

# Défi eutrophisation des lagunes littorales du Languedoc-Roussillon

-

Etude réalisée dans le cadre du 8<sup>ème</sup> programme de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse



Document réalisé par le Cépralmar



# Défi eutrophisation des lagunes littorales du Languedoc-Roussillon

-

Etude réalisée dans le cadre du 8<sup>ème</sup> programme de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse

Document réalisé par le **Cépralmar**



# RESUME

—

Dans le cadre du 8<sup>ème</sup> programme de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse, des estimations des apports ponctuels et diffus en azote et phosphore issus de cinq bassins versants de lagunes du Languedoc-Roussillon ont été effectuées (Or, palavasiens, Thau, Bages-Sigean, Canet Saint-Nazaire). Ces estimations montrent que les rejets des stations d'épuration associées parfois aux ruissellements des terres à vocation agricole représentent les principales sources d'apports en nutriments.

Des relations significatives (ANOVA ;  $p < 0,05$ ) entre les estimations des apports en azote et en phosphore exprimées par unité de volume de lagune et les concentrations moyennes en azote et phosphore mesurées dans la colonne d'eau des lagunes ont été mises en évidence. Ces relations pourront être améliorées par l'amélioration des connaissances en matière d'estimation des apports diffus et par le développement de modèles hydrodynamiques sur les milieux lagunaires.

A partir des relations définies, des extrapolations ont permis d'évaluer la réduction des apports des bassins versants nécessaire afin d'envisager la restauration significativement de l'état d'eutrophisation des lagunes.

Diverses projections (accroissement de la population, traitement poussé de l'azote et du phosphore au niveau des stations d'épuration, exportation des rejets des stations d'épuration en dehors des bassins versants) ont permis d'évaluer l'impact potentiel de différents aménagements sur la qualité vis-à-vis de l'eutrophisation des milieux lagunaires étudiés.

Il ressort de cette étude qu'une réduction drastique des apports des bassins versants apparaît nécessaire dans le but de restaurer l'état d'eutrophisation des lagunes les plus dégradées. Une fois que les principaux apports en nutriments auront été réduits, des mesures accompagnatrices pourraient être mises en œuvre dans le but d'accélérer la restauration des milieux lagunaires et ainsi envisager le respect des obligations de résultats et les délais instaurés par la Directive européenne Cadre sur l'Eau.

La mise à jour des estimations effectuées dans le cadre du défi « eutrophisation des lagunes littorales du Languedoc-Roussillon » et l'amélioration des connaissances sur la dynamique de restauration des milieux lagunaires permettront aux acteurs locaux de disposer d'un outil d'aide à la gestion au quotidien de la qualité par rapport à l'eutrophisation des lagunes.

**Mots clés :** lagunes méditerranéennes, eutrophisation, apports ponctuels, apports diffus, azote, phosphore.

**Défi « eutrophisation des lagunes littorales du Languedoc-Roussillon »**

# SOMMAIRE

—

<b><u>INTRODUCTION .....</u></b>	<b>10</b>
<b><u>PARTIE I : EUTROPHISATION DES MILIEUX LAGUNAIRES.....</u></b>	<b>12</b>
<b>I. Définition.....</b>	<b>13</b>
<b>II. Impact de l'eutrophisation.....</b>	<b>13</b>
A. Cas d'une lagune faiblement eutrophisée .....	13
B. Cas d'une lagune eutrophisée .....	14
C. Cas d'une lagune fortement eutrophisée.....	16
<b>III. Diagnostic de l'eutrophisation des lagunes du Languedoc-Roussillon .....</b>	<b>17</b>
A. Etang de l'Or.....	18
1. Présentation .....	18
2. Diagnostic de l'eutrophisation.....	18
B. Etangs du complexe palavasien .....	19
1. Présentation .....	19
2. Diagnostic de l'eutrophisation.....	19
C. Etang de Thau .....	20
1. Présentation .....	20
2. Diagnostic de l'eutrophisation.....	21
D. Etang de Bages-Sigean .....	21
1. Présentation .....	21
2. Diagnostic de l'eutrophisation.....	22

E. Etang de Canet Saint-Nazaire .....	22
1. Présentation .....	22
2. Diagnostic de l'eutrophisation.....	23
<b>IV. Objectifs / Enjeux du défi .....</b>	<b>24</b>
<b><u>PARTIE II : METHODOLOGIE .....</u></b>	<b><u>25</u></b>
<b>I. Sélection des lagunes .....</b>	<b>26</b>
<b>II. Estimations des apports en nutriments .....</b>	<b>26</b>
A. Estimations des apports ponctuels .....	26
1. Stations d'épuration.....	27
a. Données disponibles.....	27
b. Méthode d'estimation .....	28
2. Industries .....	28
a. Données disponibles.....	29
b. Méthode d'estimation .....	30
B. Estimation des apports diffus .....	32
1. Agriculture.....	32
a. Données disponibles.....	33
b. Méthode d'estimation .....	33
2. Ruissellement urbain .....	34
a. Données disponibles.....	34
b. Méthode d'estimation .....	35
3. Atmosphère .....	36
a. Données disponibles.....	36
b. Méthode d'estimation .....	36
C. Limites des estimations .....	36
1. Apports diffus .....	36
2. Autoépuration .....	37

