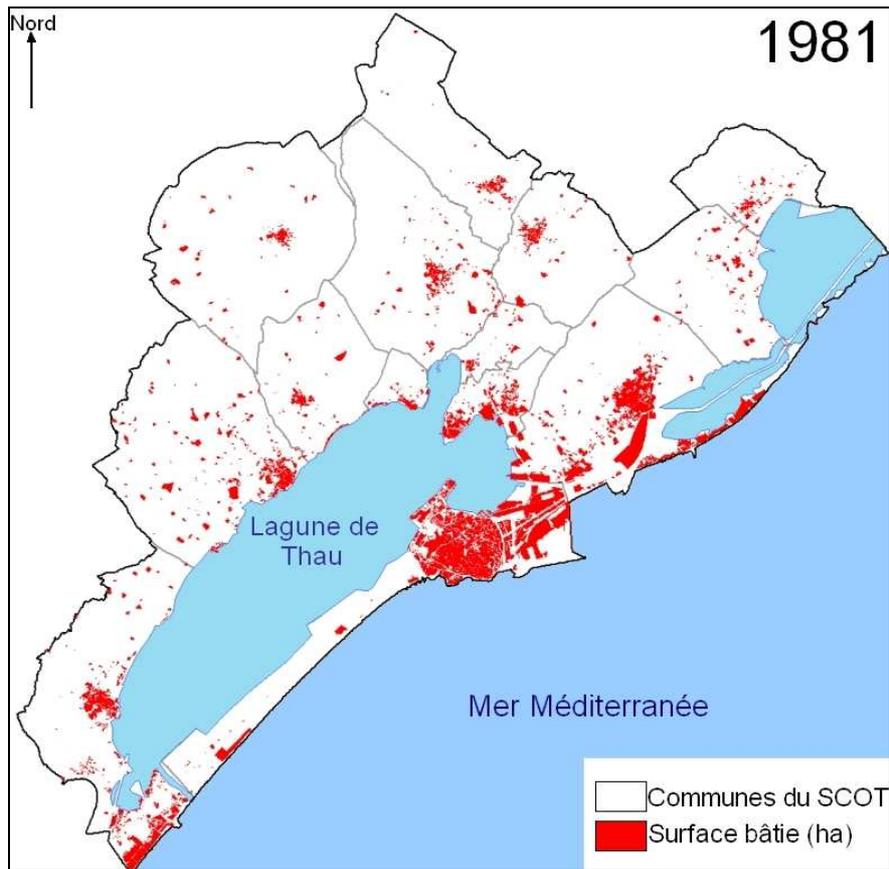
3.2.2.1. Les rejets d'origine domestiques et urbaines

Il est fondamental de partir du constat que la population permanente du bassin-versant n'a cessé d'augmenter depuis les années 1980. Toutes les communes du bassin de Thau sont caractérisées par l'étalement urbain et l'augmentation du pourcentage de leur surface bâtie (tableau 7).

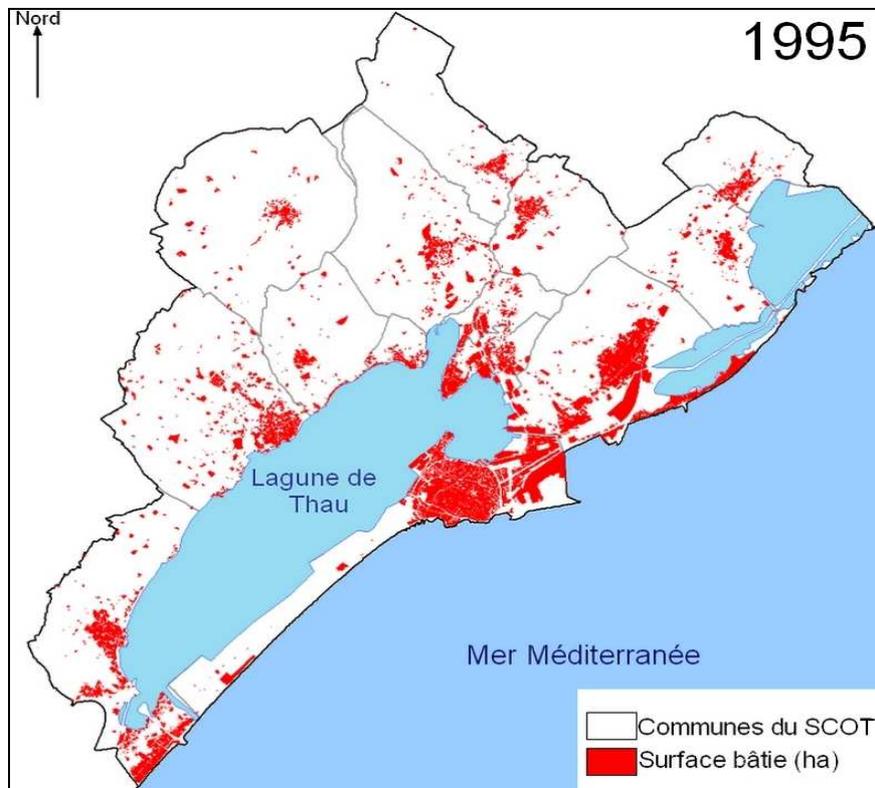
Tableau 7 : L'évolution de l'étalement urbain pour les communes du SCOT de Thau (Source : SMBT)

	1981	1995	2005
Surface bâtie (ha)	2 414.60	3 641.10	4 322.80
Part du bassin-versant (%)	28.05	42.30	50.22

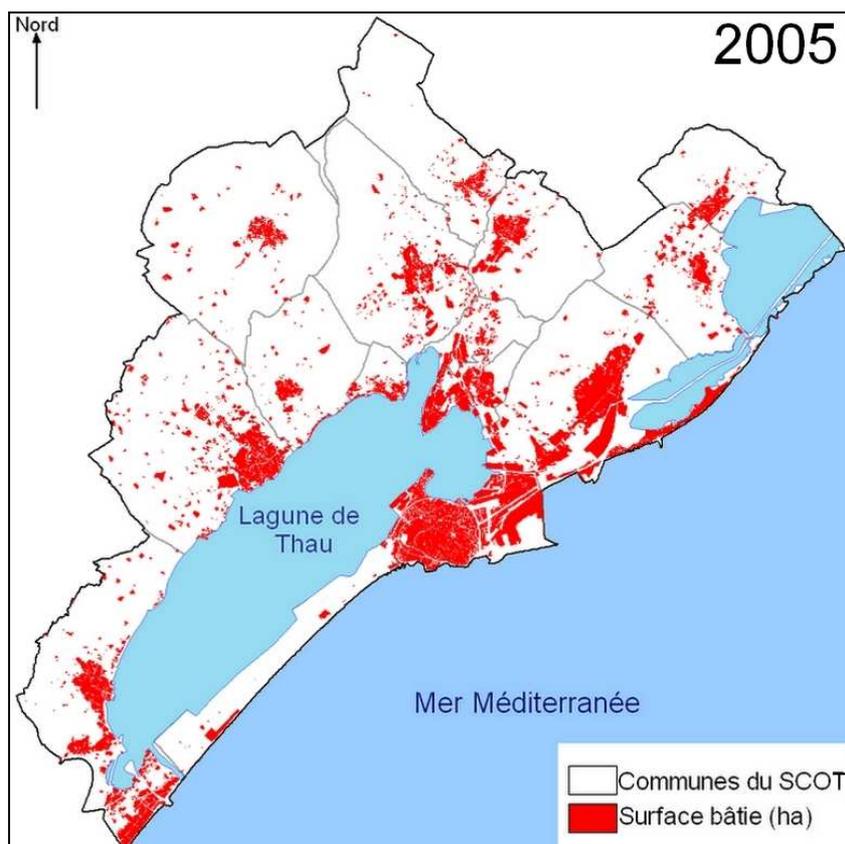
On constate que la dynamique démographique sur le bassin-versant de Thau est assez soutenue, comme le démontre l'évolution de la surface bâtie entre 1981, 1995 et 2005 (carte 7, 8 et 9). Un tel accroissement de la population et de l'étalement urbain conduit à l'émission de rejets domestiques et urbains. Il est essentiel de qualifier ces rejets, ils correspondent aux eaux usées municipales et domestiques, aux engrais utilisés par les particuliers et les espaces verts des collectivités, aux détergents, aux lessives et savons qui sont emportés par les ruissellements en période de pluie.



Carte 7 : Surface bâtie des communes du SCOT de Thau en 1981 (Source : SMBT –
Réalisation : Trinquier Christel, *Map Info*)



Carte 8 : Surface bâtie des communes du SCOT de Thau en 1995 (Source : SMBT –
Réalisation : Trinquier Christel, *Map Info*)



Carte 9 : Surface bâtie des communes du SCOT de Thau en 2005 (Source : SMBT – Réalisation : Trinquier Christel, *Map Info*)

En réponse à certains rejets, les premiers équipements de traitement des eaux usées ont été mis en place dans les années 1960, mais ce n'est que vers les années 1980 que toutes les communes du bassin-versant de Thau en ont été dotées. Les stations d'épurations permettent de traiter ces rejets et de diminuer les substances nutritives arrivant à la lagune (Système d'information sur l'eau du Bassin Rhône Méditerranée). Avant l'extension de ce système de collecte et de traitement des eaux usées à toutes les communes, les rejets domestiques et urbains étaient rejetés à la lagune. Ils ont contribué à enrichir le milieu de manière excessive et cet enrichissement s'est traduit par l'apparition de malaïgues, comme en 1969, 1975, 1982...(Souchu et al, 1998). Les stations d'épuration ont permis de réduire la quantité de substance susceptible d'enrichir la lagune de Thau et d'améliorer la qualité des eaux. Cependant, il faut souligner que même après avoir subi un traitement, ces eaux contiennent des matières nutritives comme l'azote et le phosphore, et elles sont rejetées directement dans la lagune ou au niveau de cours d'eau qui rejoignent le plan d'eau.

3.2.2.2. Les rejets industriels

Les activités industrielles peuvent engendrer le rejet de polluants (métaux lourds, hydrocarbures) et de matières riches en azote et en phosphore. Ces pollutions chimiques ou organiques peuvent nuire à la qualité des eaux de la lagune et se solder par le déclenchement d'une malaïgue. Une redevance existe pour les industries qui contribuent à polluer les eaux et à dégrader leur qualité. Parmi ces industries, un bon nombre sont situées à l'est de la lagune de Thau, à proximité de Sète et Balaruc (Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse). Certains effluents industriels sont raccordés au réseau d'assainissement et à une station d'épuration, mais d'autres effluents sont rejetés directement à la lagune :

« Depuis 1986, les rejets sont soit déviés vers la mer, soit recyclés, soit retenus dans des bassins. Seuls subsistent les apports directs des industries agroalimentaires, essentiellement constitués d'usines de traitement et de stockage des vins et regroupées autour du canal de la Peyrade » (La Jeunesse, 2001)

3.2.2.3. Les rejets agricoles

Sur le bassin-versant de Thau, bien que les activités agricoles sont diversifiées avec la production de fruits, de légumes, d'oléagineux et de céréales ; elles reposent essentiellement sur la viticulture. Même si la superficie occupée par les exploitations viticoles a baissé de 25.1% entre 1988 et 2000 ; la part du vignoble sur le bassin de Thau représentait 71 % de la surface agricole utilisée en 2000 (SMBT).

La pratique agricole repose sur l'utilisation d'engrais, de pesticides et de traitements phytosanitaires pour la vigne principalement. Les engrais sont constitués de nitrates de potassium et d'ammonium, ainsi que de phosphates de potassium (Lacaze, 1996). Ils apportent des éléments de base et des oligo-éléments. Ces épandages sont utilisés car ils permettent d'obtenir de meilleurs rendements. En contre partie, ils sont responsables d'une pollution des sols, des nappes phréatiques, des cours d'eau et par conséquent de la lagune. Il faut savoir que lors des épandages, 80 à 90 % de ce qui a été épandu est perdu et se retrouve mis en circulation par l'intermédiaire du cycle de l'eau (Carluer et al, 1996). Les eaux de ruissellement lessivent les terres agricoles qui ont reçu des épandages d'engrais et de traitement phytosanitaire en trop grande quantité. Composées de matières azotées et phosphorées, ces eaux issues du bassin-versant vont venir enrichir le milieu aquatique (figure 9). L'utilisation de manière plus ou moins importante d'engrais conduit à l'eutrophisation de la lagune.

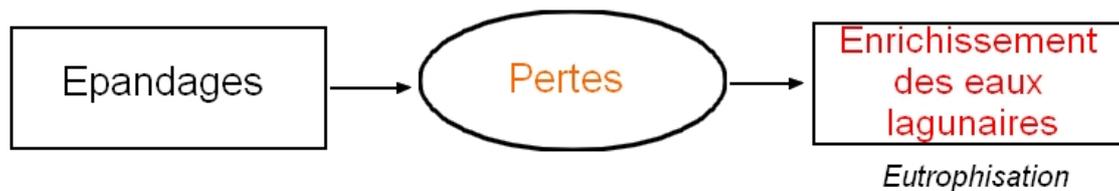


Figure 9 : Schéma représentant le rôle des épandages pour l'eutrophisation (Réalisation : Trinquier Christel, *Map Info*)

Les activités agricoles emploient des fertilisants afin de stimuler les rendements et cela aux dépens du milieu aquatique.

Un deuxième facteur peut favoriser l'eutrophisation du milieu, il s'agit des rejets associés aux caves coopératives. Sur le bassin-versant de Thau, plusieurs caves coopératives publiques sont recensées et raccordées à une station d'épuration. Par contre, il est plus difficile de répertorier celles privées, souvent elles ne sont pas raccordées à un réseau d'assainissement (Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse).

3.2.2.4. Les rejets liés aux activités portuaires

Le complexe industrialo-portuaire de Sète est à l'origine de rejets et de pollutions diverses. Ce sont des hydrocarbures, des produits de carénage et d'entretien, des produits de dragages (métaux lourds, déchets toxiques) qui se retrouvent dans la lagune et altèrent la qualité de l'eau. Des systèmes de recueillement et de traitement des eaux des aires de carénage se met en place.

3.2.2.5. Les rejets liés à l'activité conchylicole

De multiples rejets viennent enrichir les eaux de la lagune de Thau, perturbant les cycles biologiques et pouvant déboucher sur des anoxies. L'activité conchylicole peut avoir une incidence directe sur la qualité de l'eau. C'est plus le fait de pratiques individuelles qui sont à l'origine d'apports en matière organique, à la fois au niveau des zones d'élevage des coquillages (Marseillan, Mèze, Bouzigues) et à la fois au niveau des mas conchylicoles. Ces atteintes au milieu sont de diverses sortes. Il peut s'agir de l'introduction de nouvelles huîtres et de micro-organismes pathogènes de type virus ou bactérie, après importation. Une pollution aux hydrocarbures est parfois liée aux navires conchylicoles.

De réelles pratiques individuelles peuvent occasionner un apport en éléments nutritifs et évoluer vers une malaïgue de fond. Elles concernent la densité de coquillages sur une table ou une corde. Il paraît évident que s'il y a sur-densité de coquillages sur une corde, l'eau aura du mal à circuler et donc à se renouveler. De même, les naissains morts ou les coquillages morts en fond de table constituent des biodépôts. Il est nécessaire de nettoyer régulièrement sous les tables.

D'autres pratiques individuelles peuvent alimenter un départ de malaïgue de bord. Le détroquage ou le lavage des coquillages en bordure de la lagune est une pratique qui peut s'accompagner de rejets d'eau chargée en matière organique et minérale. Depuis quelques années, la présence de décanteurs est obligatoire. Enfin, avant qu'un système de collecte et traitement de déchets n'existe, certains déchets de coquilles d'huîtres, d'algues et de boues étaient jetés et s'accumulaient en bordure de la lagune.

Conclusion :

Les apports d'origine naturelle ou anthropique contribuent à alimenter les eaux en azote et en phosphore, et donc à les enrichir. Ce sont les rejets domestiques et agricoles qui apportent le plus d'azote aux eaux lagunaires, les actions à mener doivent porter sur la diminution de ce type de rejet (tableau 8).

Tableau 8 : Evaluation des apports annuels en azote et phosphore dans la lagune de Thau
(Source : Albigès et al, 1991)

	Pluies	Apports naturels	Apports agricoles	R. urbains	Apports domestiques	Apports industriels	Total
Azote (tonne/an)	37.5	2.1	79.2	16.5	92.0	5.49	233
Phosphore (tonne/an)	1.1	0.1	7.5	1.6	20.6	0.47	31

3.3. Les impacts néfastes de l'eutrophisation et des malaïgues sur le bassin de Thau

Le phénomène d'eutrophisation est à l'origine de modifications et de déséquilibres importants de l'écosystème aquatique. J'envisagerai ses conséquences en prenant en compte que l'enrichissement des eaux en substances nutritives (eutrophisation) peut évoluer vers une crise dystrophique (malaïgue), c'est le cas dans la lagune de Thau.

3.3.1. La détérioration de la qualité des eaux

3.3.1.1. Au niveau physique

Si l'on prend en considération l'aspect physique de la lagune de Thau, lorsqu'elle connaît un enrichissement des eaux qui se manifeste ensuite par une malaïgue, on note une nette détérioration. La dégradation de la matière organique par des bactéries provoque des changements au niveau du goût de l'eau, de son aspect, de son odeur et de sa couleur. L'abondance d'algues et de matières en suspension rend les eaux plus turbides et lui confère un aspect vaseux. Cette perte de clarté des eaux empêche la photosynthèse de s'opérer dans les compartiments inférieurs de la colonne d'eau, certains organismes meurent. C'est la prolifération des bactéries sulfato-réductrices qui provoque une odeur assez désagréable ; en consommant l'oxygène des sulfates, elles rejettent des sulfures. Ces mêmes bactéries donne la coloration des eaux en blanc, signe qu'il n'y a plus d'oxygène dans la colonne d'eau.

3.3.1.2. Au niveau chimique

L'analyse des paramètres physico-chimiques de l'eau montre que la teneur en oxygène diminue. Cette désoxygénation s'accompagne d'une acidification des eaux, c'est à dire une baisse du pH. Comme le milieu est enrichi, la proportion en nutriments croît. Avec la dégradation de la matière organique, certains composés toxiques apparaissent comme l'hydrogène sulfuré et l'ammoniac gazeux. Les coquillages peuvent survivre dans un milieu où les concentrations en oxygène n'excèdent pas les 2 à 3 ppm d'oxygène, à condition qu'il n'y ait pas de dégagement d'hydrogène sulfuré (Ifremer, 2003).

3.3.2. Les usages de l'eau

Le changement des paramètres physico-chimiques de l'eau de la lagune font que l'eau devient non potable. Les substances toxiques, citées précédemment, présentent un risque pour la santé humaine en cas d'absorption (intoxications, lésions et brûlures cutanées).

3.3.3. La perte de biodiversité par asphyxie du milieu

L'eutrophisation se caractérise par la prolifération d'espèces végétales, la perturbation des équilibres biologiques et la disparition de la biodiversité animale et végétale. L'enrichissement du milieu augmente le métabolisme et la productivité des macrophytes et du phytoplancton. Des algues prolifèrent. L'équilibre écologique est bouleversé en raison de la destabilisation des chaînes alimentaires, plus précisément l'équilibre entre producteurs et consommateurs est rompu. Cela se traduit par l'appauvrissement de la diversité spécifique (Dupré, 2002). Par manque de photosynthèse et d'oxygène, la biodiversité animale et végétale meurt.

3.3.4. L'impact sur les activités humaines

Les activités liées à la lagune subissent les conséquences directes de l'eutrophisation et des malaïgues lorsqu'elles ont lieu. Ce peut être les activités touristiques comme la navigation de plaisance, la voile, la baignade ; et également les activités de pêche et conchylicoles.

3.3.4.1. Le tourisme

Les choix qui ont conduit les touristes à venir s'installer quelques jours sur le site de la lagune de Thau sont multiples : le cadre esthétique du paysage est magnifique et agréable, la lagune offre de nombreuses possibilités d'activités comme la baignade, la voile, la découverte nature... Cependant, lorsqu'il y a eutrophisation des eaux et malaïgue ensuite ; l'abondance de matières en suspension, la coloration des eaux et leur mauvaise odeur conduisent à dévaloriser l'image de la lagune de Thau. Cet aspect négatif devient un élément répulsif pour les touristes.

3.3.4.2. La pêche et la conchyliculture

La pêche et principalement la pratique conchylicole sont des activités dépendantes de la qualité de l'eau et qui sont à vocation prioritaire de la lagune (SMVM). La conchyliculture est soumise à des normes de qualité sanitaire et chimique contraignantes. Les crises anoxiques ou malaïgues ont des répercussions sur les activités liées à l'élevage de coquillages puisque les eaux déficitaires en oxygène asphyxient les moules et les huîtres présentes sur les cordes. Certaines malaïgues partent de foyers situés en bordure et viennent se propager jusqu'aux zones de production de Bouzigues, Mèze et Marseillan. Pour les endroits où les eaux blanches se sont propagées, la mortalité des coquillages s'élève à 100 %. On constate donc

que les malaïgues constituent un grave préjudice économique pour l'activité conchylicole et les entreprises qui y sont associées à l'échelle du bassin-versant. Ces conséquences désastreuses sont de plusieurs types : d'une, la malaïgue cause la mortalité des coquillages qui se traduit par une chute de la productivité; de deux, l'image de la filière est ternie et enfin une perte de clientèle est enregistrée.

Les malaïgues sur la lagune de Thau qui ont été à l'origine de mortalités de coquillages dans le cheptel conchylicole sont : 1975, 1982, 1987, 1990, 1997, 2001, 2003 et 2006. En moyenne sur une période de 20 ans, une malaïgue se produit tous les 6 ans, ce sont alors deux saisons qui sont perdues tous les 6 ans pour les conchyliculteurs, ce qui équivaut à 30 % de productivité en moins (Souchu et al, 1998).

En prenant l'année 1975, on constate que pour les trois zones d'élevage conchylicoles, les dommages subis sont supérieurs à 25%. Au total, 4 000 tonnes d'huîtres et 14 000 tonnes de moules sont mortes (tableau 9), soit une perte approximative de 21 millions de francs pour les moules et 16 millions de francs pour les huîtres (Commission des calamités).

Tableau 9 : Evaluation des pertes de coquillages en 1975 (Source : Ifremer - ISTPM et Affaires Maritimes, 2003)

Catégorie de coquillages	Huîtres	Moules
Commercialisable	56 %	54 %
Non commercialisable	39 %	36 %
Naissain	5 %	10 %

La malaïgue de 1987, à l'origine « de bord », s'est propagée jusqu'aux tables conchylicoles. Ce sont principalement les zones B et C qui ont enregistré le plus de pertes, avec respectivement 412 tables touchées pour la zone B et 430 tables touchées pour la zone C. Cependant, c'est dans la zone C qu'il y a une majorité de tables qui ont été touchées à 100%. Au total, ce sont 846 tables qui ont subi avec plus ou moins d'importance des pertes (tableau 10).

Tableau 10 : Estimation du nombre de tables conchylicoles touchées (Source : Affaires maritimes - Ifremer, 2003)

ZONE	100 %	50-80 %	20-50 %	TOTAL
A	0	0	4	4
B	92	108	212	412
C	368	54	8	430
TOTAL	460	162	224	846

La malaïgue de fin août 1997 s'est formée à partir d'un foyer situé au Mourre Blanc, puis s'est propagée à la zone B et elle a légèrement touché la zone C. D'ailleurs, des auteurs, ayant travaillé sur cette malaïgue, ont réalisé un suivi des concentrations en oxygène dissous au niveau de 36 stations localisées préférentiellement dans les zones d'élevage conchylicole. Ainsi, ils ont pu élaborer des cartes de répartition des saturations qui ont permis de démontrer que le déficit en oxygène des eaux ne se limitait pas aux zones dont les eaux se coloraient en blanc (figure 10).

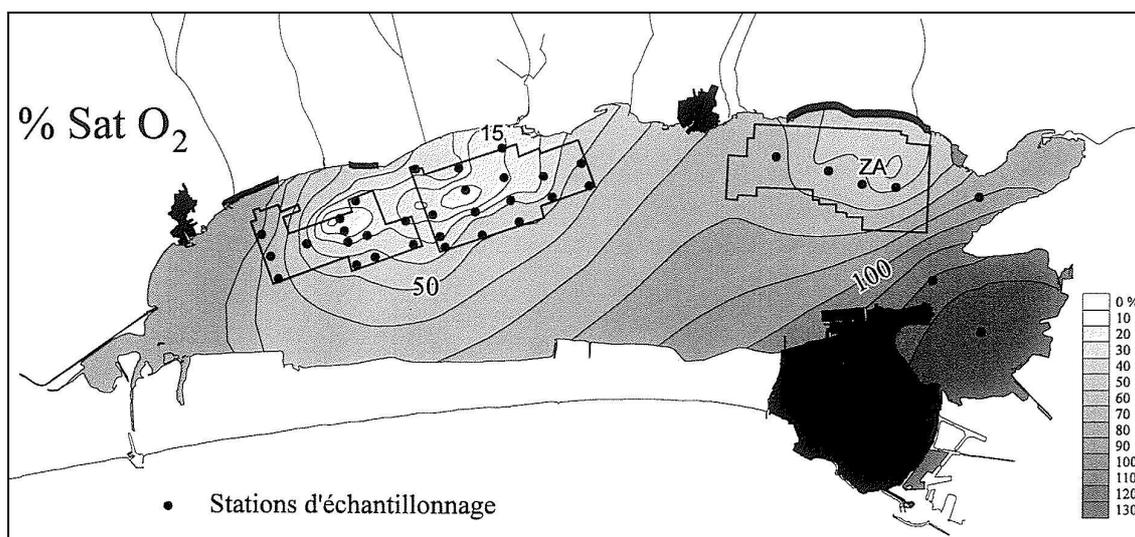


Figure 10 : Répartition des concentrations d'oxygène par rapport à la saturation dans les eaux de fond de la lagune de Thau – 5 septembre 1997 (Source : Souchu et al, 1998)

Les conséquences de cette malaïgue se sont traduites par des mortalités de coquillages en zone B principalement (figure 11). Selon les estimations, sur les 489 tables touchées par des mortalités, 472 tables l'ont été à 100%. De plus, un tiers de la production annuelle aurait été perdue (Ifremer et Affaires Maritimes)

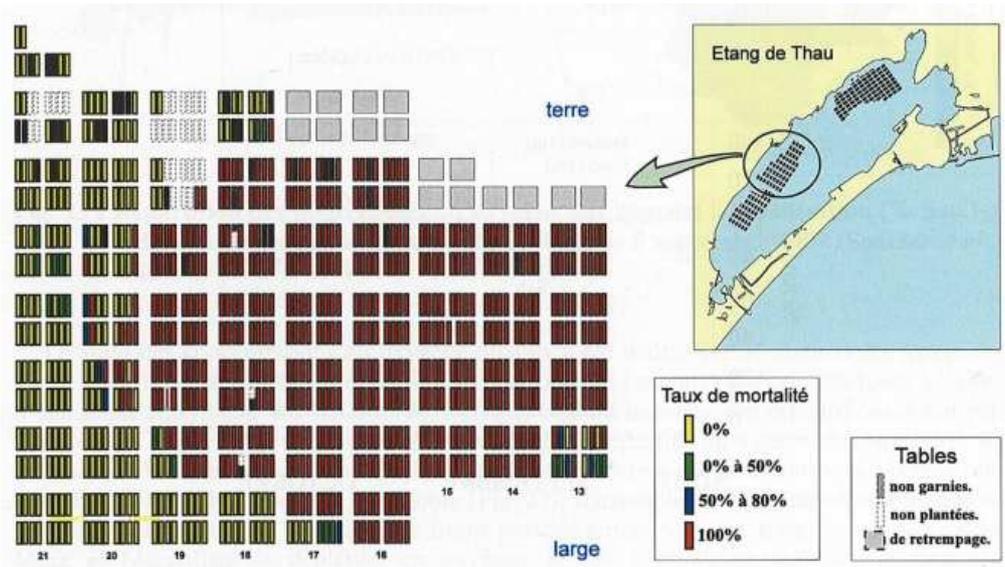
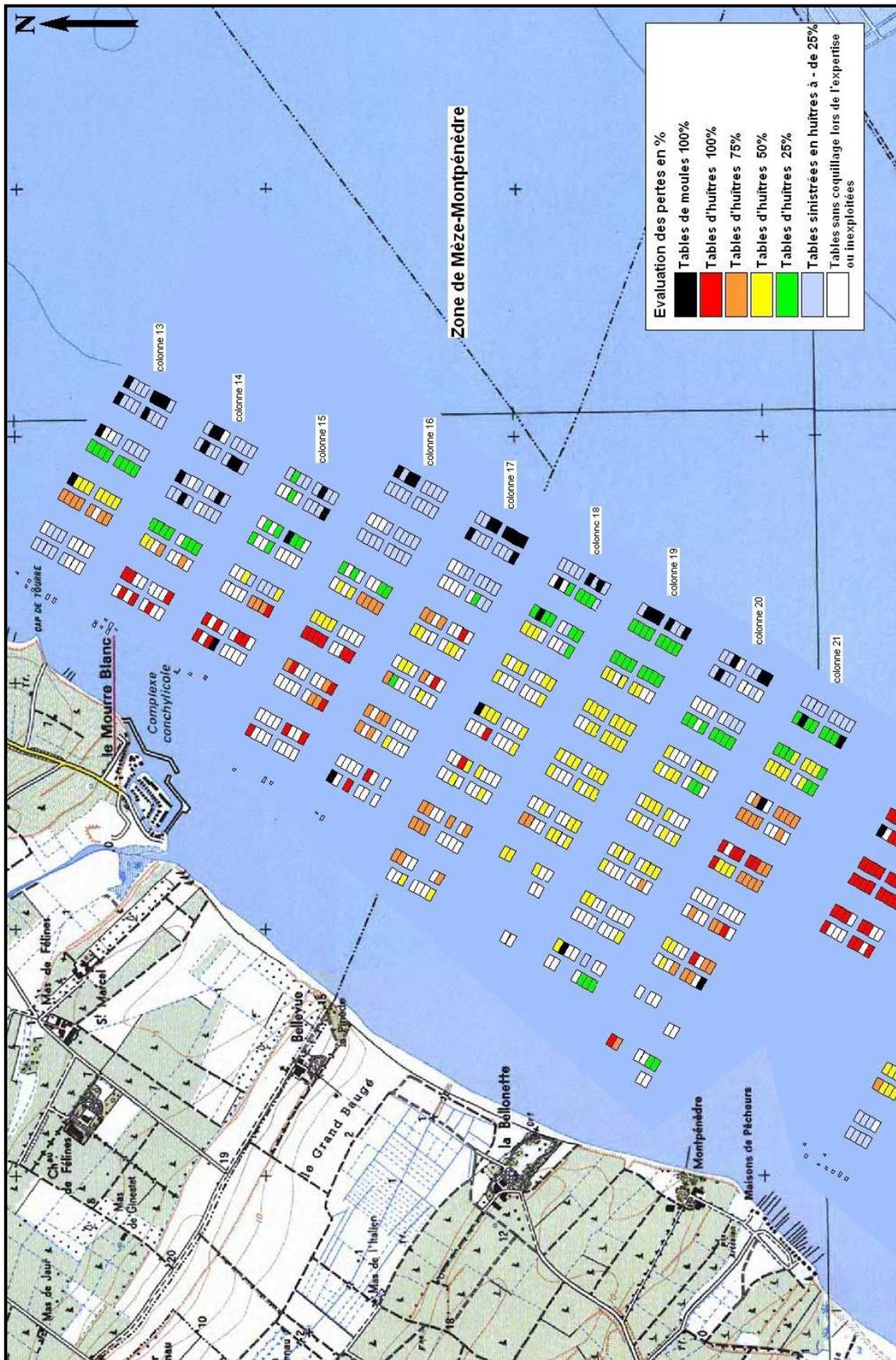
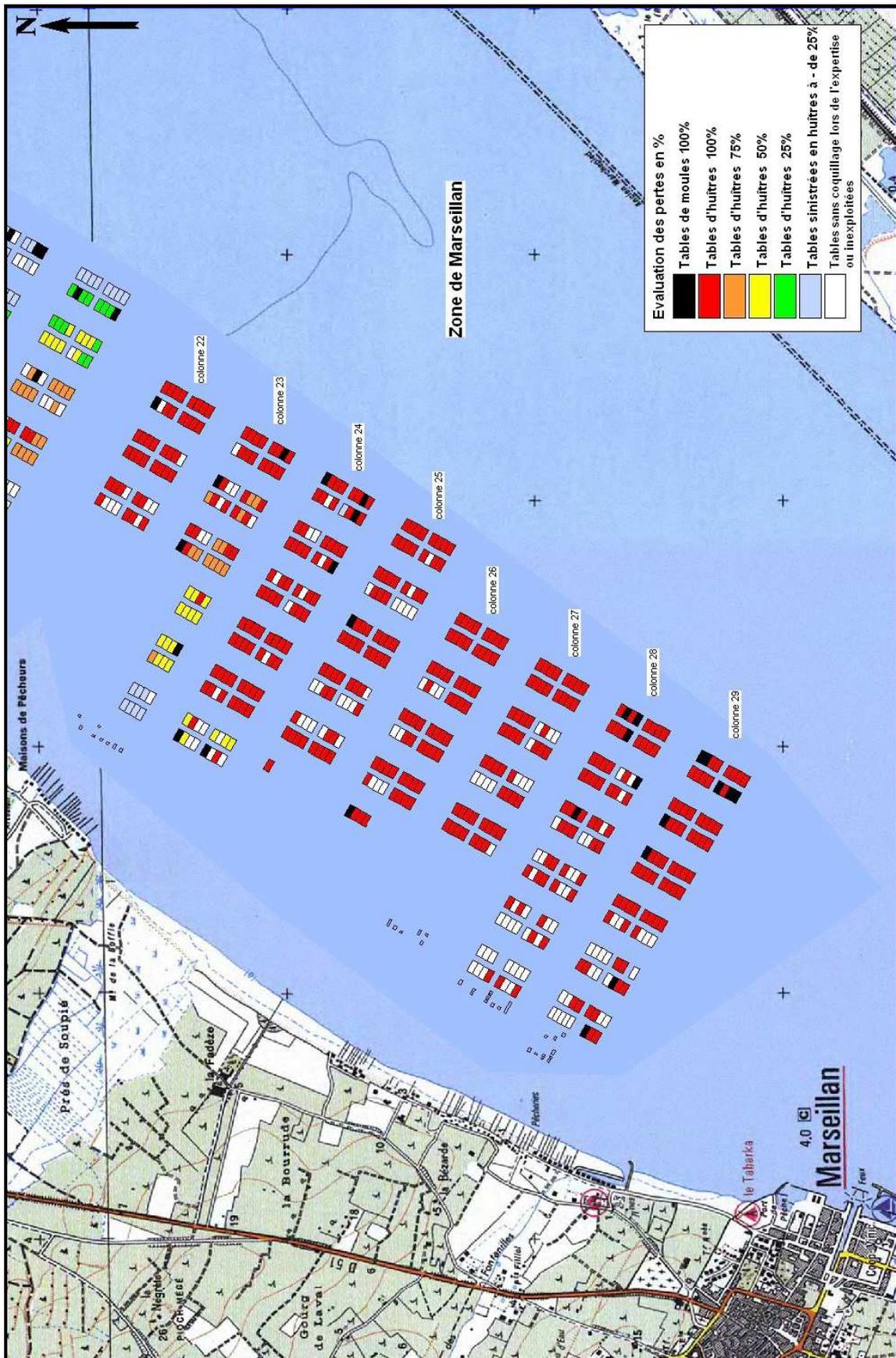


Figure 11 : Représentation des tables touchées par des mortalités suite à la malaïque de 1997
 (Source : Souchu et al, 1998)

Ces mortalités constituent un important préjudice économique pour cette activité, ce qui explique qu'il y ait des demandes d'indemnisation auprès des autorités compétentes. Par exemple, en 2006, la section régionale conchylicole de Méditerranée a déclenché une procédure de reconnaissance au titre de calamités agricoles, en vue des pertes enregistrées au niveau des trois secteurs conchylicoles (carte 10, 11 et 12).



Carte 11 : Evaluation de l'impact de la malaïque de 2006 sur la zone B (Source : Direction interdépartementale des affaires maritimes de l'Hérault et du Gard, 18 août 2006)



Carte 12 : Evaluation de l'impact de la malaïgue de 2006 sur la zone C (Source : Direction interdépartementale des affaires maritimes de l'Hérault et du Gard, 18 août 2006)

Conclusion :

Le 22 février 2006, suite à la promulgation par le préfet du bassin Rhône-Méditerranée-Corse, la lagune de Thau a été classée en « zone sensible à l'eutrophisation ». Ce classement, en référence à la Directive Européenne sur les Eaux Résiduelles Urbaines, met l'accent sur le fait que de nombreux apports issus du bassin-versant viennent enrichir les eaux de la lagune. Ces apports peuvent être d'origine domestique, urbaine, industrielle, agricole ; et ils sont également dépendant des facteurs météorologiques. Il est nécessaire de rappeler que l'eutrophisation correspond à l'évolution du milieu vers un état plus enrichi, et qu'il peut être la cause du développement de malaïgues, moment où les eaux sont anoxiques. En raison des conséquences environnementales et sur les activités humaines, cette classification impose que les acteurs scientifiques, institutionnels et professionnels locaux se mobilisent pour œuvrer à une meilleure qualité des eaux de la lagune de Thau.

Chapitre IV

LA NECESSITE D'UN SUIVI DE L'EUTROPHISATION SUR LA LAGUNE DE THAU

La lagune de Thau fait l'objet d'un suivi de la qualité de ses eaux, ce contrôle concerne aussi bien l'état sanitaire en référence aux contaminations bactériennes ou phytoplanctoniques, que l'état du milieu vis à vis de l'eutrophisation. Je mettrai l'accent sur le fait que le suivi de l'eutrophisation dans cette lagune est une nécessité et un besoin, en raison de la sensibilité du milieu à ce phénomène.

Après avoir expliqué le rôle de cette surveillance, je présenterai les différents réseaux de suivi qui sont présents dans la lagune. Dans un second temps, je m'intéresserai à la méthodologie sur laquelle s'appuient les chercheurs scientifiques pour assurer le suivi de l'eutrophisation. Je démontrerai l'importance des paramètres qui sont mesurés dans les différents compartiments de l'eau, et qui servent à analyser l'état de l'eau vis à vis de l'eutrophisation. Enfin, j'étudierai les résultats de ces suivis pour la dernière malaïgue qui a eu lieu en 2006. Je terminerai sur l'interprétation des suivis qui sont effectués dans la lagune, en envisageant les aspects positifs et novateurs d'une telle démarche, ainsi que les défauts ou les points à améliorer.

4.1. Une surveillance appliquée à la lagune de Thau

4.1.1. Le rôle de la surveillance

La lagune de Thau a vu la mise en place d'un suivi des paramètres de plusieurs compartiments situés dans l'eau, ceci nous amène à nous interroger sur le pourquoi de cette surveillance et sur les intérêts qu'elle suscite.

Les raisons qui expliquent l'importance de mener un contrôle de l'état et de l'évolution du milieu lagunaire sont multiples. Tout d'abord, le fait que la lagune connaisse des eaux riches en matières nutritives qui peuvent évoluer vers des malaïgues, comme pour les années 1969, 1975, 1982, 1997, 2003, 2006...(Souchu et al, 1998). On peut ajouter que depuis le 22 février 2006, la lagune de Thau a été classée en « zone sensible à l'eutrophisation » (Directive Européenne des Eaux Résiduelles Urbaines). Ce classement impose des améliorations de la qualité de l'eau, cette dernière est analysée par le biais des suivis. Enfin, la pêche et la conchyliculture sont des activités à vocation prioritaire sur la lagune, ce qui suggère que la qualité de l'eau soit maintenue pour préserver les équilibres biologiques (SMVM).

Les suivis effectués ont un rôle de surveillance de l'état et de l'évolution de la qualité des eaux lagunaires, ceci à différentes échelles de temps et d'espace. Mais pas seulement, ils permettent d'améliorer les connaissances concernant l'eutrophisation et les mécanismes qui conduisent le milieu à évoluer vers le stade d'eaux anoxiques. En effet, les suivis permettent de mieux cerner la nature de chaque phénomène et de comprendre les causes ou les conditions favorables qui ont contribué au développement des malaïgues. Ils contribuent à mieux appréhender les apparitions, les modes de propagation à partir d'un foyer et les dissipations. En analysant l'évolution des paramètres physico-chimiques de l'eau, les suivis permettent d'envisager les conséquences de l'eutrophisation et des malaïgues dans les différents compartiments des eaux lagunaires. Il ne faut pas oublier que la production de coquillages est soumise à des normes contraignantes qui s'appuient sur les résultats des suivis pour fixer les règles de commercialisation. Les résultats des suivis doivent donc répondre aux règles sanitaires pour la production et la mise sur le marché des mollusques (Directive du Conseil Européen 91/492 et décret 94/340). Un autre élément fondamental, les données des suivis sont collectées et interprétées, les informations qui en sont tirées sont communiquées aux gestionnaires locaux. Au sein de la relation scientifiques et acteurs institutionnels locaux, les suivis sont des outils grâce auxquels des mesures de gestion sont sollicitées, à l'échelle du bassin-versant et de la lagune.

4.1.2. Ifremer : un des acteurs incontournables pour la surveillance de la lagune de Thau

De manière générale, je présenterai la place fondamentale qu'occupe l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (Ifremer) pour la surveillance des eaux lagunaires et pour les recherches qu'il mène. Créé en 1984, il se compose de deux laboratoires ; le premier s'oriente sur la ressource « halieutique » à l'échelle de la façade Méditerranéenne, le second « Environnement Ressources » s'applique à effectuer une surveillance du littoral de la région Languedoc-Roussillon et s'intéresse à la conchyliculture sur la côte méditerranéenne. Une station de l'Ifremer est installée à Sète. Deux types de missions sont confiées à l'Ifremer : l'une sur la surveillance, l'autre basée sur le développement et la recherche.