### **III. Application de l’outil d’aide à la décision..... 38**

A. Relation entre les estimations des apports et les données du Réseau de Suivi Lagunaire .....	38
1. Données disponibles.....	39
2. Traitement des données .....	39
B. Evaluation de la réduction nécessaire pour restaurer l’état d’eutrophisation des milieux lagunaires.....	40
C. Projections de scénarios .....	40
1. Projection d’accroissement de population.....	41
2. Projection d’aménagements.....	42
a. Etang de l’Or.....	42
b. Etangs du complexe palavasien .....	42
c. Etang de Thau .....	42
d. Etang de Bages-Sigean.....	43
e. Etang de Canet Saint-Nazaire.....	43
3. Evaluation de l’impact des aménagements.....	43

## **PARTIE III : RESULTATS .....45**

### **I. Estimations des apports en nutriments..... 46**

A. Etang de l’Or.....	46
1. Apports des stations d’épuration .....	46
a. Phosphore.....	46
b. Azote.....	47
2. Apports des industries .....	48
3. Apports diffus.....	49
a. Phosphore.....	49
b. Azote.....	49
4. Bilan .....	50
a. Phosphore.....	50
b. Azote.....	51
B. Etangs du complexe palavasien .....	51
1. Apports des stations d’épuration .....	51
a. Phosphore.....	51
b. Azote.....	52

2. Apports des industries .....	53
3. Apports diffus.....	54
a. Phosphore.....	54
b. Azote.....	54
4. Bilan .....	55
a. Phosphore.....	55
b. Azote.....	56
C. Etang de Thau .....	57
1. Apports des stations d'épuration .....	57
a. Phosphore.....	57
b. Azote.....	57
2. Apports des industries .....	58
3. Apports diffus.....	59
a. Phosphore.....	59
b. Azote.....	59
4. Bilan .....	60
a. Phosphore.....	60
b. Azote.....	61
D. Etang de Bages-Sigean .....	61
1. Apports des stations d'épuration .....	61
a. Phosphore.....	61
b. Azote.....	62
2. Apports des industries .....	63
3. Apports diffus.....	64
a. Phosphore.....	64
b. Azote.....	64
4. Bilan .....	65
a. Phosphore.....	65
b. Azote.....	66
E. Etang de Canet Saint-Nazaire .....	66
1. Apports des stations d'épuration .....	66
a. Phosphore.....	66
b. Azote.....	67
2. Apports des industries .....	68
3. Apports diffus.....	69
a. Phosphore.....	69
b. Azote.....	69
4. Bilan .....	70
a. Phosphore.....	70
b. Azote.....	71

## **II. Bilan régional des apports trophiques..... 72**

A. Bilan des apports.....	72
1. Phosphore .....	72
2. Azote .....	73
B. Bilan des apports par unité de volume de lagune.....	73
1. Phosphore .....	73
2. Azote .....	74

## **III. Outil d'aide à la décision ..... 76**

A. Mise en relation des estimations des apports avec les données du RSL .....	76
1. Phosphore .....	76
2. Azote .....	77
B. Evaluation de la réduction nécessaire pour restaurer l'état d'eutrophisation des lagunes .....	78
1. Phosphore .....	78
2. Azote .....	78
C. Projections de différents scénarii .....	79
1. Etang de l'Or .....	79
a. Résultats des projections .....	79
b. Evaluation de l'efficacité des aménagements .....	80
2. Etangs du complexe palavasien.....	81
a. Résultats des projections .....	81
b. Evaluation de l'efficacité des aménagements .....	83
3. Etang de Thau.....	84
a. Résultats des projections .....	84
4. Etang de Bages-Sigean .....	85
a. Résultats des projections .....	85
5. Etang de Canet Saint-Nazaire.....	85
a. Résultats des projections .....	85