4.1.2.1. Les missions de surveillance à l'échelle nationale

Des missions régaliennes de surveillance lui sont déléguées, ce sont des missions institutionnelles mandatées par le Ministère de l'Environnement. Elles s'appuient sur l'existence de plusieurs réseaux nationaux. Tous ces réseaux de surveillance sont présents sur la lagune de Thau et les suivis qui y sont associés sont effectués de manière régulière (carte 13). Il est important de comprendre que l'ampleur de ces réseaux sur la lagune est essentiellement liée à l'activité conchylicole, sans cette pratique la diversité des réseaux de surveillance actuels n'existerait pas. Certains réseaux mesurent le niveau de contamination chimique dans les moules (ROCCH et RINBIO), la contamination microbiologique des coquillages (REMI) et phytoplanctonique (REPHY); la croissance des coquillages et les mortalités printanières des naissains (REMORA et REPAMO).

- La mesure des niveaux de contamination chimique dans les moules :
Le **Réseau d'Observation de la Contamination Chimique (ROCCH)** a remplacé le RNO (Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin). Ce réseau a été créé en 1974 par le Ministère de l'Environnement et il est depuis géré par l'Ifremer. Il permet de mesurer l'évolution des niveaux et des tendances à la contamination chimique (tableau 11). Sur la lagune de Thau, le ROCCH gère trois stations de suivis.

Tableau 11 : Données mesurées par le ROCCH (Source : Ifremer – Réalisation : Trinquier Christel)

Paramètres suivis	<u>Métaux lourds</u> : Cadmium, Plomb, Mercure, Cuivre et Zinc
	<u>Micro-polluants organiques</u> : Organohalogénés (polychlorobiphényle, lindane, DDT, DDE,DDD) Hydrocarbures poly aromatiques fluoranthène
	<u>Physico-chimiques</u> : Température de l'eau, Salinité, Sels nutritifs, Biomasse du phytoplancton
Compartiments	Sédiments (5-10 ans)
	Matière vivante : huîtres et moules (4 fois par an)

Depuis 1996, le **Réseau Intégrateurs Biologiques (RINBIO)** est intégré au Réseau Littoral Méditerranéen (RLM). Sa permanence est assurée par l'agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse et l'institut de protection et de sûreté nucléaire (ISPN). Son objectif est d'évaluer et de suivre l'évolution des micro-polluants, il permet de réaliser des comparaisons géographiques (tableau 12). Ce réseau a une vocation environnementale. On dénombre trois stations sur la lagune de Thau.

Tableau 12 : Données mesurées par le RINBIO (Source : Ifremer – Réalisation : Trinquier Christel)

Paramètres suivis	<u>Métaux lourds</u> : Arsenic, Cadmium, Chrome, Plomb, Mercure, Nickel, Cuivre et Zinc
	<u>Micro-polluants organiques</u> : Organohalogénés (lindane, DDT, DDE, DDD) Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
	Compartiment
	Matière vivante

- La mesure de la contamination microbiologique des coquillages :

Le **Réseau Microbiologique (REMI)** a été conçu en 1989, c'est l'Ifremer qui en est le maître d'œuvre et d'ouvrage. Il s'occupe du suivi microbiologique des secteurs d'exploitation conchylicoles et met en place un classement (tableau 13). Ce réseau ne fait pas que surveiller la contamination microbienne, il prévient lorsque les seuils d'alerte sont atteints c'est à dire quand il y a plus de 300 coliformes par millilitres de chair de coquillage. Neuf stations sont localisées dans la lagune de Thau.

Tableau 13 : Données mesurées par le REMI (Source : Ifremer – Réalisation : Trinquier Christel)

Paramètres suivis	Escherichia coli (les coliformes thermotolérants sont témoins de la contamination fécale)
Compartiment	Matière vivante : chair des coquillages (2 fois par mois)

- La mesure de la contamination phytoplanctonique

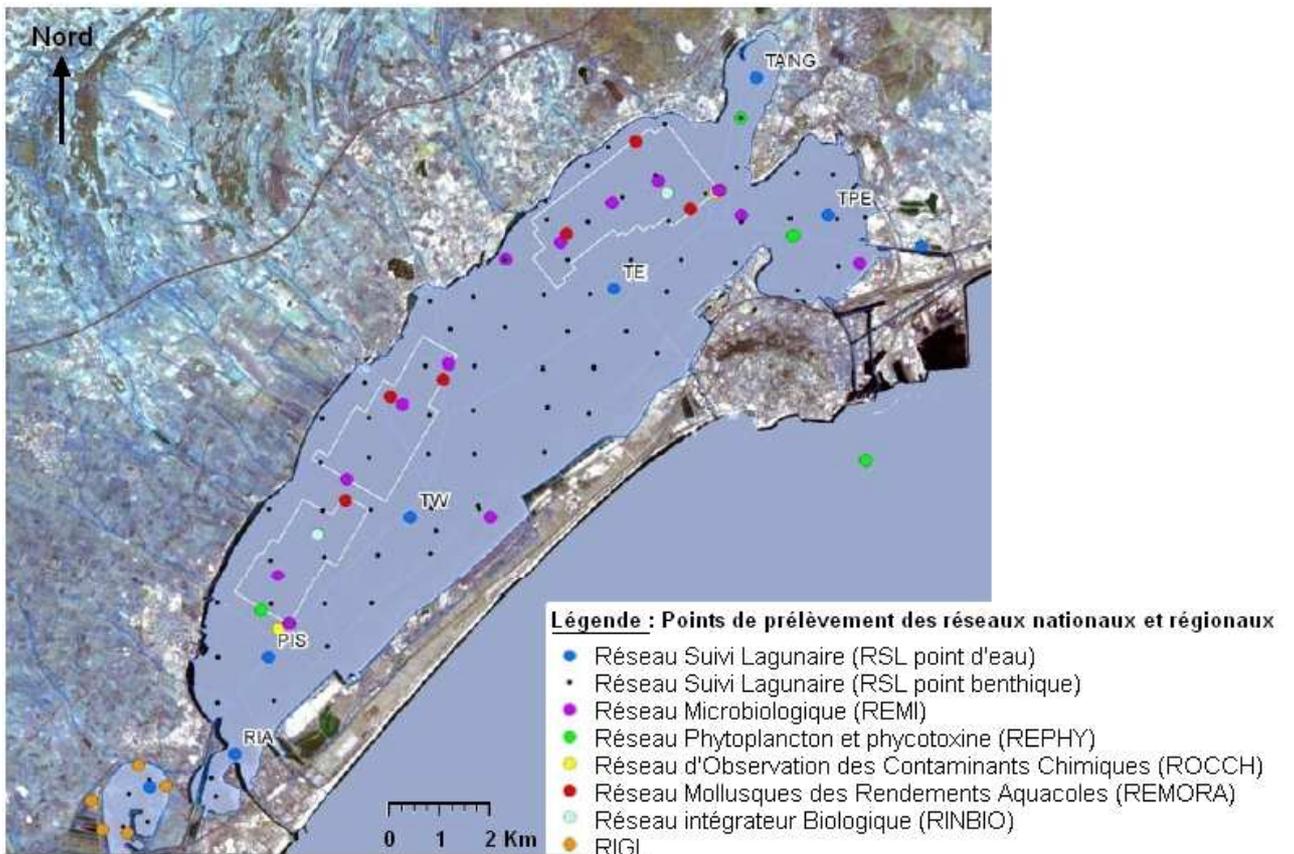
Créé en 1984, le **Réseau Phytoplanctonique** (REPHY) a pour objectif la surveillance du phytoplancton des eaux lagunaires et des phénomènes phycotoxiques associés (tableau 14). Il déclenche l'alerte lorsqu'une espèce toxique est détectée. La fréquence des suivis augmente en période estivale, passant de deux fois par mois d'octobre à mars à une fois par semaine pour les autres mois. Trois stations sont présentes sur la lagune de Thau.

Tableau 14 : Données mesurées par le REPHY (Source : Ifremer – Réalisation : Trinquier Christel)

Paramètres suivis	Flore totale : Genre <i>Dinophysis</i> et toxicité DSP Genre <i>Pseudonitzschia</i> et toxicité ASP Genre <i>Alexandrium</i> et toxicité PSP
	Physico-chimiques : Température de l'eau, Salinité, Turbidité
Compartment	Matière vivante : chair des coquillages (2 fois par mois d'octobre à mars et 1 fois par semaine d'avril à septembre)

- La mesure de la croissance des coquillages et des mortalités printanières de naissains :

Le **Réseau Mollusques des Rendements Aquacoles** (REMORA) et le **Réseau Pathologie des Mollusques** (REPAMO) sont des suivis qui ont une valeur d'observation et d'évaluation des coquillages. Le premier fait un suivi de la croissance et de la qualité des huîtres et des moules, alors que le second contrôle l'état de santé des coquillages en mettant en application les Directives Européennes (91/67/CEE et 95/70/CEE). Des comparaisons sont effectuées entre différentes lagunes au sein desquelles la conchyliculture est pratiquée. Il y a 5 stations REMORA et 2 stations REPAMO dans la lagune de Thau.



Carte 13 : Localisation des stations de suivi sur la lagune de Thau (Source : Réseau de Suivi Lagunaire, 2008)

4.1.2.2. Les missions de surveillance à l'échelle régionale et locale

Les missions de surveillance de l'Ifremer s'appuient sur l'existence de réseaux régionaux comme le diagnostic vis à vis de l'eutrophisation (RSL). A celui-ci, s'ajoute un autre réseau mis en place au niveau local qui effectue une analyse des niveaux d'oxygène de l'eau sur la lagune de Thau (SMBT). Ces deux types de suivis ont une importance fondamentale puisqu'ils sont tournés sur l'étude de l'état de la lagune par rapport à l'eutrophisation.

Le Réseau de Suivi Lagunaire a été créé récemment, en 2000. Il s'inscrit dans le cadre du SDAGE Rhône-Méditerranée-Corse (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux), et la lutte contre l'eutrophisation est au centre de ses préoccupations et de ses actions. Plusieurs acteurs travaillent en collaboration pour mettre en œuvre un diagnostic de l'eutrophisation de la lagune de Thau ; il s'agit de l'Ifremer, du Cépralmar, de l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse et de la région Languedoc-Roussillon. Le réseau de suivi lagunaire se fixe des objectifs en

rapport avec la surveillance du milieu lagunaire et l'aide à la gestion de la qualité des eaux.

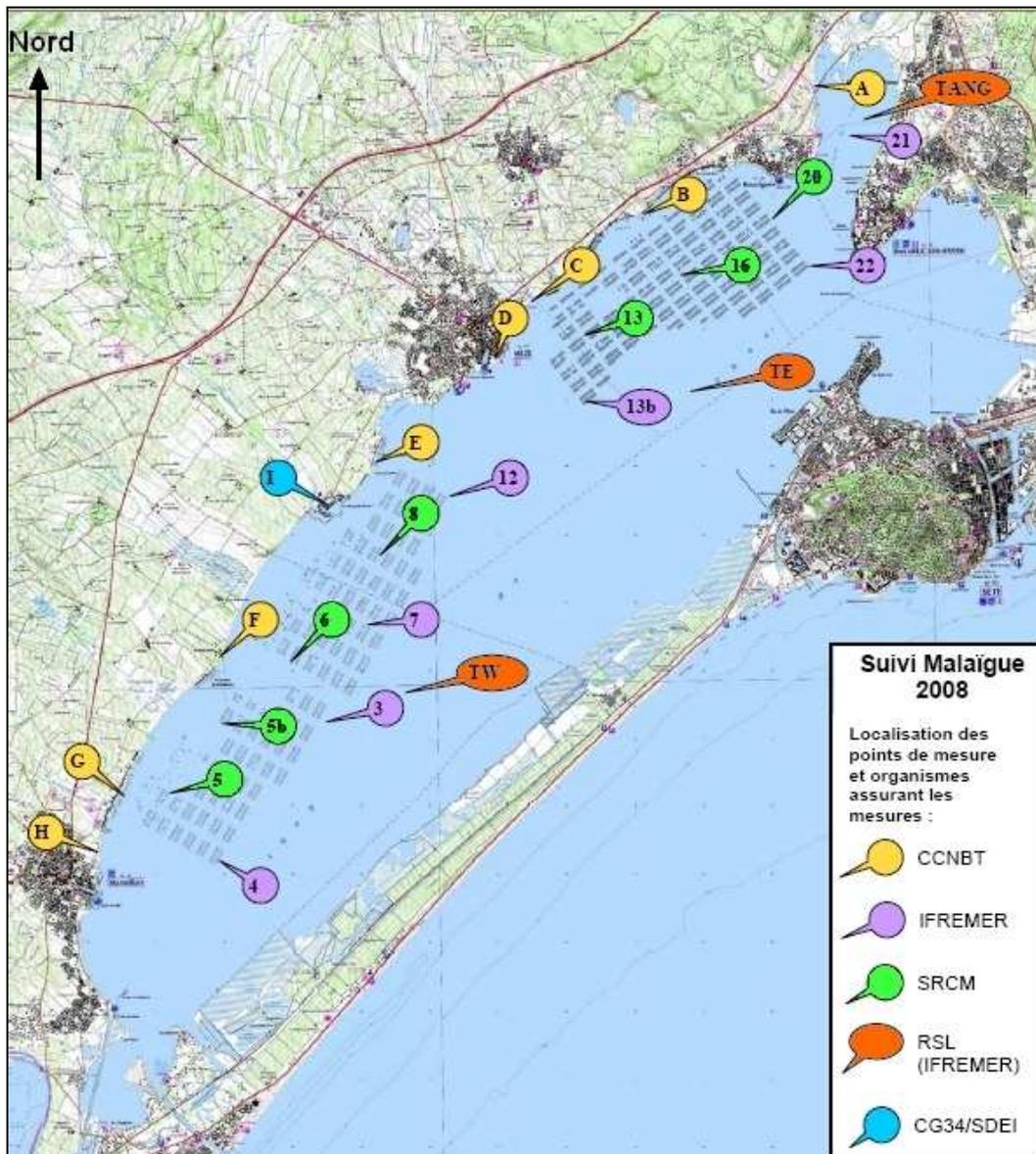
- Le volet surveillance :

Un suivi global de la lagune permet d'évaluer et de suivre l'évolution de l'état vis à vis de l'eutrophisation. Il se compose d'un diagnostic annuel s'appliquant à la qualité des eaux et d'un diagnostic complet étudiant l'ensemble des compartiments de la lagune, tous les quatre ans. On note 3 stations (TE, TW et TANG) avec 3 points d'eau et 35 benthiques (carte 14).

- Le volet d'aide à la gestion :

D'une part, les diagnostics effectués sont communiqués aux acteurs locaux dans le but qu'ils mettent en place des mesures en cohérence avec les résultats transmis. Les suivis sont restitués sous différentes formes, il peut s'agir de guides méthodologiques qui sont à destination des gestionnaires. D'autres part, certaines structures scientifiques comme l'Ifremer ou le Cépralmar peuvent jouer un rôle d'appui technique. Elles effectuent des recherches et elles contribuent au développement d'innovations méthodologiques, comme par exemple le travail sur le phénomène de restauration du milieu ou sur l'analyse du risque phytosanitaire ou sur la tentative de quantifier les flux diffus. Le partenariat scientifiques et gestionnaires locaux se base sur la perspective d'améliorer la qualité des eaux de la lagune et de mieux aménager le bassin-versant. L'Ifremer a un rôle d'expertise, il donne des avis, il formule des orientations et des recommandations pour diminuer les apports arrivant à la lagune. Il aide à l'évaluation de l'efficacité des actions adoptées sur le bassin-versant, essentiellement en matière d'assainissement, de technique de détroquage...

Quant au « suivi préventif malaïque », cette surveillance s'applique à la lagune depuis 2006. A l'initiative du Syndicat mixte du bassin de Thau, ce réseau mobilise un partenariat entre Ifremer, la Communauté de communes du nord du bassin de Thau (CCNBT), le Conseil Général de l'Hérault et la Section régionale de la conchyliculture. Les premières mesures ont été prises pendant l'été 2007 et elles ont lieu durant chaque mois d'été. Actuellement, on dénombre 27 stations sur la lagune de Thau. L'enjeu consiste à envisager les malaïgues, leur apparition, leur propagation et leur dissipation ; et d'en informer la profession conchylicole dès qu'il y a un risque de manifestation. Pour cela, ce suivi s'appuie principalement sur la mesure des teneurs en oxygène contenues dans les eaux, mais aussi sur la température et la salinité des eaux. La particularité de cette opération repose sur la différenciation spatiale des points de mesure au sein de la lagune et sur le fait que les mesures soient prises par les différents partenaires participant au « suivi préventif malaïque » (carte 14).



Carte 14 : Localisation des points de mesure du Suivi préventif malaïque sur la lagune de Thau en 2008 (Source : Observatoire du SMBT)

4.1.2.3. Les missions dans le cadre de la « recherche et développement »

Un second volet des missions confiées à l'Ifremer s'oriente sur la « recherche et le développement ». Ce travail regroupe plusieurs thématiques, j'en aborderai certaines qui sont liées à la lagune de Thau.

Une partie technique des recherches concerne la conchyliculture. Le but est de faire diminuer la mortalité des coquillages. Pour cela des chercheurs travaillent sur le développement de modèles numériques, à l'image d'un modèle hydro-sédimentaire. Ils tentent de mettre en place une notion d'avertissement précoce à laquelle ils

essaient de répondre en recherchant des indicateurs précoces dans la dynamique des espèces. En effet, que ce soit les compartiments situés dans l'eau ou les différentes espèces, ils n'ont pas tous le même temps de réponse aux changements des paramètres physico-chimiques de l'eau. Certains sont plus sensibles et réagissent très vite après des modifications du milieu, leur observation peut permettre de prévoir une tendance vers la dégradation du milieu ou au contraire vers une amélioration. Tout l'enjeu de ces recherches est d'acquérir de meilleures connaissances, de pouvoir anticiper en se positionnant en amont de la gestion et de proposer des outils ou des mesures susceptibles d'être mises en application par les gestionnaires locaux.

4.2. Les méthodes pour assurer le suivi de l'eutrophisation

4.2.1. Les analyses du diagnostic de l'eutrophisation

4.2.1.1. Les compartiments

Le diagnostic de l'eutrophisation, effectué par le Réseau de Suivi Lagunaire, prend en compte quatre compartiments susceptibles d'être des indicateurs du niveau de l'eutrophisation du milieu. Il est nécessaire de prendre en considération ces quatre compartiments dans l'étude et de ne pas se limiter à un seul, car chacun d'entre eux révèle d'une manière différente le niveau d'eutrophisation. De plus, la fréquence des mesures n'est pas la même d'un compartiment à l'autre. En effet, certains sont sensibles et réagissent assez vite, leur mesure est faite chaque année ; d'autres ont un temps de réaction plus lent et ils sont analysés tous les 4 ans.

Des prélèvements sont réalisés dans le compartiment des sédiments. Les apports en azote et en phosphore viennent s'accumuler au niveau des sédiments, mais quand les eaux sont brassées par les courants, ces matières se remettent en suspension. Le sédiment est considéré comme un compartiment intégrateur des apports en azote et en phosphore.

Les compartiments des macrophytes et de la macro faune sont analysés. Selon les apports en azote et phosphore, les biomasses de macrophytes évoluent. Quatre catégories de macrophyte sont prises en compte, il s'agit des phanérogames, des espèces climax, des algues dérivantes et des algues opportunistes. J'ai démontré que les apports riches en matières nutritives conduisent au développement et à la prolifération d'algues vertes, processus d'eutrophisation des eaux. Il en résulte que les eaux deviennent alors plus turbides. Les mesures du compartiment de la macro faune révèlent la « potentialité biologique » liée à la biomasse de la macro faune. Si le milieu

vient à s'enrichir en matières organiques, alors le métabolisme et la productivité vont augmenter. Par corrélation, l'oxygène présent dans l'eau va diminuer.

D'autres prélèvements sont accomplis dans le compartiment du phytoplancton. Tout comme le compartiment précédent, si les apports en matières nutritives sont excessifs, le phytoplancton va proliférer. Ce qui traduit que le milieu est eutrophe.

Enfin, le compartiment de la colonne d'eau est analysé. Il permet de mettre en évidence les facteurs favorables au passage d'eau eutrophes à des eaux anoxiques, tels que les apports en azote et phosphore, les changements de température et d'oxygène de l'eau. Mais pas seulement, ce compartiment fait apparaître les conséquences de ces phénomènes, comme la turbidité et la toxicité de l'eau.

4.2.1.2. Les paramètres

Différents compartiments sont sélectionnés dans le diagnostic de l'eutrophisation, avec chacun d'entre eux est associé un certain nombre de paramètres qui sont analysés avec précision. Ces paramètres rendent possible l'évaluation de l'enrichissement du milieu et ils déterminent s'il y a eutrophisation ou pas. Dans le compartiment des sédiments et dans celui de la colonne d'eau, ce sont les concentrations en azote et en phosphore qui sont mesurées. D'ailleurs, sur les variables indicatrices des apports en matières eutrophisantes, les quantités d'azote total (Nt) et de phosphore total (Pt) se trouvant dans l'eau et dans le sédiment sont des paramètres représentatifs de l'eutrophisation (Cemagref et IARE, 1994). Dans la colonne d'eau, des paramètres physico-chimiques sont pris en compte, comme la température, la salinité ou l'oxygène dissous. Viennent s'ajouter les nitrites, les nitrates et la chlorophylle. Pour les compartiments des macrophytes et de la macro faune, les mesures sont faites par mètre carré et elles permettent de dresser un inventaire des espèces et du nombre des individus. Enfin, dans le compartiment du phytoplancton, ce sont les niveaux de prolifération qui sont mesurés par comptage des cellules phytoplanctoniques selon le critère de leur taille (inférieur ou supérieur à 2 micro mètres).