## **PARTIE IV : DISCUSSION.....87**

### **I. Estimations des apports en nutriments..... 88**

### **II. Outil d'aide à la décision..... 89**

<b>III. Propositions d’actions.....</b>	<b>91</b>
A. Aménagements permettant de limiter les apports en nutriments.....	91
1. Volet assainissement .....	91
a. Traitement spécifique de l’azote et du phosphore .....	91
b. Aménagement des points de rejets.....	92
c. Déplacement des points de rejets .....	93
d. Déconnection des rejets des bassins versants.....	93
2. Volet agricole .....	94
a. Mise en œuvre d’un suivi des fuites en nutriments non utilisés par les cultures .....	94
b. Implantation de Cultures Intermédiaires Piège à Nitrate .....	95
c. Sensibilisation des agriculteurs .....	96
B. Mesures accompagnatrices de la réduction des apports en nutriments.....	97
1. Réimplantation d’herbiers de phanérogames .....	98
2. Ramassage des algues.....	98
3. Amélioration de la circulation hydrodynamique .....	99
C. Synthèse des différents milieux lagunaires étudiés .....	99
1. Etang de l’Or .....	100
2. Etangs du complexe palavasien.....	101
3. Etang de Thau.....	102
4. Etang de Bages-Sigean.....	103
5. Etang de Canet Saint-Nazaire.....	104
 <b><u>CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES .....</u></b>	<b><u>105</u></b>
 <b><u>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</u></b>	<b><u>107</u></b>
 <b><u>TABLES DES ILLUSTRATIONS.....</u></b>	<b><u>112</u></b>
 <b><u>ANNEXES.....</u></b>	<b><u>116</u></b>

## **AVERTISSEMENT**

**Les résultats de cette étude doivent être utilisés en rappelant obligatoirement les hypothèses et la méthodologie utilisées, notamment pour les résultats concernant les estimations des apports diffus qui doivent être confirmées par une amélioration des connaissances dans ce domaine.**

**Le rapport doit être cité sous la forme suivante :**

**Cépralmar, Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée & Corse, Région Languedoc-Roussillon, Département de l'Aude, Département de l'Hérault, Département des Pyrénées-Orientales, 2006. Défi « eutrophisation des lagunes littorales du Languedoc-Roussillon ». Etude réalisée dans le cadre du 8<sup>ème</sup> programme de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée & Corse. 116 p + annexes.**

## Liste des organismes du Comité de Pilotage

- Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée & Corse,
- Cépralmar,
- Ceremher,
- Chambre d'Agriculture de l'Aude,
- Chambre d'Agriculture de l'Hérault,
- Chambre d'Agriculture des Pyrénées-Orientales,
- Communauté d'Agglomération de Montpellier,
- Communauté d'Agglomération de la Narbonnaise,
- Communauté d'Agglomération du Bassin de Thau,
- Communauté de Communes du Nord Bassin de Thau,
- Communauté d'Agglomération Perpignan-Méditerranée,
- Département de l'Aude,
- Département de l'Hérault,
- Département des Pyrénées-Orientales,
- DIREN LR,
- Ifremer,
- MISE de l'Aude,
- MISE de l'Hérault,
- MISE des Pyrénées-Orientales,
- Mission Littoral,
- Région Languedoc-Roussillon,
- Parc Naturel Régional de la Narbonnaise en Méditerranée,
- Pôle relais lagunes,
- SMNLR,
- Syndicat Mixte des Etangs Littoraux (SIEL),
- Syndicat Mixte de Gestion de l'Etang de l'Or (SMGEO),
- Syndicat Mixte du Bassin de Thau (SMBT).

# INTRODUCTION

Les lagunes littorales, situées à l'interface entre la mer et le continent, présentent une importante diversité spécifique. Les milieux lagunaires sont également le siège de nombreuses activités traditionnelles comme la pêche et la conchyliculture, et deviennent de plus en plus un support d'activités ludiques.

L'accroissement de l'activité de l'homme sur les bassins versants des lagunes a conduit progressivement à une dégradation de la qualité des milieux lagunaires, notamment vis-à-vis de l'eutrophisation. Ce processus d'enrichissement en éléments nutritifs dans un milieu aquatique, fortement dépendant des apports issus des bassins versants, menace le maintien des lagunes littorales et les activités qui en dépendent. La préservation de ces écosystèmes remarquables, d'une superficie de 40 000 ha en Languedoc-Roussillon, représente un enjeu majeur dans le but de pérenniser leur rôle écologique et socio-économique important.

Depuis plusieurs années, une politique de reconquête de la qualité des milieux lagunaires est engagée en Languedoc-Roussillon. Des Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) et des Contrats d'étang sont ainsi élaborés et mis en oeuvre pour préserver et restaurer ces écosystèmes.

Cependant, pour définir les actions à mettre en oeuvre pour lutter contre l'eutrophisation, les acteurs locaux se heurtent notamment à deux difficultés :

- une mauvaise connaissance des apports en nutriments aux lagunes d'où une difficulté à hiérarchiser les actions à conduire,
- un manque d'outils pour estimer la réduction des apports en nutriments à engager afin de restaurer l'état d'eutrophisation des milieux lagunaires.