4.2.1.3. Bilan

De manière synthétique, le diagnostic de l'eutrophisation prend appuie sur l'analyse de divers paramètres à l'échelle de compartiments différents (tableau 15).

Tableau 15 : Les compartiments et les paramètres mesurés dans le diagnostic de l'eutrophisation pour la lagune de Thau (Source : RSL – Réalisation : Trinquier Christel)

COMPARTIMENTS	PARAMETRES MESURES	FREQUENCE
COLONNE D'EAU	Température, Salinité, Oxygène dissous, Turbidité, NO3, NO2, NH4, PO4, Chla, Chla et phéopigments Ptotal et Ntotal	Tous les ans (juin, juillet et août)
SEDIMENTS	Matière organique (%) Ptotal (PTS : mg/kg PS) Ntotal (NTS : g/kg PS)	Tous les 4 ans
PHYTOPLANCTON	Cellules < 2 um Cellules > 2um	Tous les ans (juin, juillet et août)
MACROFLORE BENTHIQUE	Composition et richesse spécifique Biomasse spécifique	Tous les 3 à 6 ans
MACROFAUNE BENTHIQUE	Composition et richesse spécifique Densité de population Biomasse totale	Tous les 3 à 6 ans

4.2.2. La méthodologie du diagnostic de l'eutrophisation

4.2.2.1. L'outil de diagnostic des états de l'eutrophisation

Le Réseau de Suivi Lagunaire se sert d'un outil pour diagnostiquer la qualité des eaux de la lagune de Thau. Les résultats des mesures, faites sur les différentes variables des quatre compartiments, sont analysées et classées. On leur attribue une couleur en fonction de l'état de l'eutrophisation. Un dégradé de couleur allant du bleu au rouge traduit l'évolution d'un très bon à un mauvais état des eaux de la lagune vis à vis de l'eutrophisation (figure 12). L'enjeu est de simplifier la lecture des données récoltées et de donner à voir la tendance générale.

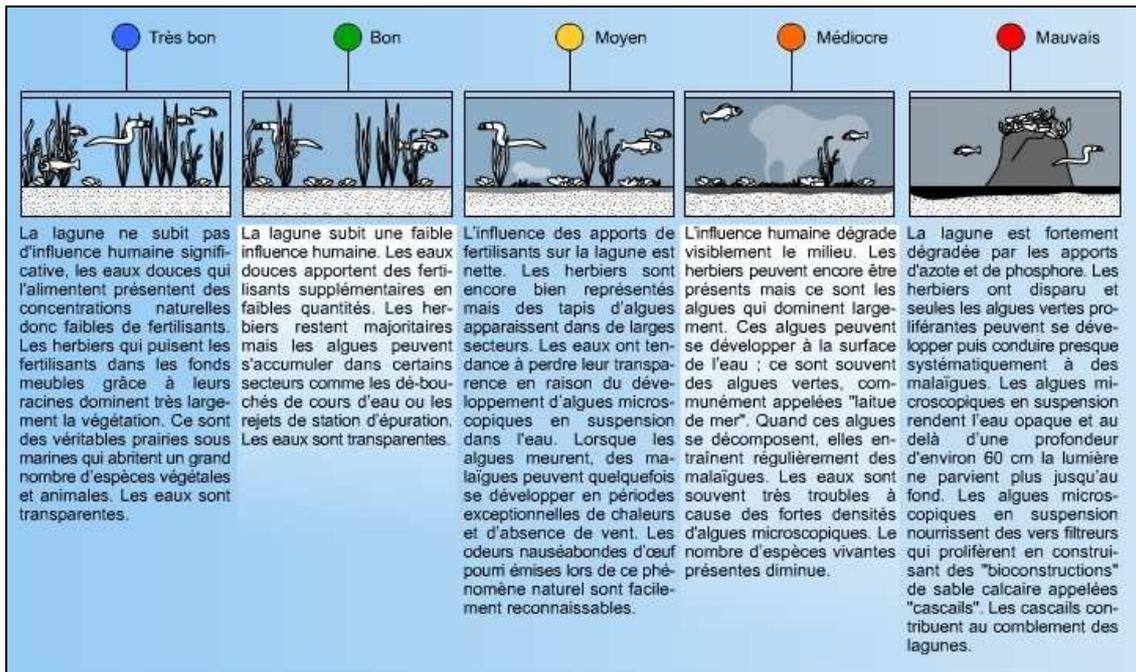


Figure 12 : Les cinq états vis à vis de l'eutrophisation (Source : RSL)

4.2.2.2. Des grilles de qualité des eaux pour les différents compartiments

Lors des suivis, les mesures prises aux différentes stations de prélèvement sont disposées dans des grilles qui sont élaborées en fonction de l'outil de diagnostic des cinq états de l'eutrophisation. Pour chaque compartiment et paramètre qui lui sont liés, une grille leur est attribuée (cf. tableaux ci-dessous).

Tableau 16 : Grille de diagnostic pour les sédiments (Source : Ifremer, 2000)

VARIABLE		Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
MO	%		3,5	5,0	7,5	10,0
NT	g/kg PS		1,0	2,0	3,0	4,0
PT	mg/kg PS		400	500	600	700

MO : Matière Organique
 NT : Azote total
 PT : Phosphore total

Tableau 17 : Grille de lecture de la colonne d'eau (Source : Ifremer, 2000)

Variable			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	
NITRI	(μM)	0		0,3		0,5		0,75		1	
NITRA	(μM)	0		1		3		5		10	
AMMO	(μM)	0		11		3		5		10	
Chl-a	(mg m ⁻³)	0		5		7		10		20	
Chlaphe	(mg m ⁻³)	0		7		10		15		25	
NT	(μM)	0		50		75		100		120	
PT	(μM)	0		0,75		1,5		2,5		4,5	

Tableau 18 : Grille de diagnostic du phytoplancton (Source : Ifremer, 2000)

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

Tableau 19 : Grille de diagnostic pour la macro faune (Source : Ifremer, 2000)

				RICHESSE SPÉCIFIQUE				
				Très satisfaisante	Satisfaisante	Réduite	Très faible	
Espèces indicatrices de matière organique	Densité	Présence	Prolifération	Nulla				Mauvais
				Très faible			Médiocre	Mauvais
				Faible	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre
				Normale	Très bon	Très bon	Bon	Mauvais
				Forte	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre
				Très forte		Moyen	Médiocre	Mauvais

Tableau 20 : Grille de diagnostic simplifié pour les macrophytes (Source : Ifremer, 2000)

ESPECES CLIMAX	DIVERSITE		
	Satisfaisante nb sp > 6	Réduite 3 < nb sp < 6	Très faible nb sp < 3
Dominantes RC > 75%	Très bon		
Dominantes 50% < RC < 75%	Bon		
Présentes 5% < RC < 50%	Moyen		
Faiblement présentes RC < 5%	Médiocre		
Absentes			Mauvais

C: Recouvrement des espèces climax (% de la surface du fond occupé)
nb sp: Nombre total d'espèces observées

Après l'analyse des données de ces différentes grilles, les résultats sont synthétisés dans une grille globale. Cette planche de résultats témoigne de l'état général de l'écosystème lagunaire par rapport à l'eutrophisation (tableau 21). Cette fiche synthétique de résultats est essentielle car elle fait office de bilan de l'état de la lagune de Thau et elle est restituée lors d'une concertation avec les acteurs institutionnels locaux. Elle peut être à l'origine d'une prise de conscience et à l'initiative de mesures pour améliorer la qualité de l'eau.

Tableau 21 : Planche de diagnostic global de l'écosystème vis à vis de l'eutrophisation
(Source : Ifremer, 2000)

PLANCHE DE RESULTATS	
SEDIMENTS	<input style="width: 80px; height: 20px;" type="text"/>
PHOSPHORE SEDIMENTS	<input style="width: 80px; height: 20px;" type="text"/>
	PHYTOPLANCTON <input style="width: 60px; height: 20px;" type="text"/>
	MACROPHYTES <input style="width: 60px; height: 20px;" type="text"/>
	PROLIFERATIONS <i>Ficopomatus enigmaticus</i> <input style="width: 60px; height: 20px;" type="text"/>
	POTENTIALITE BIOLOGIQUE MACROFAUNE <input style="width: 60px; height: 20px;" type="text"/>
ETAT GENERAL DE L'EUTROPHISATION	<input style="width: 60px; height: 20px;" type="text"/>
Légende : Très bon Bon Passable Mauvais Très mauvais	

4.2.3. Le matériel utilisé

Les prélèvements faits au niveau des stations de mesure nécessitent l'utilisation d'un matériel fiable. Des sondes mesurent la température et la salinité de l'eau, alors que d'autres évaluent la teneur en oxygène dissous dans l'eau (photographies 2). Des bouteilles et des carottes sont utilisées pour l'analyse des sédiments. L'Ifremer accomplit des suivis en bateau en se servant de sondes de mesure in-situ. Ces sondes permettent de faire des mesures ponctuelles, à haute fréquence et enfin des mesures à haute fréquence géoréférencées. Les données recueillies peuvent être réutilisées et modélisées par la suite.

Une fois les données récoltées, des analyses sont réalisées dans des laboratoires de microbiologie.



Photographies 2 : 1- Prélèvement dans la colonne d'eau, 2- Relevé des températures et de la salinité de l'eau (Source : Ifremer)

4.3. Les résultats des suivis sur la lagune de Thau

4.3.1. La collecte des données

J'aborderai les données qui ont été collectées pendant l'été 2006 de manière à mettre en évidence l'utilité des outils présentés précédemment, tels que les grilles de lecture pour les différents compartiments. Puis, en prenant appui sur les résultats diffusés par le Réseau de Suivi Lagunaire depuis 2000, j'établirai le bilan général en référence à l'état d'eutrophisation des eaux de la lagune de Thau.

4.3.1.1. La collecte des données en 2006

Il me paraît intéressant de présenter le travail effectué par les organismes scientifiques chargés de réaliser la surveillance et le prélèvement des données, pour la campagne 2006. Cette année là, deux suivis ont été opérationnels.

Dans le cadre du RSL, l'analyse des compartiments de la colonne d'eau et du phytoplancton ont montré des tendances à la dégradation de la qualité de l'eau. Les suivis ont été menés, pour le compartiment de la colonne d'eau, au niveau des stations de Thau ouest (TW) et de Thau est (TE), à la fois en surface et au niveau du fond. En effet, certains paramètres comme la chlorophylla ou le phosphore ont été classés en orange. Cette couleur indique l'état médiocre du milieu aquatique vis à vis de l'eutrophisation. Pour la station TW de fond, l'écart par rapport à 100 % de saturation était qualifié de mauvais. Par contre, c'est la station TE de fond qui enregistre les plus mauvais résultats, traduisant la présence de matières nutritives et

le manque d'oxygène dissous. Ces résultats montrent que le seuil critique pour signaler le mauvais état de la lagune par rapport à l'eutrophisation a été atteint. Sur l'ensemble des deux stations, ce sont bien les eaux profondes qui enregistrent le plus de paramètres médiocres en référence à l'outil de diagnostic de l'eutrophisation (tableau 22 et 23). Les mesures du compartiment du phytoplancton indiquent également un état médiocre des eaux (tableau 24). Ces résultats sont importants car ils peuvent signifier que cet état va évoluer vers une malaïgue de fond. De plus, les professionnels scientifiques peuvent communiquer aux acteurs locaux et aux conchyliculteurs les résultats de leur analyse, afin de les prévenir d'une malaïgue de fond potentielle.

Tableau 22 : Grille de la colonne d'eau pour les stations de fond et de surface, à l'ouest de la lagune de Thau (Source :RSL, 2007)

TWS			Très bon		Bon		Moyen		Médiocre		Mauvais
[Δ % O ₂ SAT]		0	7	20		30		40		50	
TUR	(NTU)	0	3,1	5		10		25		40	
PO ₄ ³⁻	(μM)	0	0,22	0,3		1		1,5		4	
NID	(μM)	0	0,6	2		6		10		20	
NITRI	(μM)	0	0,07	0,3		0,5		0,75		1	
NITRA	(μM)	0	0,36	1		3		5		10	
AMMO	(μM)	0	0,37	1		3		5		10	
Chl-a	(μg/l)	0		5		7		10	11	20	
Chlaphe	(μg/l)	0		7		10	14	15		25	
NT	(μM)	0	22	50		75		100		120	
PT	(μM)	0		0,75		1,5		2,5	2,60	4,5	
TWF			Très bon		Bon		Moyen		Médiocre		Mauvais
[Δ % O ₂ SAT]		0		20		30		40		50	84
TUR	(NTU)	0		5		10	11	25		40	
PO ₄ ³⁻	(μM)	0		0,3	0,57	1		1,5		4	
NID	(μM)	0	1,2	2		6		10		20	
NITRI	(μM)	0	0,07	0,3		0,5		0,75		1	
NITRA	(μM)	0	0,09	1		3		5		10	
AMMO	(μM)	0		1	1,1	3		5		10	
Chl-a	(μg/l)	0		5		7		10	14	20	
Chlaphe	(μg/l)	0		7		10		15	17	25	
NT	(μM)	0	22	50		75		100		120	
PT	(μM)	0		0,75		1,5		2,5	2,80	4,5	

Tableau 23 : Grille de la colonne d'eau pour les stations de fond (TEF) et de surface (TES), à l'est de la lagune de Thau (Source :RSL, 2007)

TES			Très bon		Bon		Moyen		Médiocre		Mauvais
[Δ % O ₂ SAT]		0	14	20		30		40		50	
TUR	(NTU)	0	2,2	5		10		25		40	
PO ₄ ³⁻	(μM)	0	0,20	0,3		1		1,5		4	
NID	(μM)	0	0,6	2		6		10		20	
NITRI	(μM)	0	0,08	0,3		0,5		0,75		1	
NITRA	(μM)	0	0,10	1		3		5		10	
AMMO	(μM)	0	0,46	1		3		5		10	
Chl-a	(μg/l)	0		5	6,0	7		10		20	
Chlaphe	(μg/l)	0		7	8,4	10		15		25	
NT	(μM)	0	21	50		75		100		120	
PT	(μM)	0		0,75		1,5	2,20	2,5		4,5	

TEF			Très bon		Bon		Moyen		Médiocre		Mauvais
[Δ % O ₂ SAT]		0		20		30		40		50	99
TUR	(NTU)	0		5		10	12	25		40	
PO ₄ ³⁻	(μM)	0		0,3		1		1,5	2,7	4	
NID	(μM)	0		2		6		10		20	34
NITRI	(μM)	0	0,07	0,3		0,5		0,75		1	
NITRA	(μM)	0	0,07	1		3		5		10	
AMMO	(μM)	0		1		3		5		10	33
Chl-a	(μg/l)	0		5	6,4	7		10		20	
Chlaphe	(μg/l)	0		7		10	10	15		25	
NT	(μM)	0		50	66	75		100		120	
PT	(μM)	0		0,75		1,5		2,5		4,5	4,60

Tableau 24 : Grille du phytoplancton pour les stations de la lagune de Thau (Source :RSL, 2007)

TWS			Très bon		Bon		Moyen		Médiocre		Mauvais
< 3 μm	Cel/L 10 ⁶	0		20		50		100	272,3	500	
> 3 μm	Cel/L 10 ⁶	0		2		5		10	35,4	50	

TWF			Très bon		Bon		Moyen		Médiocre		Mauvais
< 3 μm	Cel/L 10 ⁶	0		20		50		100	230,2	500	
> 3 μm	Cel/L 10 ⁶	0		2		5		10	31,0	50	

TPE			Très bon		Bon		Moyen		Médiocre		Mauvais
< 3 μm	Cel/L 10 ⁶	0		20		50		100	111,1	500	
> 3 μm	Cel/L 10 ⁶	0		2		5		10		50	64,0

TES			Très bon		Bon		Moyen		Médiocre		Mauvais
< 3 μm	Cel/L 10 ⁶	0		20		50		100	216,3	500	
> 3 μm	Cel/L 10 ⁶	0		2		5		10	29,0	50	

TEF			Très bon		Bon		Moyen		Médiocre		Mauvais
< 3 μm	Cel/L 10 ⁶	0		20		50		100		500	1456,7
> 3 μm	Cel/L 10 ⁶	0		2		5		10	22,2	50	

TANG			Très bon		Bon		Moyen		Médiocre		Mauvais
< 3 µm	Cel/L 10 ⁵	0		20		50	99,7	100		500	
> 3 µm	Cel/L 10 ⁵	0		2		5		10	85,2	50	

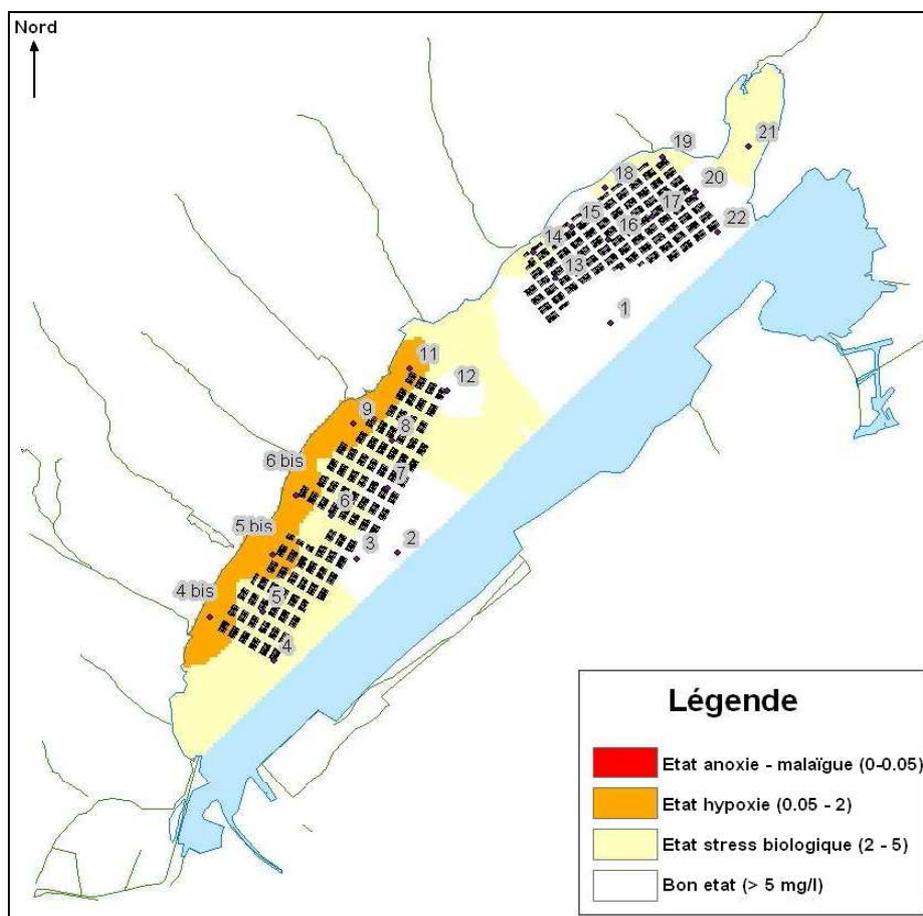
RIA			Très bon		Bon		Moyen		Médiocre		Mauvais
< 3 µm	Cel/L 10 ⁵	0		20		50		100	153,1	500	
> 3 µm	Cel/L 10 ⁵	0		2		5		10	26,4	50	

PIS			Très bon		Bon		Moyen		Médiocre		Mauvais
< 3 µm	Cel/L 10 ⁵	0		20		50		100	101,7	500	
> 3 µm	Cel/L 10 ⁵	0		2		5		10	26,3	50	

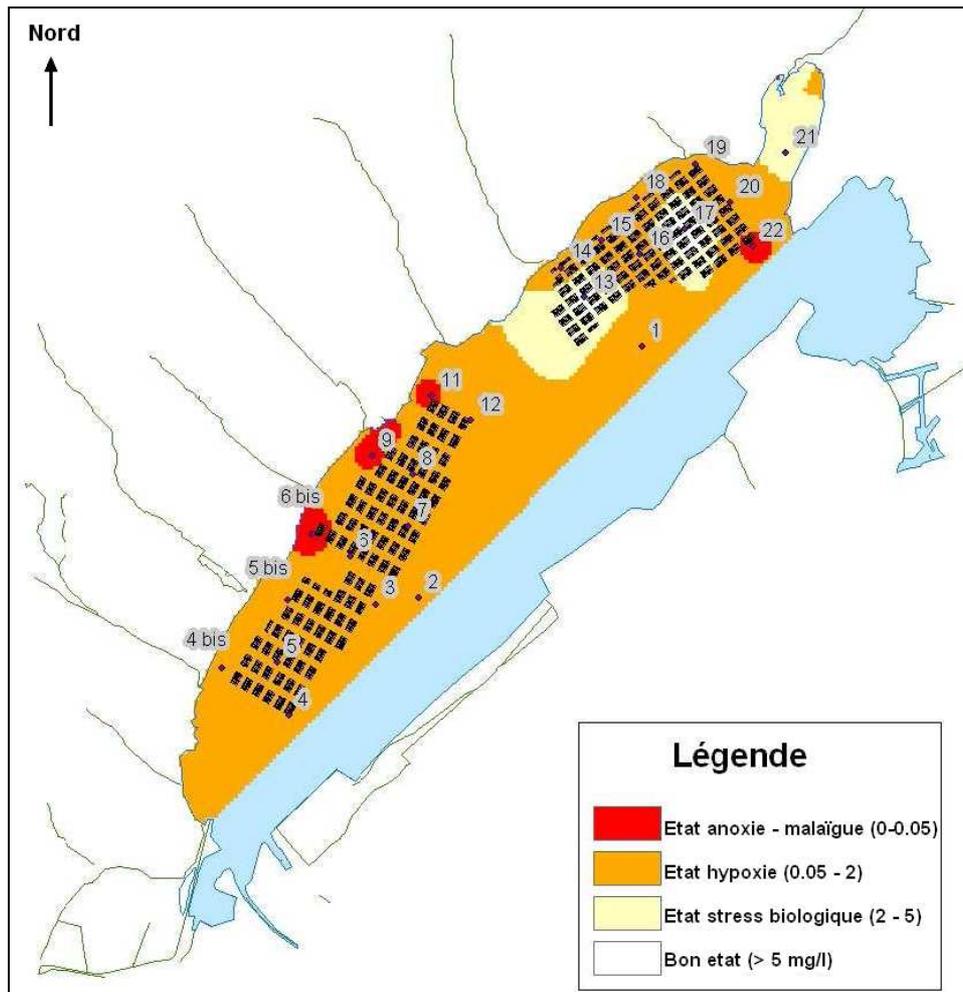
Durant cette même campagne de 2006, en réponse aux résultats récoltés par le RSL, 13 stations ont mesuré les teneurs en oxygène dissous. Les données étant prélevées deux fois par semaine, elles ont permis de suivre l'évolution du paramètre oxygène dissous en surface et au fond. Les concentrations en oxygène dissous ont été traitées et une interpolation spatiale donne à voir cartographiquement ces teneurs sur l'ensemble de la lagune. On constate une corrélation entre les données de fond mesurées dans les compartiments de la colonne d'eau et le phytoplancton par le RSL et celles effectuées sur les teneurs en oxygène dissous lors de ce suivi par l'Ifremer.



Photographies 3 : Malaïgue 2006 sur la lagune de Thau – 24 juillet 2006 (Source : Ifremer, Farrugio)



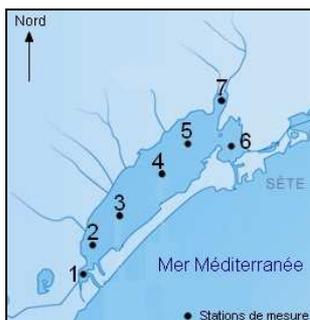
Carte 15 : Représentation spatiale de l'oxygène en surface de la lagune de Thau, le 27 juillet 2006 (Source : Ifremer – *Krigeage et Arcview 3.2*)



Carte 16 : Représentation spatiale de l'oxygène au fond de la lagune de Thau, le 27 juillet 2006
(Source : Ifremer – Krigeage et Arcview 3.2)

4.3.1.2. La collecte des données du Réseau de Suivi Lagunaire pour la lagune de Thau : 2000 – 2007

Depuis 2000, le RSL émet chaque année une planche de diagnostic global de l'écosystème de la lagune de Thau vis à vis de l'eutrophisation. L'ensemble de ces données peut être exploité pour faire un bilan pluriannuel de l'évolution de l'état de la lagune en référence au problème de l'eutrophisation. Pour cela, j'ai travaillé sur des cartes interactives qui présentaient des données annuelles sur différentes stations de la lagune de Thau.



Carte 17 : Stations de mesure sur la lagune de Thau (Source : RSL)

Tableau 25 : Bilan des diagnostics de l'eutrophisation dans la lagune de Thau 2000-2007
(Source : RSL - Réalisation : Trinquier Christel. Excel)

Année	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Site 5	Site 6	Site 7	Bilan général sur l'année
2000		Bon		Bon	Bon	Bon	Moyen	Bon
2001		Bon		Bon	Moyen	Bon	Bon	Bon
2002		Bon		Bon	Bon	Bon	Moyen	Bon
2003	Bon	Médiocre	Moyen	Bon		Moyen		Moyen
2004	Moyen	Moyen	Bon	Moyen				Moyen
2005	Bon	Bon	Bon	Bon		Moyen	Médiocre	Bon
2006	Moyen	Médiocre	Médiocre	Bon		Médiocre	Mauvais	Médiocre
2007			Très bon	Bon			Bon	Bon

Etat de l'eutrophisation : Très bon Bon Moyen Médiocre Mauvais
 Absence de données

4.3.2. Interprétation des suivis : qualités et défauts

Il est nécessaire de présenter les intérêts qu'ont suscité ces suivis et qui expliquent leur permanence. Mais, il est également fondamental d'en envisager les limites et de voir les améliorations possibles à apporter.

4.3.2.1. L'intérêt de ces suivis

Depuis la mise en place d'un réseau de surveillance sur la lagune de Thau, les connaissances sur ce milieu ont été améliorées. Les mécanismes participant à l'eutrophisation et aux crises anoxiques, leurs causes et leurs conséquences ; sont de mieux en mieux cernées grâce aux données recueillies et aux analyses qui en sont faites.

Il est à noter que ce suivi pérenne permet d'obtenir des données et des informations en continu sur la lagune de Thau. La prise en compte de l'échelle temporelle, c'est à dire la régularité des mesures effectuées dans le temps, contribue à établir une évolution de la qualité de l'eau et sert d'indicateur pour signaler une phase de dégradation ou de stabilité des eaux lagunaires.

Autre avantage, les stations d'échantillonnage sont localisées sur toute la lagune et elles mesurent des eaux de surface et de fond. Cette surveillance a une bonne couverture spatiale.

L'Ifremer est l'organisme chargé des suivis depuis leur mise en place, il est agréé par le Ministère de l'Environnement. Cet élément garanti la continuité du travail effectué dans la durée et garanti la cohérence des données qui sont recueillies en fonction d'un même outil et d'une même méthodologie.

Le Réseau de Suivi Lagunaire est un réseau novateur puisqu'il est constitué d'un volet scientifique avec le contrôle des paramètres de l'eau et d'un volet d'aide à la gestion. Une restitution est réalisée auprès des partenaires institutionnels et professionnels. Il s'agit d'un apport important car les connaissances et les résultats peuvent servir aux décideurs locaux en matière de réduction du risque et des dommages liés à l'eutrophisation et aux malaïgues.

4.3.2.2. Les limites de ces suivis

La surveillance de la lagune s'appuie sur des suivis optimisés, c'est à dire qu'ils font office de bilan et d'information globale sur le milieu. On pourrait préconiser la mise en place de suivis à haute fréquence sur une vingtaine de points, ceci effectué par une sonde qui analyserait les teneurs en oxygène dissous, comme pour l'été 2006. Le problème d'un tel suivi, c'est que c'est coûteux.

Les suivis de l'eutrophisation dans la lagune de Thau ne sont pas associés à des données tirées de stations météorologiques locales. L'Ifremer est attentif aux prévisions météorologiques fournies par Météo France. Cependant, ces données ne sont que des prévisions sur une courte durée de l'ordre de 4 jours et leur fiabilité est incertaine. De plus, ce sont des informations à l'échelle régionale alors que c'est l'échelle locale qui intéresse les scientifiques. On constate la nécessité de prévisions locales, avec un traitement en temps réel grâce à une acquisition journalière de données. Cela sera peut être le cas grâce à une première station météo installée dernièrement sur la lagune, il s'agit de la station CIMEL.

Autre lacune, il n'y a aucun suivi aérien ou satellital pour suivre l'évolution d'une malaïgue. En référence à certaines malaïgues, on trouve des photographies mais il ne s'agit pas d'un traitement qui est fait systématiquement. Par exemple, les malaïgues de 1982 et 1983 ont fait l'objet d'un suivi photographique dirigé par le CERGA (Centre d'Etudes et de Recherches en Géologie Appliquée). L'échelle de travail a été étendue à toute la lagune et ce suivi a été réalisé quotidiennement pendant la malaïgue. Il a donné l'occasion d'observer la propagation du phénomène dans le temps et l'espace.

Ce suivi photographique n'a pas été poursuivi lors des autres apparitions de malaïgue. Mis à part en 2006, un survol aérien réalisé par H. Farrugio a permis à l'Ifremer de prendre des clichés de la malaïgue en divers points de la lagune. D'un point de vue satellital, il n'y a qu'en août 2003 que des images satellitales du capteur Meris ont permis de détecter les foyers de départ et la propagation spatiale des malaïgues à la surface de la lagune de Thau.

Les malaïgues ne sont pas prévisibles même si les données des suivis indiquent une phase de dégradation ou de stabilité. Il serait utile de mettre en place des modélisations qui prennent en compte les caractéristiques de la lagune (profondeur, dimensions, contour...), les paramètres mesurés dans les différents compartiments de l'eau, les données météorologiques et les paramètres hydrodynamiques. Cette suggestion a été abordé par certains auteurs (Souchu et al, 1998).

Le suivi est limité à la lagune, les relevés au niveau des cours d'eau du bassin-versant ne relèvent pas de la compétence de l'Ifremer. D'autres organismes feraient des prélèvements mais seulement de manière périodique. L'agence de l'eau ferait un suivi sur la Vène tous les 4 ans (Conseil départemental). La faculté des sciences effectuent quelques prélèvements (Hydro-sciences). Le SMBT a une volonté de mettre en place un suivi sur tous les cours d'eau se jetant dans la lagune, mais ce n'est qu'à l'état de projet. Ce travail d'analyse pourrait être complété par des études d'impact de stations d'épurations ou de caves coopératives situées sur le bassin-versant.

Enfin, la gestion du risque d'eutrophisation ou de la qualité sanitaire de l'eau vis à vis des élevages conchylicoles, relève de la préfecture. Les suivis réalisés, sur l'état de l'eau en rapport à l'eutrophisation et les crises anoxiques qui y sont associées, restent mal connu du grand public et de certains professionnels. L'établissement d'une banque de données en temps réel, à laquelle aurait accès le grand public, serait un moyen de communication efficace.

Conclusion :

Le risque d'eutrophisation des eaux de la lagune de Thau et le développement de malaïgues certaines années ont conduit à l'émergence d'un réseau de surveillance. Les résultats obtenus par les suivis du RSL et du Suivi préventif malaïgue sont communiqués aux gestionnaires locaux. Ce partenariat entre scientifiques et acteurs locaux est déterminant dans la mise en place de mesures efficaces sur le bassin-versant pour réduire le risque d'eutrophisation et de malaïgues, en agissant sur les causes et en diminuant les dommages.

Chapitre V

LES MESURES ET LES PERSPECTIVES DANS LA GESTION DU RISQUE D'EUTROPHISATION POUR LA LAGUNE DE THAU ET SON BASSIN-VERSANT

La problématique de l'eutrophisation est au centre des préoccupations du Syndicat Mixte du Bassin de Thau (SMBT). Les gestionnaires et les élus prennent appui sur les restitutions des suivis et ils tentent de mettre en place des mesures pour remédier à ce phénomène d'eutrophisation. Ils appliquent également la législation en vigueur (Directive Cadre Européenne et Loi sur l'eau et les milieux aquatiques). Dans ce chapitre, je traiterai des outils sur lesquels le SMBT se base pour prendre des décisions. Ensuite, j'aborderai les moyens mis en place par cette structure à une double échelle, celle de la lagune et celle du bassin-versant. Enfin, je présenterai quelques perspectives.

5.1. Les mesures adoptées pour lutter contre l'eutrophisation de la lagune de Thau

5.1.1. Les documents d'orientation et de planification à l'échelle du bassin-versant de Thau

Les acteurs locaux, régionaux, nationaux et internationaux doivent utiliser et se baser sur des outils réglementaires et contractuels pour assurer une meilleure gestion de la lagune de Thau (Loi sur l'eau et les milieux aquatiques). C'est le cas du Syndicat Mixte du Bassin de Thau qui a été créé en 2005 par arrêté préfectoral suite à la décision des élus du territoire de Thau. Cette structure est destinée à la gestion du bassin de Thau. Ses défis sont multiples, l'enjeu est de protéger mais aussi de gérer et de valoriser le bassin-versant et la lagune. Cette gestion concertée de deux échelles doit assurer la cohérence amont et aval. Les acteurs du SMBT ont tenté de trouver des réponses en terme de planification, d'organisation et de réglementation. Au centre de la problématique développée dans ce mémoire, il est important d'envisager les programmes de gestion et d'action qui sont élaborés par les acteurs locaux comme le SMBT, dans le but d'améliorer la qualité de l'eau de la lagune. Le SMBT pilote trois types d'outils.

Les deux premiers outils sont des documents de planification, il s'agit du Schéma de Cohérence Territoriale (SCOT) et du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE). A travers le SCOT, les acteurs travaillent à l'élaboration d'un document d'urbanisme qui déterminera les grandes orientations en terme de développement urbain sur le bassin-versant. A cela s'ajoute le SAGE, ce document s'attache à planifier l'impact de l'urbanisation du bassin-versant sur la ressource en eau. Le SMBT est l'une des premières structure à coordonner de manière parallèle un SCOT et un SAGE, ce qui est en accord avec la Directive Européenne sur les Eaux Résiduaires Urbaines (ERU).

Le troisième outil est un Contrat Qualité, élaboré en fonction d'objectifs prédéfinis pour une durée de 5 ans. Il réunit un certain nombre de partenaires, tels que le SMBT qui a un rôle de coordination, la CABT et la CCNBT qui gèrent l'assainissement et le milieu, les professionnels de la lagune avec les représentants de la conchyliculture et la prud'homie de la pêche. Le premier contrat a été établi pour 1990-1995 afin d'effectuer des recherches sur le bassin de Thau en vue d'améliorer la qualité des eaux. Dans la continuité, un second contrat a été reconduit pour 1996-2001. Enfin, un troisième contrat est en cours, pour la période 2005-2009. Il vise de nouvelles priorités comme :

« Objectif I : Atteindre une qualité optimale du milieu par la lutte contre les pollutions et les nuisances, mais aussi la réhabilitation et la protection du milieu.

Objectif II : Conforter la vocation de la lagune par le développement d'une gestion environnementale auprès des conchyliculteurs et des pêcheurs, par l'aménagement et l'équipement de ports, par des mesures concernant la navigation.

Objectif III : Assurer une gestion collective et écologique de la lagune et de son bassin-versant par le biais d'une organisation du suivi du contrat, du financement de la structure de gestion (SMBT), d'une amélioration de la connaissance du milieu

Objectif IV : Valoriser l'image de la lagune et de ses produits par une démarche de qualité, de communication et de sensibilisation » .

Un autre document d'orientation, créé par arrêté préfectoral et approuvé par décret en conseil d'Etat le 20 avril 1995, s'applique sur le bassin de Thau. Le Schéma de Mise en Valeur de la Mer (SMVM) vise la protection du milieu. Des règles concernant l'usage de la lagune et de ses périphéries sont fixées par l'administration, les acteurs locaux, les professionnels et les associations. Cet outil de planification souligne la vocation prioritaire de la lagune pour la pêche et la conchyliculture. Par conséquent, il met en place des mesures qui tendent à améliorer les conditions techniques (accès, installations) et environnementales (qualité de l'eau, préservation des équilibres biologiques) de ces activités. Il pose aussi des interdictions comme le rejets d'effluents domestiques et industriels non épurés, ou les rejets de déchets de détroquage à la lagune. Il est déterminant de prendre en compte ce document car il met la priorité sur les enjeux environnementaux et il participe à la mise en place d'initiatives pour lutter contre l'eutrophisation des eaux.

Les acteurs locaux ont une capacité à gérer le territoire et ils évitent les conflits d'usage dus à la multifonctionnalité de la lagune. Sans le pouvoir de décision des gestionnaires locaux, le risque serait que les enjeux touristiques soient relégués au premier plan et que la lagune servent de support aux activités récréatives.

5.1.2. Les interventions sur le bassin-versant de Thau

Dans l'optique de lutter contre l'eutrophisation des eaux de la lagune de Thau, un certain nombre d'actions de reconquête de la qualité de l'eau sont menées par le SMBT. Les interventions sur le bassin-versant s'orientent sur la diminution des apports riches en azote et en phosphore à la lagune.

5.1.2.1. Réduire les rejets urbains

Il y a encore quelques décennies, très peu d'habitations étaient raccordées à un système d'assainissement et les stations d'épuration faisaient peu de traitement des eaux usées. L'assainissement du bassin de Thau a commencé en 1976, avec le raccordement des égouts de Sète à une station d'épuration. Les stations d'épuration actuelles sont plus efficaces en matière d'élimination et de traitement des eaux usées. Elles sont constituées de lagunages, procédé permettant l'élimination microbiologique mais pas adapté au traitement de l'azote et du phosphore. Les eaux traitées sont rejetées à la lagune et elles peuvent contenir des composés azotés et phosphorés, susceptibles d'enrichir les eaux de la lagune. Depuis le 22 février 2006, la lagune de Thau est classée « zone sensible à l'eutrophisation ». Ce classement impose une amélioration des performances des stations d'épuration qui devront s'équiper d'un traitement pour l'azote et le phosphore, pour celles de plus de 10 000 habitants (Directive Eaux Résiduelles Urbaines).

A travers le contrat qualité et le SAGE, les membres du SMBT oeuvrent pour l'amélioration des dispositifs d'assainissement collectifs, individuels ; et placent la maîtrise des rejets comme une priorité à l'échelle du bassin de Thau. Pour répondre à la réglementation, 30 millions d'euros ont été investis en matière d'assainissement. Ces mêmes acteurs essaient d'orienter leurs projets sur la problématique des eaux pluviales car elles ont une incidence sur l'eutrophisation de la lagune. En comparaison avec l'assainissement qui est de la compétence de l'agglomération, les eaux pluviales sont de la compétence des communes, ce qui explique les difficultés dans la mise en place de solutions efficaces pour une meilleure gestion de l'écoulement des eaux pluviales.

5.1.2.2. Réduire les rejets agricoles

Le ruissellement des eaux à la surface du bassin-versant parcourt les surfaces agricoles et vient alimenter la lagune en eaux chargées de matières nutritives. Il est nécessaire de « concilier une agriculture performante et une protection efficace de la qualité des eaux » (Lacaze, 1996). Des solutions sont envisagées pour maîtriser les apports, il faut opter pour de meilleurs ajustements des doses à épandre afin d'éviter les surfertilisations du sol. Il faut optimiser les épandages et mettre en place des cultures pour piéger l'azote.

Des études ont été menées sur les aires de lavage et de remplissage des engins de vendange, puis sur les caves coopératives. Il en résulte que le rejet d'une grande quantité de résidus de vinification peut endommager le réseau d'assainissement car il

n'est pas adapté (SMBT). Pour les caves coopératives publiques, elles sont reliées à une station d'épuration. Le problème se pose quant aux caves privées, elles sont difficilement recensées et les rejets peuvent parfois aboutir à la lagune.

5.1.2.3. Réduire les rejets liés à l'activité conchylicole

Les déchets issus de la production conchylicole sont constitués d'eau, de matières organiques et minérales. Ils peuvent causer des dépôts de malaïgue s'ils sont rejetés sur les berges de la lagune. Depuis les années 1990, les acteurs locaux ont pris conscience de l'importance d'organiser un système de collecte et voire de valorisation de ces déchets.

« Les déchets produits sur la lagune de Thau, pour une production de 20 000 tonnes de coquillages par an, atteignent 15 000 tonnes en année moyenne et 20 000 tonnes en année de pointe avec malaïgue. » (Source : Guide méthodologique de gestion des lagunes méditerranéennes, 2000).

Les collectivités ont mis en place une filière de collecte, transport et traitement. Au départ, la collecte était assurée par le Sivu Decomy ; société qui prélevait les déchets dans 44 bennes collectives. Cependant, cette mesure s'est révélée non satisfaisante car les bennes étaient l'objet de nombreux dépôts et de mauvaises odeurs. En 1997, une nouvelle filière a été créée. Les déchets triés au niveau des mas conchylicoles étaient collectés et transportés jusqu'à une décharge. Depuis 2008, une nouvelle filière s'occupe du traitement des déchets conchylicoles, c'est la société privée COVED installée à Mèze. La collecte des déchets s'effectue auprès de chaque mas de manière quotidienne par des camions spécialisés. Ces déchets sont transportés jusqu'à une usine de traitement et de valorisation. Ils sont d'abord séchés, puis sont ensuite utilisés comme nourriture pour les volailles et amendement pour le sol, à destination de la Bretagne.

5.1.3. Les interventions sur la lagune

Aux mesures prises ou en cours de projet à l'échelle du bassin-versant, se superposent les initiatives menées au sein de la lagune de Thau. Le SMBT prend appui sur les recherches pluridisciplinaires effectuées par différents organismes tels que l'Ifremer, le Cépralmar, les Universités, le CEMAGREF, l'ENGREF, le CNRS, l'IRD... L'enjeu est de disposer d'outils d'aide à la gestion de la lagune de Thau.