Dans le cadre de son 8<sup>ème</sup> programme d'intervention, l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée & Corse a mis en place une politique de défis territoriaux. Ces défis sont des projets spécifiques destinés à apporter un soutien renforcé à des sites présentant des

problématiques particulières. Chaque défi fait l'objet d'une approche globale et concertée, et repose sur la définition d'enjeux majeurs. Des objectifs précis et datés sont définis, ainsi que les moyens opérationnels pour les atteindre. Les défis, en appui pour la plupart des SAGE ou des Contrats d'étang, sont ainsi de nouveaux instruments techniques et financiers adaptés à la poursuite d'objectifs territorialisés précis.

Parmi les défis identifiés, le Conseil d'Administration de l'Agence de l'Eau a validé un défi sur l'eutrophisation des lagunes littorales du Languedoc-Roussillon. Il s'inscrit dans le cadre des objectifs prioritaires définis par le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux, eux-mêmes confortés par la Directive Cadre sur l'Eau et le Plan de Développement Durable du Littoral. Ce défi est conduit en étroite relation avec le Réseau de Suivi Lagunaire, mis en place en 2000, qui fournit notamment un diagnostic annuel de l'état des lagunes par rapport à l'eutrophisation.

Le défi « lagunes » constitue donc un des outils des politiques publiques plus large menées sur les milieux lagunaires et a pour vocation d'être un outil d'aide à la gestion de l'état d'eutrophisation des milieux lagunaires du Languedoc-Roussillon pour les acteurs locaux.

# **PARTIE I : Eutrophisation des milieux lagunaires**

---

## I. Définition

Selon la Directive 91/271/CEE, l'eutrophisation se définit comme l'enrichissement en éléments nutritifs d'un milieu aquatique, notamment des composés de l'azote et/ou du phosphore. Cet enrichissement provoque 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.

## II. Impact de l'eutrophisation

L'impact de l'eutrophisation sur le fonctionnement écologique des milieux lagunaires dépend principalement de la quantité en sels nutritifs apportée par le bassin versant de la lagune (Frisoni, 1987). L'état des milieux lagunaires vis-à-vis de l'eutrophisation peut être décrit suivant 3 stades contrastés.

### A. Cas d'une lagune faiblement eutrophisée

Dans les lagunes non eutrophisées, les sels nutritifs sont le plus souvent à l'état de traces dans l'eau. Les microalgues (ou phytoplancton) et les macroalgues, limitées par la disponibilité en sels d'azote et de phosphore, ne peuvent donc pas développer de fortes biomasses. Les seuls végétaux aptes à se développer sur de grandes surfaces sont les herbiers de phanérogames<sup>1</sup> (essentiellement du genre *Ruppia et Zostera*) (Figure 1). En effet, leurs racines, ancrées dans le sédiment, leur permettent de puiser les éléments nutritifs nécessaires à la synthèse de leurs matières organiques. Ces lagunes possèdent donc généralement de véritables prairies sous-marines qui représentent une importante diversité d'habitats pour la faune inféodée à ces milieux. La diversité animale y est donc généralement à son maximum. L'écosystème est à l'équilibre, composé d'espèces climaciques en relation les unes avec les autres.

---

<sup>1</sup> Phanérogame : plante vasculaire à racines et à fleurs.

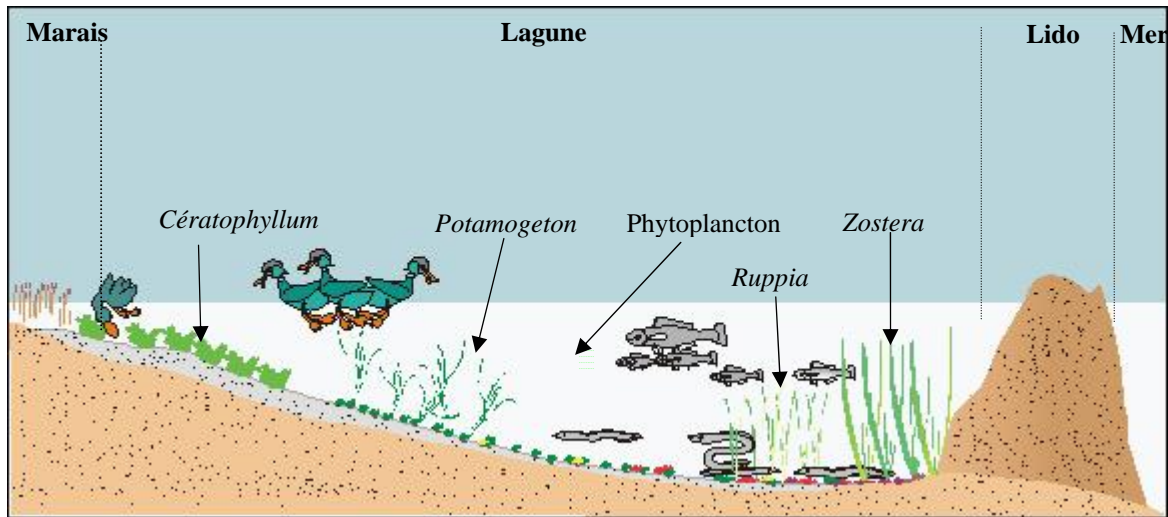


Figure 1 : Description simplifiée d'une lagune faiblement eutrophisée (d'après Souchu, 2002).

## B. Cas d'une lagune eutrophisée

Lorsque la quantité en sels nutritifs apportée par le bassin versant de la lagune est importante, le phytoplancton et les macroalgues opportunistes (généralement du genre *Ulva*), se développent (Figure 2). La prolifération du phytoplancton engendre une augmentation de la turbidité des eaux lagunaires, défavorable aux phanérogames et aux autres macroalgues. Au niveau des sédiments, la quantité de matière organique issue des végétaux en décomposition, et l'activité des bactéries aérobies augmentent.

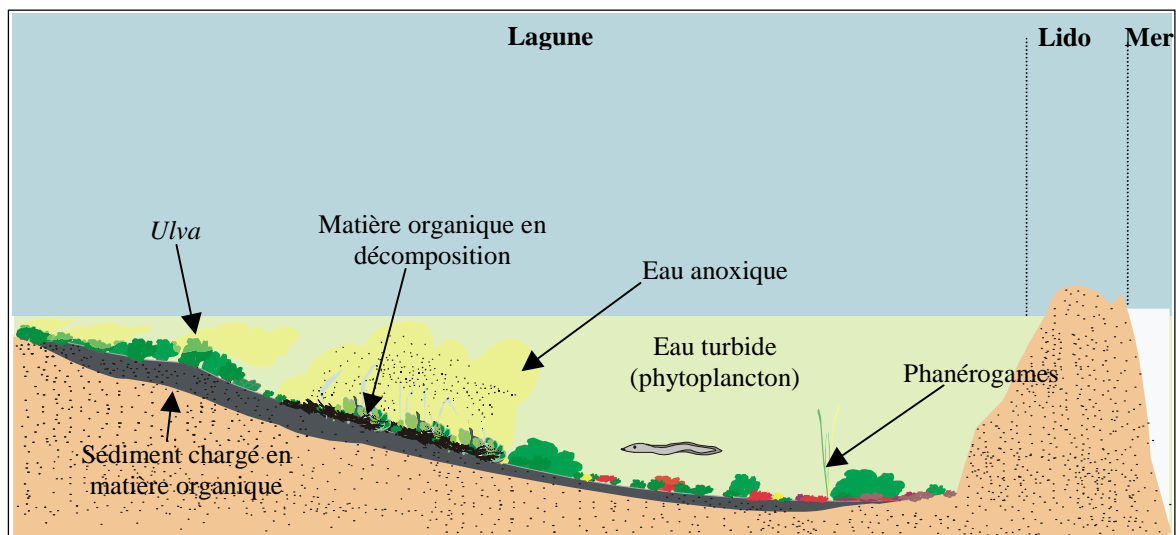


Figure 2 : Description simplifiée d'une lagune eutrophisée (d'après Souchu, 2002).

Or, la quantité d'oxygène dissous dans l'eau résulte du bilan entre la consommation (processus aérobies de dégradation de la matière organique et respiration), la production (photosynthèse), et les échanges au niveau de l'interface air-eau. Plus la température est élevée et plus la quantité d'oxygène pouvant se dissoudre dans l'eau est faible. L'oxygène, utilisé comme oxydant pour réduire la matière organique, disparaît donc progressivement. Des environnements anoxiques apparaissent dans les sédiments puis dans l'eau (Souchu & al, 1998).

La quantité d'oxygène dissous dans l'eau n'est alors plus compatible avec le maintien des organismes vivants. La biomasse végétale et animale ne pouvant plus respirer, meurt massivement et constitue un autre stock de matière organique pouvant être minéralisé (ou oxydé).

Si les conditions météorologiques ne permettent pas un brassage de l'eau et ainsi une réoxygénation de l'eau puis des sédiments, des bactéries utilisant d'autres oxydants, continuent le processus de dégradation de la matière organique.

En milieu marin, ce sont principalement les bactéries sulfato-réductrices qui poursuivent le processus de minéralisation, en utilisant les sulfates comme oxydant à la place de l'oxygène. Cela conduit à un dégagement de sulfures à l'origine des odeurs d'œufs pourris rencontrées aux abords des lagunes.