5.1.3.1. Un système d'alerte en temps réel

Depuis le mois de janvier 2008, la collectivité de Thau agglomération a signé, avec la Lyonnaise des eaux de la lagune de Thau, un contrat de délégation de service public pour 2008-2018. Un dispositif de surveillance de la qualité des eaux s'applique à la lagune, site pilote composé de 6 stations. Le système SIRENE s'appuie à la fois sur des mesures des paramètres du milieu aquatique (température de l'eau, salinité, oxygène dissous et turbidité) grâce à des capteurs ou sondes et à la fois sur un volet d'alerte. L'objectif est de surveiller et de limiter les risques de pollution de la lagune ou même de prévenir une malaïgue.

5.1.3.2. Projets liés à l'activité conchylicole

Il ne faut pas négliger le fait que la profession la plus touchée par les malaïgues reste les conchyliculteurs. Là où les eaux anoxiques se sont propagées, les coquillages meurent à cause du manque d'oxygène dissous dans l'eau. Les acteurs scientifiques en concertation avec les acteurs institutionnels locaux tentent d'établir des mesures pour éviter les pertes de coquillages auxquelles font face les conchyliculteurs. Diverses solutions sont proposées.

L'une d'entre elles consiste à agrandir la dimension des graus existant ou même de créer un nouveau grau. La communication mer-lagune permettrait d'assurer un meilleur renouvellement des eaux. Cependant, des études de l'Ifremer ont démontré que ces travaux ne conduiront pas au renouvellement suffisant des eaux pour dissiper une malaïgue s'il vient à s'en produire une. Les modélisations ou simulations numériques montrent que cette solution proposée serait inefficace (Ifremer ; Souchu et al, 1998).

L'oxygénation et l'aération de la colonne d'eau fait partie des mesures expérimentées. En effet, pendant les périodes de malaïgue, l'oxygénation des eaux pourrait limiter l'anoxie en maintenant des concentrations proche de 2 ou 3 ppm. Ce qui éviterait les mortalités de coquillages issus de la production conchylicole. Suite aux malaïgues qui se sont produites sur la lagune de Thau, deux procédés ont été expérimentés (la technique TURBOXAL et le procédé de micro-bullage) et un troisième a été proposé (OXY II). Une tentative de mise en place d'hydroliennes au port du Mourre Blanc a été testée, mais les malaïgues apparaissent lorsqu'il n'y a plus de vent, le système ne s'est donc pas révélé efficace (Ifremer). Des aérateurs solaires ont été mis en place au Canada, cette méthode aurait montré des résultats positifs dans la réoxygénation du plan d'eau (Aérateur et Circulateurs d'eau Ecologiques).

Des opérations de ramassage d'algues sont organisées chaque printemps au port du Mourre Blanc. Cette action doit permettre de diminuer le recouvrement de cet endroit par les algues, d'éviter le départ de malaïgues et de limiter les perturbations à l'écosystème.

Une autre solution vise à modifier la répartition des tables car la plupart des malaïgues partent du bord, ensuite elles s'étendent et lorsqu'elles atteignent les zones conchylicoles leur propagation est auto alimentée. Certains chercheurs d'Ifremer ont travaillé sur le sujet et ils ont proposé deux mesures. La première serait de faire reculer les tables en enlevant la première ligne de tables la plus proche de la bordure de la lagune et en la replaçant derrière les autres (figure 13). La seconde souhaite la mise en place d'un secteur « pare feu » entre les zones de Mèze et de Marseillan, afin de limiter et d'empêcher toute propagation des malaïgues d'une zone conchylicole à une autre (Souchu et al, 1998). Cette proposition de recul des tables est mal perçue par les gens de la profession conchylicole et elle risque de mener à terme à des conflits entre les acteurs locaux.

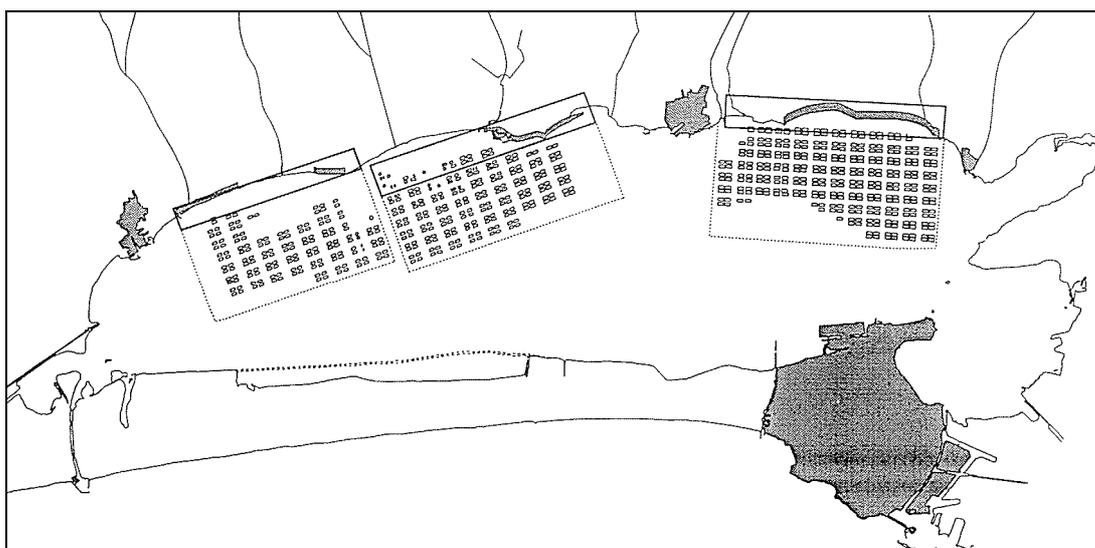


Figure 13 : Localisation des zones conchylicoles à réaménager dans le bassin de Thau (Source : Souchu et al, 1998)

Il est également préconisé de diminuer la densité des élevages présents sur les cordes et de laisser un espace libre entre le bas de la corde et le fond. Une surdensité peut empêcher les eaux de circuler et d'être renouvelées. L'Ifremer recommande de ne pas dépasser le nombre de 10 cordes par perche, soit 1000 cordes par table. L'avantage consiste à « diminuer les causes d'extension de l'anoxie tout en améliorant la qualité des produits » (Souchu et al, 1998). Cette mesure semble être plus ou moins appliquée.

Une autre action qui doit être entreprise vise à entretenir les fonds sous les tables conchylicoles. Il s'agirait plutôt d'extraire de gros déchets comme des perches, des poches, les amas de coquilles reliées par une corde, des parpaings... On peut citer la technique du dévasement mécanique qui a été testée expérimentalement en 1998, mais elle induirait une baisse de la teneur en matière organique et pourrait faire diminuer la production conchylicole (Tournier et al, 1989).

Un aménagement des apports issus du bassin-versant a été pensé. Il s'agirait d'éviter que les stations d'épuration rejettent leurs effluents en bordure de la lagune mais plutôt après les zones conchylicoles par le biais d'un conduit souterrain (figure 14).

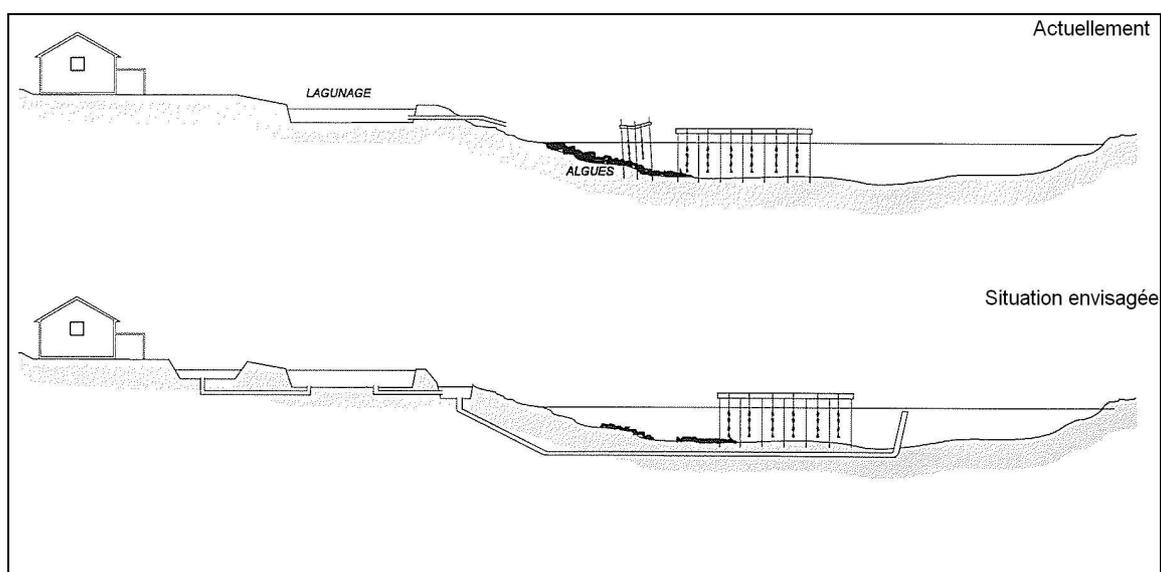


Figure 14 : Schéma d'aménagement des apports issus du bassin-versant (Source : Souchu et al, 1998)

5.2. Perspectives

Pour répondre à la problématique de l'eutrophisation et des malaïgues qui surviennent quand les eaux sont anoxiques, il est nécessaire d'envisager certaines perspectives.

Dans un premier temps, les suivis accomplis sur la lagune, pour mesurer les paramètres de divers compartiments de l'eau, se révèlent d'une grande utilité en matière de support d'informations et de connaissances sur le milieu, et en matière d'outils d'aide à la gestion. Cette surveillance est un indicateur de la qualité de l'eau et elle fait référence à l'état dans lequel est la lagune ; que ce soit un état de stabilité, de dégradation ou d'amélioration. De par leur utilité et leur pertinence, ces suivis doivent continuer à être effectués sur la lagune et à être diversifiés.

Dans un second temps, les recherches pluridisciplinaires d'organismes scientifiques doivent se poursuivre. Les gestionnaires les prennent en considération et s'en servent comme des outils pour la gestion de la qualité des eaux de la lagune de Thau. Notamment, le SMBT prend appui auprès des scientifiques pour mettre en place des mesures qui intègrent les facteurs responsables de la dégradation de la qualité de l'eau.

De plus, l'approche intégrée de la gestion à deux échelles complémentaires, celle du bassin-versant et de la lagune, doit rester une priorité pour les acteurs institutionnels locaux. Car prendre en compte seulement l'échelle de la lagune serait négliger une grande partie des causes qui entrent en jeu dans le processus d'eutrophisation.

Toutefois, il faut prendre en considération les limites des actions proposées par les acteurs locaux. Un des enjeux majeurs serait de développer des actions de sensibilisation et d'information du public, que ce soit auprès des populations résidentes ou même des conchyliculteurs. Avant d'accomplir ce travail de sensibilisation, il serait intéressant de mener des enquêtes, de manière à analyser la perception qu'ont les personnes interrogées du phénomène d'eutrophisation et aussi des malaïgues, et de voir qu'elles sont leur pratique. Le but serait de mettre en place des mesures de prévention adaptées et s'appliquant de façon individuelle, comme le fait d'entretenir sa fosse septique, de ne plus utiliser de fertilisants pour son jardin, de ne pas jeter ses déchets dans la lagune... La sensibilisation et la prévention doivent stimuler la conscience et la connaissance du risque associée à la lagune de Thau. Sans mesure de prévention efficace, il est difficile d'agir contre les facteurs qui peuvent occasionner l'eutrophisation ou les malaïgues. Même si certaines mesures ont vu le jour, à l'image d'un prospectus destiné aux bateaux de plaisance afin qu'ils jettent leurs déchets dans les lieux adaptés ; la sensibilisation auprès des touristes doit être étendue. Des mesures de sensibilisation doivent les inciter à avoir des pratiques plus respectueuses de l'environnement de la lagune de Thau.

Enfin, je terminerai sur l'importance de mettre en place des dispositifs de valorisation de l'image de la lagune, mais pas seulement, de ses produits aussi. Lors des malaïgues, les conchyliculteurs enregistrent des baisses de vente qui sont dues à l'image qu'ont les consommateurs des produits. L'idée reçue est que les malaïgues rendent les coquillages impropres à la consommation car ils sont contaminés par des bactéries. Ceci est faux puisque les malaïgues tuent les coquillages à cause de l'absence d'oxygène dans la colonne d'eau, par contre ceux qui ne sont pas morts peuvent être consommés et commercialisés. Il y a donc une ambiguïté voire une confusion auprès du public entre mortalité des coquillages (malaïgue) et contamination

par des bactéries. Ainsi, des mesures de valorisation des produits de la lagune doivent être réalisées.

On peut ajouter qu'en corrélation avec l'émergence d'activités à visée pédagogique, il serait envisageable d'organiser des sentiers de découverte autour de la lagune, de proposer des soirées à thème sur la lagune pendant la période estivale (thèmes choisis : valeur patrimoniale, importance touristique, gastronomie locale, le rôle des suivis, l'engagement des collectivités pour assurer la qualité des eaux, qu'est ce qu'une malaïgue...). Il peut être intéressant d'engager les écoles du bassin-versant dans une exposition sur les atouts ou les métiers de la lagune, à laquelle parents et enseignants participeraient. Autant de mesures qui peuvent servir à informer le public sur les enjeux associés à la lagune et qui portent à connaissance le phénomène d'eutrophisation et de malaïgue.

Conclusion

Les acteurs scientifiques et les gestionnaires locaux collaborent pour tenter de trouver des solutions pour lutter contre l'eutrophisation et les malaïgues qui peuvent en résulter. En matière de gestion, la problématique de l'eutrophisation est envisagée selon une approche intégrée et concertée. Cette implication des acteurs s'exprime par la mise en place de mesures à deux échelles complémentaires, celle du bassin-versant et celle de la lagune.

CONCLUSION

Les espaces lagunaires méditerranéens sont d'une richesse exceptionnelle. Parmi eux, je me suis intéressé à un milieu lagunaire qui m'est familier. Le site de la lagune de Thau est caractérisé par de nombreux enjeux, ce qui lui confère une valeur particulière. Tout au long de ce travail de mémoire, j'ai tenté de démontrer, en adoptant un nouveau regard, que ce milieu constitue avant tout un patrimoine naturel unique qu'il est nécessaire de protéger et de conserver car il est exposé à des risques environnementaux. L'un des plus préoccupant reste associé au processus d'eutrophisation des eaux lagunaires, qui peut évoluer en crise dystrophique ou malaïgue. Ce processus engendre la dégradation de la qualité de l'eau, il menace les équilibres naturels de la lagune et les activités qui y sont associées, tels que la conchyliculture, la pêche et le tourisme. C'est donc essentiel d'y porter un intérêt.

La rencontre avec différents acteurs m'a permis d'approfondir mes connaissances et de constituer un réseau utile pour ma future vie professionnelle. Je me suis rendu compte que la problématique de l'eutrophisation était au centre des préoccupations. Les gestionnaires locaux ont opté pour une gestion intégrée et concertée. Ils s'appuient sur l'apport d'informations et de connaissances émises par les scientifiques, qui effectuent des suivis et qui mènent des recherches sur la lagune. Les partenaires intégrés au Réseau de Suivi Lagunaire ; Ifremer, le Cépralmar, le Pôle Relais Lagunes et d'autres, oeuvrent pour une prise de conscience et de connaissance du risque. En se servant de multiples outils, ils proposent des moyens d'aide à la gestion aux décideurs pour assurer une meilleure qualité des eaux. Ces derniers agissent à deux échelles complémentaires et indissociables : la lagune et le bassin-versant. L'enjeu est d'améliorer la qualité de l'eau, préserver l'écosystème et maintenir les activités traditionnelles pratiquées dans la lagune. Mais ne serait-il pas utile et efficace de compléter les mesures existantes par des actions de prévention et de sensibilisation du grand public ?

Il faut également rappeler que l'eutrophisation dépend à la fois de facteurs naturels et anthropiques. Les mesures adoptées en matière de gestion sur le territoire de Thau tentent de pallier aux conséquences liées aux activités humaines. Depuis quelques années, les membres du GIEC ont démontré que nous sommes actuellement dans un contexte de réchauffement climatique. Il est donc primordial de se poser des questions sur les choix qui guideront la mise en place d'actions futures.

Quels seront les nouveaux moyens de lutte contre l'amplification du processus d'eutrophisation, phénomène qui entretient une corrélation étroite avec le réchauffement du climat ?

Enfin, dans un site où de nombreux atouts sont présents, dans un économie où la productivité et la rentabilité sont maîtres ; ne risque t'on pas de donner la priorité aux activités touristiques et de reléguer au second plan les enjeux environnementaux ?

Références bibliographiques

Abadie E., Zouher A., Belin C., Comps M.A., Elzière-Papayanni P., Lassus P., Le Bec C., Marcaillou-le-baut C., Nezan E., Poggi R. (1999) – *Contamination de l'étang de Thau par Alexandrium tamarense. Episode de novembre a décembre 1998* – Ifremer, 45 p.

Albigès C., Pierre D., Saggioco M. (1991) – *Evaluation des apports en azote et en phosphore des bassins-versants. Application aux étangs du département de l'Hérault* – 35 p.

Aquascop. (2003) – *Caractérisation et principe de valorisation des zones humides périphériques de l'étang de Thau* – Conseil général de l'Hérault, 105 p.

Audouin J. (1962) – *Hydrologie de l'étang de Thau* – Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes (ISTPM), Volume 26, 100 p.

Barnaud G. (1991) – *Qu'est ce qu'une zone humide ?* – Compte rendu des avis d'experts, définitions scientifiques et juridiques, éd MNHN-ESNM, 10 p.

Carluer N., Gouy V., Gril J.J. (1996) – *Contamination des eaux par les produits phytosanitaires : apports de la modélisation* – Ingénieries EAT, n°6, pp 3-15.

Cemagref et IARE. (1994) – *Recherche et indicateur de niveaux trophiques dans les lagunes méditerranéennes* – Rapport Cemagref et IARE, Agence RMC, 113 p.

Chapelle A., Harzallah A. (2002-2003) – *Influence de la variabilité climatique sur l'apparition de crises anoxiques ou malaïques dans l'étang de Thau* – *Océanologica acta* (Elsevier), Volume 25, Issue 2, pp 79-86.

Chapelle A., Lazure P., Souchu P. (2001) – *Modélisation numérique des crises anoxiques dans la lagune de Thau* – *Océanologica acta*, 24 p.

Conseil Régional du Languedoc-Roussillon (1990) – *Les espaces lagunaires du Languedoc-Roussillon. Connaissance et aménagement.*- IARE, 85 p.

Dupré N. (2002) – *Rôle des rejets des stations d'épuration dans l'eutrophisation des lagunes du Languedoc-Roussillon* – Rapport de DES, pp.27-31.

Galewski T. (2008) – *Vers un observatoire des zones humides méditerranéennes : évolution de la biodiversité de 1970 à nos jours* – Tour du Valat, 37 p.

George P., Verger F. (2004) – *Dictionnaire de la géographie* – Puf.

Guelorget O. (1980) – *Les sites lagunaires du littoral méditerranéen français : Inventaire et typologie* – Bull Mens ONC NSP Sci Tech Nov, pp.15-24.

Guelorget et Perthuisot. (1983) – *Le domaine paraliq. Expressions géologiques, biologiques et économiques du confinement* – Presses de l'ENS, Paris, 136 p.

Guelorget O. (1985) – *Entre mer et continent. Contribution à l'étude du domaine paraliq* – Thèse de Doctorat, Univ-Montp II, pp.251-383.

Hamon P.Y., Vercelli C., Pichot Y., Lagarde F., Le Gall P., Oheix J. (2003) – *Les malaïgues de l'étang de Thau. Description des malaïgues. Moyens de lutte, Recommandations* – Rapport Ifremer, Tome 1, 65 p.

Hamon P.Y., Vercelli C., Pichot Y., Lagarde F., Le Gall P., Oheix J. (2004) – *Les malaïgues de l'étang de Thau. Relations entre les conditions physico-chimiques, la météorologie et les conditions d'apparition des crises dystrophiques* – Rapport Ifremer, Tome 2, 84 p.

Ifremer (2000) – *Mise à jour d'indicateurs du niveau d'eutrophisation des milieux lagunaires méditerranéens* – Rapport final-09-2000, (Tome I – 236p) (tome II – 196p)

Ifremer (2001) – *Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc-Roussillon*, Rapport RSL-2000, 80 p.

Ifremer (2002) – *Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc-Roussillon : Bilan des résultats 2001* – L'étang de Thau, Rapport RSL-02/2002, 47 p.

Ifremer (2002) – *Outil d'évaluation du niveau d'eutrophisation des milieux lagunaires* – 13 p.

Ifremer (2003) – *Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc-Roussillon : Bilan des résultats 2002* – L'étang de Thau, Rapport RSL-03/2003, 68 p.

Ifremer (2004) – *Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc-Roussillon : Bilan des résultats 2003* – L'étang de Thau, Rapport RSL-04/2004, 62 p.