De plus, les sulfures, toxiques pour les animaux et les végétaux, amplifient le phénomène de mortalité. Cette crise anoxique, plus connue sous le nom de malaïgue (« mauvaise eau » en occitan), peut se propager localement sur l'ensemble de la hauteur d'eau et atteindre notamment les coquillages des tables conchylicoles, engendrant ainsi une perte importante de production. La reminéralisation des biomasses de coquillages contribuera alors à l'extension des malaïgues.

La malaïgue est un phénomène naturel réversible. Lorsque le milieu est réoxygéné à l'issue d'un coup de vent sur le plan d'eau de la lagune, les sulfures réagissent avec l'oxygène pour reformer des sulfates qui sont chimiquement plus stables. Le milieu rentre alors en phase de recolonisation par les espèces aérobies.

### C. Cas d'une lagune fortement eutrophisée

Lorsque l'enrichissement en sels nutritifs dans le milieu est très important, la densité du phytoplancton devient tellement élevée que la lumière ne parvient plus à pénétrer au-delà de quelques dizaines de centimètre de profondeur. Même les macroalgues opportunistes (ulves) sont incapables de poursuivre leur réaction de photosynthèse sur les fonds lorsque la profondeur du milieu dépasse environ 60 cm. Les macroalgues ne peuvent alors plus constituer les importantes biomasses qui sont le plus souvent à l'origine de la propagation des crises anoxiques (Viaroli et al, 1995).

Seules quelques espèces sont favorisées dans cet environnement. Parmi elles, un annélide sédentaire, *Ficopomatus enigmaticus*, filtreur de phytoplancton est capable de construire de véritables récifs formés de tubes calcifiés (Figure 3). Ces bio-constructions, appelées cascail, accélèrent le comblement naturel des lagunes et perturbent les activités traditionnelles de pêche.

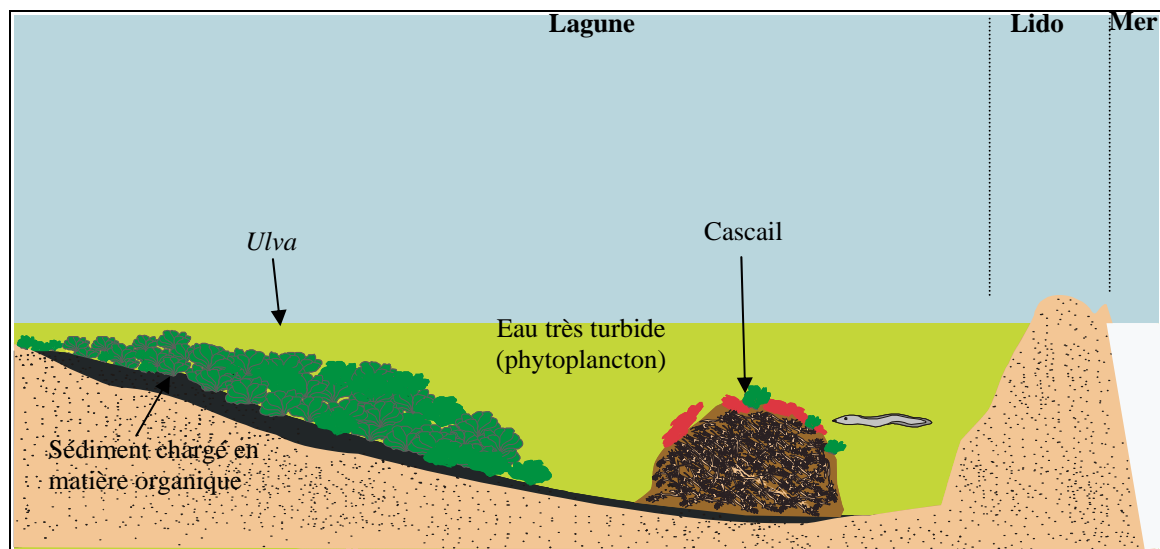







Figure 3 : Description simplifiée d'une lagune fortement eutrophisée (d'après Souchu, 2002).

Des apports excessifs en sels nutritifs aux lagunes conduisent à leur eutrophisation, qui peut se manifester par des crises anoxiques et par la prolifération d'espèces végétales et animales opportunistes. L'eutrophisation influence donc le patrimoine biologique, les activités économiques et le maintien à long terme des lagunes.

### III. Diagnostic de l'eutrophisation des lagunes du Languedoc-Roussillon

En 2000, l'élaboration d'un outil opérationnel de diagnostic de l'état vis-à-vis de l'eutrophisation des lagunes du Languedoc-Roussillon, basée sur la définition d'indicateurs, permet le lancement du Réseau de Suivi Lagunaire (Ifremer & al, 2000). Le diagnostic conduit à identifier 5 états vis-à-vis de l'eutrophisation :

	état très bon (correspondant à la Figure 1)
	état bon
	état moyen (correspondant à la Figure 2)
	état médiocre
	état mauvais (correspondant à la Figure 3)

Ce suivi, destiné à suivre l'évolution des milieux lagunaires en fonction des aménagements effectués sur les lagunes et leur bassin versant, était une des étapes indispensables à la gestion des milieux lagunaires du Languedoc-Roussillon. Un diagnostic annuel de l'eutrophisation est désormais disponible pour l'ensemble des lagunes littorales (Figure 4).