Ifremer (2005) – *Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc-Roussillon : Bilan des résultats 2004* – L'étang de Thau, Rapport RSL-05/2005, 45 p.

Ifremer (2006) – *Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc-Roussillon : Bilan des résultats 2005* – L'étang de Thau, Rapport RSL-06/2006, 46 p.

Ifremer (2007) – *Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc-Roussillon : Bilan des résultats 2006* – L'étang de Thau, Rapport RSL-07/2007, 74 p.

Ifremer (2008) – *Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc-Roussillon : Bilan des résultats 2007* – L'étang de Thau, Rapport RSL-08/2008, 47 p.

Lacaze J.C. (1996) – *L'eutrophisation des eaux marines et continentales* – Ellipses, pp. 10-59 et pp. 140-162.

La Jeunesse I. (2001) – *Etude intégrée dynamique du phosphore dans le système du bassin-versant. Lagune de Thau* – Thèse Doctorat, 290 p.

Le Cœur C., Amat J.P., Dorize L. (2002) – *Eléments de géographie physique* – Bréal, pp.115-132.

Menesguen A., Souchu P., Aminot A., Belin C., Chapelle A., Guillaud J.F., Joanny M., Lefebvre A., Merceron M., Piriou J.Y. (2001) – *L'eutrophisation des eaux marines et saumâtres en Europe, en particulier en France* – Rapport Ifremer, 64 p.

Paskoff R. (2005) – *Côtes en danger* – L'harmattan, pp.22-42, pp.50-52, pp.205-225.

Pôle relais lagunes méditerranéennes (2009) – *Mieux gérer les lagunes méditerranéennes* – 62 p.

Pinot J.P. (1998) – *La gestion du littoral. Tome II. Littoraux tempérés : littoraux vaseux et embouchures* – Institut océanographique, pp.659-708.

Plus M. (2001) – *Etude et modélisation des populations de macrophytes dans la lagune de Thau (Hérault, France)* – Thèse de Doctorat, Univ. Paris VI, 369 p.

Programme Life. (2000-2001) – *Guide méthodologique de gestion des lagunes méditerranéennes* – Région Languedoc-Roussillon, 6 volumes, tome I (p.188), tome II (p.241), tome III (p.100), tome IV (p.109), tome V (p.201).

Rosello-Tournoud M.G. (1991) – *Analyse du comportement d'un écosystème lagunaire à diverses échelles de temps et d'espace. Application à l'étang de Thau* – Thèse de doctorat, Univ.Montp II, 210 p.

Souchu P., Abadie E., Vercelli C., Buestel D., Sauvagnargues J.C. (1998) – *La crise anoxique du bassin de Thau de l'été 1997. Bilan du phénomène et perspectives* – Rapport Ifremer, 33 p.

Souchu P., Deslous-Paoli J.M., Mazouni N., Juge C., Dagault F. (1998) – *Relations milieu-ressources : Impact de la conchyliculture sur un environnement lagunaire (Thau)* - *Oceanologica acta*, 12 p.

Souchu P., Vaquer A., Collos Y., Landrein S., Deslous-Paoli J.M., Bibent B. (2001) – *Influence of shellfish farming activities on the biogeochemical composition of the water column in Thau lagoon* – *Marine Ecology Progress Series (Inter-Research)*, Volume 218, pp.141-152.

Souchu P., Collos Y., Vaquer A., Gasc A., Bibent B., Pons V., Fouilland E., Descolas Gros C. (2002) – *Influence of nitrogen enrichment on size-fractionated in vitro carboxylase activities of phytoplankton from Thau Lagoon (Coastal Mediterranean Lagoon, France)*- *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology (Elsevier)*, Volume 275, 43 p.

Tournoud M.P et al. (1997) – *Suivi des apports du bassin-versant de l'étang de Thau et des échanges avec la mer par les canaux de Sète* – Rapport final. Contrat pour l'étang de Thau, 175 p.

Liens Internet

Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse : <http://www.eaurmc.fr/>

Cépralmar : <http://www.cepralmar.org/>

DIREN (Direction régionale de l'environnement Languedoc-Roussillon)

La directive cadre sur l'eau en Languedoc-Roussillon :

<http://www.languedoc-roussillon.ecologie.gouv.fr/loadPge.php?file=eau/dce.file>

La gestion intégrée :

http://www.languedoc-roussillon.ecologie.gouv.fr/loadPge.php?file=eau/gestion_integree.file

La qualité des milieux aquatiques :

<http://www.languedoc-roussillon.ecologie.gouv.fr/loadPge.php?file=eau/qualit%E9.file>

DRE Languedoc-Roussillon : www.languedoc-roussillon.ecologie.gouv.fr/

FOGEM (Forum des Observateurs et Gestionnaires des Etangs Méditerranéens du Languedoc-Roussillon)

<http://www.languedoc-roussillon.ecologie.gouv.fr/loadPge.php?file=eau/fogem/fogem.file>

Ifremer : <http://www.ifremer.fr/francais/index.php>

Station de Sète : <http://www.ifremer.fr/sete/>

INSEE : <http://www.insee.fr/fr/default.asp>

Musée de l'Etang de Thau : <http://www.bouzigues.fr/musee/francais/bouzigues-musee.html>

Natura 2000 : <http://www.natura2000.fr/>

Pôle Relais Lagunes Méditerranéennes : <http://www.pole-lagunes.org/>

Portail de la prévention des risques majeurs : <http://www.prim.net/>

RAPPEL (Regroupement des Associations Pour la Protection de l'Environnement)

<http://www.rappel.qc.ca/lac/qualite-de-l-eau.html>

Réseau de suivi lagunaire : <http://rsl.cepralmar.com/>

Section Régionale Conchylicole de Méditerranée : <http://www.srcm.fr/>

SIRENE :

Suez-environnement:

<http://www.suez-environnement.fr/fr/engagements/offres/services-aux-collectivites/sirene-pour-ameliorer-la-qualite-de-l-eau/>

Actu-environnement:

http://www.actu-environnement.com/ae/news/SIRENE_systeme_alerte_pollution_aquatique_etang_thau_5649.php4

SYSCOLAG (Systèmes Côtiers et Lagunaires) <http://www.syscolag.org/index2.htm>

Syndicat Mixte du Bassin de Thau : <http://www.smbt.fr/>

Système d'Information sur l'Eau du Bassin Rhône-Méditerranée :

<http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/>

Texte de loi : <http://www.legifrance-gouv.fr>

Thau Agglomération : <http://www.thau-agglo.fr/-Thau-Agglomeration-.html>

Tour du Valat : <http://www.tourduvalat.org/>

Table des matières

Remerciements	p.2
Sommaire	p.3
Introduction	p.5
I. <u>Généralités concernant l'écosystème des lagunes Méditerranéennes</u>	p.7
1.1. Le domaine paraliq... ..	p.8
1.1.1. Les lagunes : un milieu original	p.8
1.1.2. La diversité des milieux paraliq... ..	p.8
1.1.2.1. Définition	p.8
1.1.2.2. Les lagunes méditerranéennes	p.9
1.2. La formation des lagunes Méditerranéennes.....	p.11
1.3. Le mode de fonctionnement des lagunes Méditerranéennes	p.11
1.3.1. Le fonctionnement hydrologique	p.11
1.3.1.1. Le bilan hydrique	p.11
1.3.1.2. L'hydrodynamisme	p.12
1.3.1.3. L'action de régulation des écoulements de surface.....	p.13
1.3.2. Le fonctionnement écologique	p.13
1.3.3. Le rôle des sédiments	p.14
1.4. Les lagunes Méditerranéennes présentent de multiples intérêts	p.14
1.4.1. Un patrimoine écologique	p.14
1.4.2. Un attrait économique	p.15
1.4.3. Les statuts de protection des lagunes.....	p.15
1.5. Les menaces pesant sur les lagunes Méditerranéennes.....	p.16
1.5.1. Le comblement.....	p.16
1.5.2. L'eutrophisation	p.16
1.5.3. Les pollutions	p.17
Conclusion.....	p.17
II. <u>Une lagune Méditerranéenne unique : la lagune de Thau et son bassin-versant</u>	p.18
2.1. Une situation géographique comportant de nombreux atouts	p.19
2.1.1. Contexte géographique	p.19
2.1.2. La description géographique de la lagune de Thau.....	p.20
2.1.2.1. La lagune des Eaux Blanches.....	p.20

2.1.2.2. Le Grand Etang.....	p.20
2.1.3. La prise en compte du bassin-versant	p.21
2.1.3.1. La justification du choix de l'échelle.....	p.21
2.1.3.2. Les communes du bassin-versant	p.21
2.1.4. Les enjeux associés à ce site	p.23
2.2. L'influence des caractéristiques physiques sur la lagune de Thau et son bassin-versant.....	p.23
2.2.1. Le climat méditerranéen.....	p.23
2.2.1.1. Les températures	p.24
2.2.1.2. Le régime pluviométrique.....	p.24
2.2.1.3. Les vents	p.25
2.2.2. Contexte géologique	p.26
2.2.3. L'hydrologie de la lagune de Thau	p.26
2.2.3.1. Le fonctionnement hydrologique.....	p.26
2.2.3.2. Les paramètres physico-chimiques	p.28
2.2.3.2.1. La température de l'eau	p.29
2.2.3.2.2. La salinité de l'eau	p.29
2.2.3.2.3. L'oxygène dissous dans l'eau	p.29
2.2.3.2.4. Le pH.....	p.30
2.3. Les pratiques anthropiques conditionnent l'utilisation du bassin de Thau.....	p.30
2.3.1. L'urbanisation et l'accroissement de la pression démographique à l'échelle du bassin-versant.....	p.30
2.3.2. L'occupation de la surface du bassin-versant.....	p.31
2.3.2.1. Les activités pratiquées sur le bassin-versant	p.31
2.3.2.2. Les activités pratiquées sur la lagune.....	p.31
2.4. La lagune de Thau : un milieu riche et fragile	p.32
2.4.1. Un patrimoine écologique exceptionnel	p.32
2.4.2. Les mesures de protection juridiques et de classement de la lagune de Thau	p.33
Conclusion.....	p.35

III. Le phénomène d'eutrophisation des lagunes Méditerranéennes : un risque majeur pour la lagune de Thau p.36

3.1. Les mécanismes du processus d'eutrophisation	p.37
3.1.1. Définition	p.37
3.1.2. Une variabilité à la fois temporelle et spatiale.....	p.38
3.1.2.1. Variabilité saisonnière	p.38
3.1.2.2. Variabilité spatiale	p.39

3.1.3. Du processus d'eutrophisation à la crise anoxique.....	p.43
3.1.3.1. Les conditions de formation	p.43
3.1.3.2. Les conditions de propagation	p.44
3.1.3.3. Les conditions de dissipation	p.44
3.2. L'étude des causes de l'eutrophisation dans le bassin de Thau.....	p.44
3.2.1. L'eutrophisation dépend de causes naturelles.....	p.44
3.2.1.1. La météorologie : un facteur physique	p.45
3.2.1.2. Les caractéristiques propres du milieu	p.46
3.2.2 ...Mais pas seulement, l'eutrophisation est influencée par les activités anthropiques.....	p.46
3.2.2.1. Les rejets d'origine domestiques et urbains.....	p.47
3.2.2.2. Les rejets industriels	p.50
3.2.2.3. Les rejets agricoles	p.50
3.2.2.4. Les rejets liés aux activités portuaires	p.51
3.2.2.5. Les rejets liés à l'activité conchylicole.....	p.51
3.3. Les impacts néfastes de l'eutrophisation sur le bassin de Thau	p.52
3.3.1. La détérioration de la qualité des eaux	p.53
3.3.1.1. Au niveau physique.....	p.53
3.3.1.2. Au niveau chimique.....	p.53
3.3.2. Les usages de l'eau	p.53
3.3.3. La perte de biodiversité par asphyxie du milieu.....	p.54
3.3.4. L'impact sur les activités humaines.....	p.54
3.3.4.1. Le tourisme.....	p.54
3.3.4.2. La pêche et la conchyliculture.....	p.54
Conclusion.....	p.61

IV. La nécessité d'un suivi de l'eutrophisation dans la lagune de Thau p.62

4.1. Une surveillance appliquée aux lagunes.....	p.63
4.1.1. Le rôle de la surveillance	p.63
4.1.2. Ifremer : un des acteurs incontournables pour la surveillance de la lagune de Thau	p.64
4.1.2.1. Les missions de surveillance à l'échelle nationale.....	p.64
4.1.2.2. Les missions de surveillance à l'échelle régionale et locale	p.67
4.1.2.3. Les missions dans le cadre de la « recherche et développement »	p.69
4.2. Les méthodes pour assurer le suivi de l'eutrophisation	p.70
4.2.1. Les analyses du diagnostic de l'eutrophisation.....	p.70
4.2.1.1. Les compartiments.....	p.70

4.2.1.2. Les paramètres	p.71
4.2.1.3. Bilan	p.71
4.2.2. La méthodologie du diagnostic de l'eutrophisation	p.72
4.2.2.1. L'outil de diagnostic des états de l'eutrophisation	p.72
4.2.2.2. Des grilles de qualité des eaux pour les différents compartiments.....	p.73
4.2.3. Le matériel utilisé.....	p.75
4.3. Les résultats sur la lagune de Thau : collecte des données et interprétation.....	p.76
4.3.1. La collecte des données.....	p.76
4.3.1.1. La collecte des données en 2006.....	p.76
4.3.1.2. La collecte des données du Réseau de Suivi Lagunaire pour la lagune de Thau : 2000 – 2007	p.81
4.3.2. Interprétation des suivis : qualités et défauts	p.82
4.3.2.1. L'intérêt de ces suivis	p.82
4.3.2.2. Les limites de ces suivis.....	p.83
Conclusion.....	p.84

**V. Les actions mises en place et les perspectives dans la gestion du phénomène
d'eutrophisation pour la lagune de Thau et son bassin-versant p.85**

5.1. Les mesures adoptées pour la lutte contre l'eutrophisation de la lagune de Thau.....	p.86
5.1.1. Les documents d'orientation et de planification à l'échelle du bassin- versant de Thau.....	p.86
5.1.2. Les interventions sur le bassin-versant de Thau.....	p.87
5.1.2.1. Réduire les rejets urbains	p.87
5.1.2.2. Réduire les rejets agricoles.....	p.88
5.1.2.3. Réduire les rejets liés à l'activité conchylicole	p.89
5.1.3. Les interventions sur la lagune	p.89
5.1.3.1. Un système d'alerte en temps réel.....	p.89
5.1.3.2. Projets liés à l'activité conchylicole	p.90
5.2. Perspectives : les mesures à envisager.....	p.92
Conclusion.....	p.94

CONCLUSION p.95

BIBLIOGRAPHIE	p.97
LIENS INTERNET	p.101
TABLE DES MATIERES	p.103
GLOSSAIRE	p.108
LISTE DES SIGLES EMPLOYES	p.111
LISTE DES FIGURES	p.113
LISTE DES PHOTOGRAPHIES	p.113
LISTE DES CARTES	p.114
LISTE DES TABLEAUX	p.115
ANNEXES	p.116

Glossaire

Aérobic : Organismes vivant en présence d'oxygène dissous.

Anaérobic : Organismes vivant dans un milieu sans oxygène dissous.

Anoxie : Absence d'oxygène gazeux dissous dans l'eau. (Source : Lacaze, 1996)

Anthropique : Qui relève de l'action de l'homme.

Bactérie : Organisme de très petite taille qui recycle la matière organique.

Bassin-versant : Espace géographique occupé par un cours d'eau et ses affluents. C'est une unité de collecte des eaux de pluie à la surface et de stockage de cette eau dans les nappes. La lagune en est le réceptacle.

Biocénose : Ensemble des espèces animales et végétales en dépendance réciproque, vivant dans un milieu, le biotope.

Biodiversité : Ensemble des êtres vivants qui composent la totalité des écosystèmes.

Biotop : C'est un espace défini qui accueille la biocénose.

Conchyliculture : Activité d'élevage de coquillages.

Détroquage : En ostréiculture, l'action de détacher les huîtres de leur support.

Dystrophie : Perturbation de la chaîne alimentaire et déséquilibre entre les organismes à cause d'un milieu enrichi en matières nutritives.

Ecosystème : C'est une unité fonctionnelle où s'opèrent des échanges d'énergie par le biais des chaînes alimentaires. L'énergie initiale est apportée par le soleil. C'est un espace qui fait parti de la biosphère et dans lequel on trouve une biocénose et un biotope.

Ecotone : Zone de contact entre deux écosystèmes, ils sont souvent caractérisés par une richesse biodiversité.

Enjeux : Eléments sous la menace d'un phénomène naturel et susceptibles d'en subir les préjudices. Ce sont des personnes, des biens, des activités, du patrimoine...

Eutrophisation : Phénomène caractérisé par un déséquilibre écologique avec, au départ, une fertilisation excessive en éléments minéraux et organiques d'origine anthropique. Ceci entraîne une forte augmentation de la production organique de la couche superficielle, sa décomposition ultérieure dans la couche sous-jacente diminue, voire annule la teneur en oxygène gazeux dissous. (Source : Lacaze, 1996)

Graus : C'est une ouverture dans un cordon littoral qui permet de mettre en communication les eaux de la lagune avec celles de la mer.

Haliéutique : Exploitation des ressources vivantes aquatiques.

Lagune : C'est un plan d'eau séparé de la mer par un cordon littoral appelé lido. La communication avec la mer est réalisée par un grau, de manière temporaire ou permanente. A laquelle s'ajoute les apports du bassin-versant. (Source : Pôle relais lagunes) Les lagunes font parties du milieu paraliq. (Guelorget et Perthuisot, 1984)

Littoral : Il est matérialisé par le « trait de côte » qui sépare les eaux des terres. C'est une bande à l'intérieur de laquelle le contact terre-mer se déplace continuellement.

Malaïque : C'est une crise anoxique liée à l'eutrophisation résultant de conditions météorologiques et environnementales particulières. (Source : Ifremer)

Mytiliculture : Elevage de moules.

Ostréiculture : Elevage d'huîtres.

Paraliq : Milieu aquatique qui est un espace de transition entre le domaine continental et marin. Ce peut être des lagunes, des baies, des estuaires, des marais maritimes ou salants, des fjords...

Prévention : Ensemble des dispositions visant à annuler le risque ou réduire les impacts d'un phénomène naturel : connaissance des aléas, réglementation de l'occupation des sols, mesures actives et passives de prévention, information des populations. (Source : prim.net)

Progradation : Avancée des terres sur la mer.

Risque : C'est la perception d'un danger plus ou moins prévisible par les sociétés, qui est non réalisé et qui repose sur une menace ou une potentialité de perte.

Saumâtre : Qualifie des eaux qui ont une salinité intermédiaire entre l'eau douce et l'eau salée.

Transgression marine : Elévation du niveau marin, avancée de la mer sur les terres.

Turbidité : Diminution de la transparence de l'eau car le nombre de matières en suspension croît.

Vulnérabilité : C'est la plus ou moins grande sensibilité à un aléa. Elle dépend de la capacité d'adaptation, de résistance et de résilience. La vulnérabilité peut être socio-économique et environnementale dans le cas des malaïgues.

Würm : Quatrième période glaciaire selon le schéma de Penck et Brückner, pendant laquelle les glaciers de la chaîne alpine ont déposé des moraines.