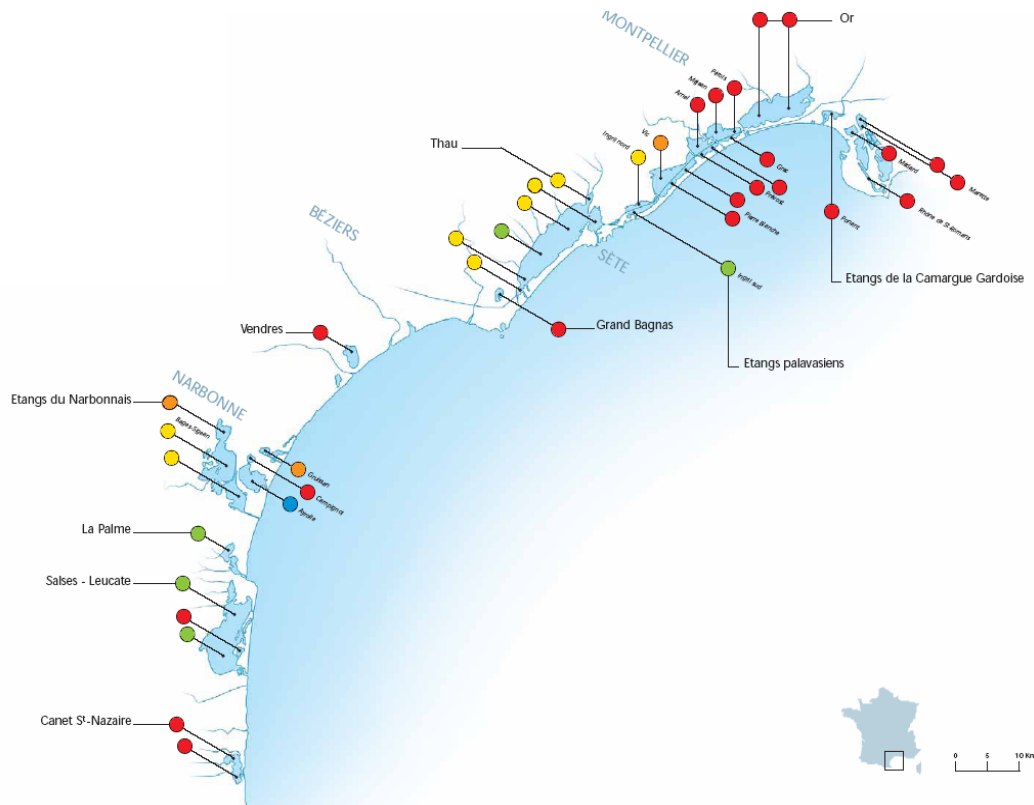


Figure 4 : Résultats 2004 de l'état d'eutrophisation de la colonne d'eau des lagunes littorales du Languedoc-Roussillon (Cépralmar, 2005).

## A. Etang de l'Or

### 1. Présentation

Situé au nord-ouest de la Grande Motte, l'étang de l'Or est une vaste lagune de 3 200 ha (Annexe I, Carte 1). Cet étang reçoit les eaux de cinq tributaires principaux (le Salaison, la Cadoule, la Bérange, et les canaux de Lansargues et de Lunel). Il entretient une communication avec le canal du Rhône à Sète par l'intermédiaire de 3 passes. La communication avec la mer est indirecte par le canal de l'Impérial à Carnon.

Caractéristiques	
Superficie (ha)	3 200
Volume (Millions m <sup>3</sup> )	24
Superficie bassin versant (ha)	41 000
Profondeur moyenne (m)	0,80
Profondeur maximale (m)	1,30

**Tableau 1 : Principales caractéristiques morphologiques et hydrologiques de l'étang de l'Or (d'après Ifremer, 2002).**

### 2. Diagnostic de l'eutrophisation

Depuis plus de 25 ans, l'étang de l'Or n'a cessé de se dégrader par rapport à l'eutrophisation. Depuis 2000, le Réseau de Suivi Lagunaire diagnostique un mauvais état vis-à-vis de l'eutrophisation. Les eaux sont fortement turbides en raison de proliférations excessives en phytoplancton. Cette forte opacité des eaux de l'étang, induit une faible diversité des peuplements de macrophytes (Ifremer, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004).