Liste des sigles employés

Agence RMC : Agence Rhône-Méditerranée-Corse

BCEOM : Bureau Central des Etudes De l'Outre Mer (Egis BCEOM International)

BP : Before Present

CABT : Communauté d'Agglomération du Bassin de Thau

CCNBT : Communauté de Communes du Nord du Bassin de Thau

CEMAGREF : Institut de recherche finalisée de référence pour la gestion durable des eaux et des territoires

Cépralmar : Centre d'études et de promotions des activités lagunaires et maritimes

CGH : Conseil Général de l'Hérault

CRNS : Centre national de la recherche scientifique

DCE : Directive Cadre sur l'Eau européenne

EH : Equivalent Habitant

ENGREF : Ecole nationale du génie rural, des eaux et des forêts

EPCI : Etablissement Public de Coopération Intercommunale

GIEC : Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

IARE (Institut des Aménagements Régionaux et de l'Environnement)

Ifremer : Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer

IGN : Institut Géographique National

INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques

IRD : Institut de Recherche pour le développement

Ppm : Partie par millions

REMI : Réseau Microbiologique

REMORA : Réseau Mollusques et Rendements Aquacoles

REPAMO : Réseau de Pathologie des Mollusques

REPHY : Réseau Phytoplanctonique

RINBIO : Réseau Intégrateur Biologique

RNO / ROCCH : Réseau National d'Observation

RSL : Réseau de Suivi Lagunaire

SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau

SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SMBT : Syndicat Mixte du bassin de Thau

SMVM : Schéma de Mise en Valeur de la Mer

SRCM : Section Régionale de la Conchyliculture de la Méditerranée

ZICO : Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux

ZNIEFF : Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique

ZPS : Zone de Protection Spéciale (Directive Oiseaux)

ZSC : Zones Spéciales de Conservation (Directive Habitats)

Liste des figures

Figure 1 : Le fonctionnement hydrologique d'une lagune	p.12
Figure 2 : Le cycle biologique d'une lagune	p.14
Figure 3 : Rose des vents de la station de Sète	p.26
Figure 4 : Le développement des anoxies à partir du fond de la lagune de Thau	p.40
Figure 5 : Schéma d'apparition des malaïgues dans la lagune de Thau, à partir d'un foyer profond	p.41
Figure 6 : Schéma d'apparition des malaïgues dans la lagune de Thau, à partir du bord	p.41
Figure 7 : Le développement des anoxies à partir des bordures de la lagune de Thau	p.42
Figure 8 : Evolution de la saturation en oxygène et des températures dans les eaux de surface de la lagune de Thau, en 1993.....	p.45
Figure 9 : Schéma représentant le rôle des épandages pour l'eutrophisation	p.51
Figure 10 : Répartition des concentrations d'oxygène par rapport à la saturation dans les eaux de fond de la lagune de Thau – 5 septembre 1997	p.56
Figure 11 : Représentation des tables touchées par des mortalités suite à la malaïgue de 1997.....	p.57
Figure 12 : Les cinq états vis à vis de l'eutrophisation	p.73
Figure 13 : Localisation des zones conchylicoles à réaménager dans le bassin de Thau	p.91
Figure 14 : Schéma d'aménagement des apports issus du bassin-versant	p.92

Liste des photographies

Photographie 1 : Malaïgue de bord -2006-.....	p.42
Photographies 2 : 1- Prélèvement dans la colonne d'eau, 2- Relevé des températures et de la salinité de l'eau	p.76
Photographies 3 : Malaïgue 2006 sur la lagune de Thau – 24 juillet 2006	p.79

Liste des cartes

Carte 1 : Localisation des lagunes dans la région Languedoc Roussillon	p.10
Carte 2 : Localisation de la lagune de Thau à l'échelle nationale	p.19
Carte 3 : Unités géographiques de la lagune de Thau	p.21
Carte 4 : Les communes du bassin-versant de Thau	p.22
Carte 5 : Le réseau hydrographique du bassin-versant de Thau	p.27
Carte 6 : Répartition spatiale des tables conchylicoles	p.32
Carte 7 : Surface bâtie des communes du SCOT de Thau en 1981	p.48
Carte 8 : Surface bâtie des communes du SCOT de Thau en 1995	p.48
Carte 9 : Surface bâtie des communes du SCOT de Thau en 2005	p.49
Carte 10 : Evaluation de l'impact de la malaïgue de 2006 sur la zone A	p.58
Carte 11 : Evaluation de l'impact de la malaïgue de 2006 sur la zone B	p.59
Carte 12 : Evaluation de l'impact de la malaïgue de 2006 sur la zone C	p.60
Carte 13 : Localisation des stations de suivi sur la lagune de Thau	p.67
Carte 14 : Localisation des points de mesure du Suivi préventif malaïgue sur la lagune de Thau en 2008.....	p.69
Carte 15 : Représentation spatiale de l'oxygène en surface de la lagune de Thau, le 27 juillet 2006.....	p.80
Carte 16 : Représentation spatiale de l'oxygène au fond de la lagune de Thau, le 27 juillet 2006	p.81
Carte 17 : Stations de mesure sur la lagune de Thau	p.82

Liste des tableaux

Tableau 1 : Répartition des lagunes Méditerranéennes par région	p.10
Tableau 2 : Moyennes mensuelles des températures sur la lagune de Thau 1994-2003	p.24
Tableau 3 : Moyennes des précipitations sur la lagune de Thau	p.25
Tableau 4 : Présentation des espèces de faune aquatique pour la lagune de Thau	p.33
Tableau 5 : Présentation des espèces de flore aquatique pour la lagune de Thau	p.33
Tableau 6 : Recensement de zones protégées et classées sur le bassin de Thau	p.34
Tableau 7 : L'évolution de l'étalement urbain pour les communes du SCOT de Thau	p.47
Tableau 8 : Evaluation des apports annuels en azote et phosphore dans la lagune de Thau	p.52
Tableau 9 : Evaluation des pertes de coquillages en 1975	p.55
Tableau 10 : Estimation du nombre de tables conchylicoles touchées	p.56
Tableau 11 : Données mesurées par le ROCHH	p.65
Tableau 12 : Données mesurées par le RINBIO	p.65
Tableau 13 : Données mesurées par le REMI	p.65
Tableau 14 : Données mesurées par le REPHY	p.66
Tableau 15 : Les compartiments et les paramètres mesurés dans le diagnostic de l'eutrophisation pour la lagune de Thau	p.71
Tableau 16 : Grille de diagnostic pour les sédiments	p.73
Tableau 17 : Grille de lecture de la colonne d'eau	p.74
Tableau 18 : Grille de diagnostic du phytoplancton	p.74
Tableau 19 : Grille de diagnostic pour la macro faune	p.74
Tableau 20 : Grille de diagnostic simplifié pour les macrophytes	p.74
Tableau 21 : Planche de diagnostic global de l'écosystème vis à vis de l'eutrophisation	p.75
Tableau 22 : Grille de la colonne d'eau pour les stations de fond et de surface, à l'ouest de la lagune de Thau.....	p.77
Tableau 23 : Grille de la colonne d'eau pour les stations de fond (TEF)et de surface (TES), à l'est de la lagune de Thau	p.78
Tableau 24 : Grille du phytoplancton pour les stations de la lagune de Thau	p.78
Tableau 25 : Bilan des diagnostics de l'eutrophisation dans la lagune de Thau 2000-2007 ..	p.82

Table des annexes

Annexe 1 : Présentation des lagunes du Languedoc-Roussillon.....	p. 117
Annexe 2 : Les stations d'épuration du bassin-versant de Thau	p.120
Annexe 3 : Evolution de la population et de la surface bâtie sur l'ensemble des communes du bassin de Thau	p.121
Annexe 4 : Quelques substances polluantes enregistrées dans les eaux lagunaires	p.122
Annexe 5 : Tableau comparatif des lagunes oligotrophes et eutrophes	p.123
Annexe 6 : Foyers et étendues des malaïgues de la lagune de Thau en 1982, 1997 et 2003.....	p.124
Annexe 7 : Suivi de l'épisode de la malaïgue 2006 dans la lagune de Thau, par le biais de la presse	p.125
Annexe 8 : Déclenchement d'une procédure de reconnaissance au titre de calamité agricole (suite à la malaïgue de 2006 dans la lagune de Thau)	p.131
Annexe 9 : Proposition de mesures pour remédier au problème des malaïgues sur la lagune de Thau. (Cépralmar, Ifremer, SRCM, SMBT et CG 34).....	p.132
Annexe 10 : Une nécessité de mieux informer le grand public (vision d'un conchyliculteur)	p.137

Annexe 1 : Présentation des lagunes du Languedoc-Roussillon

Noms des lagunes	Localisation	Statut	Superficie	Profondeur	Problématique dominante - Menaces	Connexion(s) avec la mer	Bassin versant et apports	Activités
Etang de Canet-St Nazaire	Pyrénéens Orientales	Propriété du Conservatoire du Littoral Natura 2000-ZNIEFF - ZICO	600 ha	moy: 0,3 m max: 1,1 m	Problème de comblement Problème d'eutrophisation	Grau unique et fonctionnant de manière intermittente (la Basse)	260 Km ² Cours d'eau: la Fosseille, le Réart, l'Agouille de la mar...	Pêche professionnelle
Etang de Salses-Leucate	P-O / Aude	ZNIEFF - ZICO Natura 2000	5400 ha	moy: 2 m max: 5 m	Occasionnellement toxicité du phytoplancton (Dinophysis)	3 graus artificiels: grau des conchyliculteurs, grau de St Ange grau de Port Leucate	160 Km ² Apports d'origine karstiques Ruisseaux intermittents	Conchyliculture Pêche et aquaculture Activités nautiques
Etang de La Palme	Aude	Parc Naturel Régional de la Narbonnaise ZNIEFF - ZICO - Natura 2000	600 ha	moy: 0,7 m max: 1,5 m	Problème de comblement (partie Sud) Pollution à l'Ammonium (recensée depuis 2003)	Grau naturel temporaire (Franqui)	65 Km ² Apports d'origine karstiques	Salins Pêche Activités nautiques
Complexe lagunaire du Narbonnais								
Etang de Bages-Sigean	Aude	Parc Naturel Régional de la Narbonnaise ;Natura 2000	3700 ha	moy: 1,3 m max: 3 m	Problème d'eutrophisation Pollution chimique et biologique	Grau de Port-la-Nouvelle	443 Km ² Canal de la Robine par le Canérou	Pêche lagunaire Activités nautiques
Etang de Gruissan	Aude		145 ha	moy: 0,5 m max: 1,2	Confinement: échanges hydrauliques faibles, salinité élevée	Chenal de Grazel (artificiel)	100 Km ² Résurgences, peu d'apports du BV	
Etang de Campagnol	Aude	Natura 2000	150 ha	moy: 0,5 m max: 1 m	Problème d'eutrophisation Confinement: échanges hydrauliques faibles	Grâce à l'Etang de l'Ayrolle et à un canal de l'Etang de Gruissan	Canal de la Réunion	
Etang de l'Ayrolle	Aude	Natura 2000	1320 ha	moy: 0,5 m max: 1,5 m	Confinement: échanges hydrauliques faibles salinité élevée	Grau naturel de la Vielle Nouvelle	Résurgences	
Zones humides de la Basse Vallée de l'Aude								
Etang de Vendres	Aude	Natura 2000	1800 ha	moy: 0,5 m max: 1,5 m	Confinement: échanges hydrauliques faibles Problème d'eutrophisation	Grau du Chichoulet (vanne)	65 Km ²	
Etang de la Matte	Aude		350 ha		Confinement: salinité élevée			
Etang de Pissevache	Aude	Propriété du Conservatoire du Littoral Natura 2000		moy: 0,5		Grau naturel (fermé)	29 Km ² Apports d'origine karstiques Canaux de drainage de l'Aude	
Lagune de Thau et zone humide du Bagnas								
Lagune de Thau	Hérault	ZNIEFF-ZPS-Natura 2000	7500 ha	moy: 4,5 m max: 30 m	Problème d'eutrophisation - Malaïgue	Canal de Sète Grau de Pisse-Saumes Canal des Quilles	300 - 400 Km ² Canal du Midi et du Rhône à Sète Résurgence et cours d'eau	Conchyliculture Pêche Activités nautiques
Etang du Bagnas	Hérault	Réserve naturelle nationale Natura 2000 ZNIEFF - ZICO - ZPS - ZSC	150 ha	moy: 0,4 m max: 1,3 m	Problème de comblement de ses canaux et roubines	Par la lagune de Thau	1210 ha (hors bassin versant de l'Hérault et du canal du Midi) Canal du Midi et lagune de Thau	Découverte nature

Noms des lagunes	Localisation	Statut	Superficie	Profondeur	Problématique dominante - Menaces	Connexion(s) avec la mer	Bassin versant et apports	Activités
Le complexe lagunaire Palavasien (9 lagunes)			4000 ha					
La Peyrade	Hérault		45 ha	moy: 0,3 m max: 0,5 m		Confinement plus ou moins important :	600 Km ²	Pêche traditionnelle Activités nautiques Trafic fluvial (Canal du Rhône à Sète)
Les Mouettes		ZICO	41 ha	moy: 0,2 m max: 0,4 m				
Ingril		ZNIEFF	685 ha	moy: 0,6 m max: 1,2 m	Problème d'eutrophisation	- L'Etang d'Ingril possède un grau à Frontignan	Cela comprend :	
Vic		ZNIEFF	1255 ha	moy: 1,1 m max: 1,7 m	Problème de comblement (Au XVII, ces 9 étangs étaient accolés, formant qu'une seule lagune)	- L'Etang du Prévost possède un grau à Palavas	- Le bassin versant Lez-Mosson	
Pierre-Blanche			370 ha	moy: 0,4 m max: 0,9 m			- Le bassin versant du massif karstique de la Gardiole	
Arnel		ZNIEFF - ZICO	580 ha	moy: 0,3 m max: 0,5 m			Problème de cabanisation	
Prévost		ZNIEFF - ZICO	295 ha	moy: 0,8 m max: 1 m				
Méjean-Pérois		ZNIEFF - ZICO	750 ha	moy: 0,7 m max: 1,2 m				
Grec				270 ha	moy: 0,25 m max: 0,8 m			
Etang de l'Or								
Lagune de l'Or	Hérault	ZNIEFF - ZICO Natura 2000 - RAMSAR	3170 ha	moy: 0,8 m max: 1,3 m	Problème d'eutrophisation Tendance au comblement, Cabanisation	Grau de Carnon	410 Km ² , Canal du Rhône à Sète Cours d'eau (Vidourle...)	Pêche professionnelle
Complexe de la Petite Camargue Gardoise (6891 ha de lagunes + 14602 ha de zones humides)								
Etang du Scamandre	Gard	ZPS - ZNIEFF - ZICO Natura 2000	570 ha	moy: 1 m max: 2 m (Ponant: 5 m)	Problème d'érosion du trait de côte Problème de confinement - salinité des lagunes élevée	Chenal maritime d'Aigue Morte au Grau du Roi	Bassin versant des Etangs de Camargue : 48 355 ha Canaux : Canal du Rhône à Sète Canal de la Capette	Pêche traditionnelle
Etang du Chamier			490 ha					
Etang du Crey			85 ha					
Etang de la Marette			130 ha					
Etang du Ponant			200 ha					
Etang du Médard			180 ha					
Etang d'Icard			130 ha					
Etang du Cabri			65 ha					
Etang des Fourneaux			330 ha					
Etangs de Rollan, de l'Arameau, de Montblancard et les Sallants			1980 ha					
Etang du Repaus			860 ha					
Etang du Roi (Plaine de St Jean)			865 ha					
Etangs de la Cadite et du Lairant (Plaine l'Abbé)			2290 ha					
Etang de la Ville			1890 ha					

Etang du Repausset levant	330 ha
Etangs des Saintes Marie de la Mer	

LEGENDE :

ZPS : Zone de Protection Spéciale
ZNIEFF : Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique
ZICO : Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux

ha : Hectare
m : Mètre

Sources : Pôle relais lagunes, Ifremer et DRE Languedoc-Roussillon

Annexe 2 : Les stations d'épuration du bassin-versant de Thau

<i>Station d'épuration</i>	<i>Communes</i>	<i>Maître d'ouvrage</i>	<i>Exploitant</i>	<i>Capacité</i>	<i>Traitement appliqué à l'eau</i>	<i>Milieu récepteur</i>	<i>Industries connectées</i>	<i>Mesures/an</i>
BALARUC LES BAINS- SETE	Balaruc les Bains Balaruc le Vieux Frontignan Sète	CABT	SDEI Centre régional provence	135000EH	Eaux usées: Décantation primaire, boues activées, filière spécifique, prétraitements physiques. Boues: Déshydratation mécanique et thermique Incinération et épauississement Graisses: Incinération et égouttage Sables: Décharge et égouttage Refus de dégrillage: incinération et égouttage	Mer Méditerranée	Centres commerciaux Cave coopérative de vinification du muscat de Frontignan Centre familial du Lazaret Centre hospitalier Lycée technique Joliot	12
BOUZIGUES	Bouzigues et Poussan	CCNBT	CCNBT	6700 EH	Lagunage naturel	Lagune de Thau		12
COURNONSEC	Cournonsec			1500 EH		La Vène - Lagune de Thau		
GIGEAN	Gigean	CABT	SOC Distrib eau intercommunale	6000 EH	Lagunage naturel	La Vène - Lagune de Thau	SARL Frgexquis Midi Tielles	11
MARSEILLAN plage Onglous	Marseillan	CABT	SDEI Centre régional provence	7000 EH	Lagunage naturel (traitement biologique extensif)	Les eaux usées sont dirigées vers le lagunage des Pradels	FE industrie	12
MARSEILLAN les Pradels	Marseillan	CABT	Lyonnaise des eaux de France	32000 EH	Lagunage naturel (prétraitements physiques)	Canal de Listel Lagune de Thau	Bacardi-Mariti production	12
MEZE	Loupian et Mèze	CCNBT	CCNBT	11700 EH	Décantation primaire, lagunage naturel (prétraitements physiques)	Lagune de Thau	Bessière SA Domaine de Bellemare	12
MIREVAL	Mireval	CABT	Veolia eau CIE générale des eaux	4000 EH	Eaux usées : Boues activées, aération prolongée prétraitements physiques Boues : valorisation agricole	Ruisseau de la Canabière		12
MONTBAZIN	Montbazin	CABT	CCNBT	2700 EH	Lagunage naturel	Ruisseau La Vène Lagune de Thau		0
POMEROLS	Pinet - Pomerols	SITEU	Lyonnaise des eaux de France	4700 EH		Ruisseau le Soupié Lagune de Thau		10
VILLEVEYRAC	Villeveyrac	CABT	CCNBT	3500 EH	Eaux usées: Décantation primaire, lagunage naturel, lit bactérien, faible charge, prétraitements physiques Boues: Déshydratation naturelle, valorisation agricole	Ruisseau des près bas Le Pallas Lagune de Thau		11
VIC LA GARDIOLE	Vic la Gardiole	CABT	SDEI Centre régional provence	5000 EH	Lagunage naturel (prétraitements physiques)	Ruisseau la Roubine		12

Source : **Système d'information sur l'eau du Bassin Rhône Méditerranée**

Sigles :
CABT : Communauté d'agglomération du bassin de Thau
CCNBT : Communauté de communes du nord du bassin de Thau
SITEU : Syndicat intercommunal de traitement des eaux usées de Pinet - Pomerols
 EH : Equivalent Habitant

Annexe 3 : Evolution de la population et de la surface bâtie sur l'ensemble des communes du bassin de Thau

Communes du bassin-versant	Code	Population recensée			Evolution population 1990-2006 (%)	Surface bâtie en hectare (arrondi)			Evolution de la surface bâtie 1981-2005 (%)
		1990	1999	2006		1981	1995	2005	
Marseillan	34 340	4 950	6 199	7 513	34	278	436	505	45
Mèze	34 157	6 502	7 630	10 135	36	200	360	477	58
Loupian	34 143	1 289	1 483	2 093	38	53	80	99	46
Bouzigues	34 039	907	1 208	1 500	40	68	51	25	-2
Villeveyrac	34 341	1 842	2 211	2 795	34	58	102	139	58
Poussan	34 213	3 505	4 044	4 633	24	98	187	267	63
Montbazin	34 165	2 062	2 214	2 741	25	37	69	94	61
Balaruc-les-Bains	34 023	5 013	5 688	6 329	21	143	233	278	49
Balaruc-le-Vieux	34 024	1 065	1 802	2 052	48	26	89	114	77
Gigean	34 113	2 529	3 552	5 019	50	34	117	192	82
Frontignan	34 108	16 245	19 145	22 672	28	513	743	807	36
Sète	34 301	41 510	39 542	43 665	5	829	963	1 007,52	18
Mireval	34 159	2 355	3 049	3 185	26	38	86	103	63
Vic-la-Gardiole	34 333	1 607	2 464	2 889	44	53	126	171	69
Pomerols	34 207	1 584	1 696	1 997	21				
Pinet	34 203	904	990	1 225	26				

Sources : *INSEE et SMT*

Résumé

Mots-clés : *lagune, eutrophisation, crise dystrophique, malaïgue, suivi, gestionnaires.*

Les lagunes méditerranéennes sont des écosystèmes aquatiques littoraux complexes. A la fois riches et vulnérables, elles sont menacées par des risques environnementaux. Ce mémoire sera consacré à la problématique de l'eutrophisation d'une lagune méditerranéenne, en prenant le cas de la lagune de Thau située en France, dans le département de l'Hérault. Favorisé par des facteurs naturels et amplifié par les pratiques de l'homme, à l'échelle du bassin-versant et de la lagune, ce processus d'enrichissement des eaux en éléments nutritifs peut évoluer vers des crises dystrophiques ou malaïgues. Une surveillance de la qualité des eaux de la lagune s'effectue par le biais du Réseau de Suivi Lagunaire et du Suivi Préventif Malaïgue. Ces suivis sont complétés par des recherches scientifiques, lesquelles sont destinés à venir en aide aux gestionnaires. Ces derniers mettent en place des mesures pour assurer une meilleure qualité des eaux et préserver tout un écosystème dont dépendent un bon nombre d'activités, comme la conchyliculture, la pêche ou le tourisme. L'utilité et l'efficacité de ces actions sont mises en question.

Abstract

Key-words : *coastal lagoon, eutrophication, crisis dystrophique, malaïgue, follow-up, administrators.*

The Mediterranean lagoons are complex littoral aquatic ecosystems. Rich and vulnerable at the same time, they are threatened by environmental risks. This report will focus on the problem of Mediterranean lagoon eutrophication, by taking the case of the lagoon of Thau located in the French "department of *Hérault*". Increased by natural factors and amplified by man's practices at the pond-hillside and the lagoon scale, this process of waters' enrichment through nourishing elements can evolve towards crisis dystrophiques or malaïgues. A supervision of the lagoon's waters' quality is leading through "the Network of Follow-up Lagunaire and the Follow-up Préventive Malaïgue". These follow-ups are completed by scientific researches, which are intended to help the administrators. These scientific methods set up measures which certify a better quality of waters and preserve the whole ecosystem upon which depends a bunch of activities, like shellfish farming, fishing or tourism. The usefulness and the efficiency of these actions are questioned.