Le cascaïl, dont le développement est lié aux apports excessifs en nutriments, est présent sur une importante surface de l'étang. Ces massifs gênent les activités de pêche, diminuent la circulation hydrodynamique des eaux et accélère le comblement de l'étang.

L'étang de l'Or apparaît donc dans une phase critique par rapport à l'eutrophisation qui menace son maintien à long terme.

## B. Etangs du complexe palavasien

### 1. Présentation

Les étangs du complexe palavasien, formant une seule entité à l'origine, ont été progressivement cloisonnés (Annexe I, Carte 2). Aujourd'hui, le complexe palavasien s'étend de Frontignan à Palavas sur une longueur de 25 km. Il comprend 7 étangs principaux qui sont d'ouest en est : l'Ingril, Vic, Pierre-Blanche, l'Arnel, le Prévost, Méjean-Pérois et le Grec. La surface du bassin versant drainé par l'ensemble des lagunes est de 672 km<sup>2</sup>. Le Lez et la Mosson sont les deux principaux cours d'eau qui alimentent le complexe lagunaire en eau douce.

Lagunes	Superficie (ha)	Profondeur moyenne (m)	Profondeur maximale (m)	Volume (millions de m <sup>3</sup> )
Ingril	685	0,60	1,2	4,1
Vic	1 150	1,20	1,6	13,8
Pierre-Blanche	370	0,40	0,8	1,5
Arnel	475	0,40	0,5	1,9
Prévost	380	0,75	1,0	2,9
Méjean-Pérois	550	0,6	0,75	4,1
Grec	270	0,25	0,8	0,7

**Tableau 2 : Principales caractéristiques morphologiques des étangs palavasiens (d'après Ifremer, 2002).**

### 2. Diagnostic de l'eutrophisation

L'influence du Lez et de la Mosson sur le mauvais état vis-à-vis de l'eutrophisation du complexe des étangs palavasiens a clairement été démontrée. Les apports de ces tributaires, qui véhiculent notamment les rejets de la station d'épuration de l'Agglomération de Montpellier, impactent fortement les 4 étangs situés de part et d'autre du Lez (Méjean-Pérois, Grec, Arnel, Prévost), et dans une moindre mesure, les 4 étangs les plus à l'Ouest (Vic, Pierre-Blanche, Ingril Nord, Ingril Sud), par l'intermédiaire du Canal du Rhône à Sète.

- L'étang d'Ingril est le moins dégradé des étangs du complexe palavasien du fait des échanges avec la mer qu'il entretient par le grau du port de Frontignan et de son éloignement de l'embouchure du Lez au niveau du Canal du Rhône à Sète. Il possède un état moyen à bon vis-à-vis de l'eutrophisation.
- L'étang de Vic présente un état par rapport à l'eutrophisation qui oscille entre mauvais et médiocre, en fonction des conditions météorologiques induisant une diffusion plus ou moins importante des apports du Lez à l'ouest du complexe des étangs palavasiens.
- L'étang de Pierre-Blanche, dont les eaux sont fortement confinées, présente un état mauvais vis-à-vis de l'eutrophisation.
- L'étang du Prévost présente également un mauvais état vis-à-vis de l'eutrophisation. Chaque été, d'importantes biomasses d'algues opportunistes provoquent des crises anoxiques. La partie ouest de l'étang apparaît moins dégradée du fait de la présence du grau du Prévost.
- L'étang de l'Arnel, directement touché par les apports en nutriments du Lez et de la Mosson présente un état mauvais vis-à-vis de l'eutrophisation.
- L'étang de Méjean-Pérois, présentant un état mauvais vis-à-vis de l'eutrophisation, est un des milieux lagunaires les plus dégradés du Languedoc-Roussillon. Cet écosystème est exclusivement dominé par les microalgues et d'importants massifs de cascails.
- L'étang du Grec est également un écosystème fortement dégradé par rapport à l'eutrophisation, essentiellement dominé par des algues opportunistes.

## C. Etang de Thau

### 1. Présentation

L'étang de Thau, situé entre Agde et Sète, est le plus grand et le plus profond des étangs du Languedoc-Roussillon (Tableau 3) (Annexe I, Carte 3). L'apport d'eau douce se fait par une dizaine de cours d'eau intermittents, à l'exception de la Vène, qui est pérenne et qui débouche dans la partie Est de l'étang (au niveau de la Crique de l'Angle).

La communication avec la mer s'effectue par l'intermédiaire du grau de Pisses-Saumes, situé à l'extrémité sud-ouest de l'étang, et par les canaux de navigation du port de Sète.

Caractéristiques	
Superficie (ha)	7 500
Volume (Millions de m <sup>3</sup> )	260
Superficie bassin versant (ha)	28 500
Profondeur moyenne (m)	4,00
Profondeur maximale (m)	10,00

**Tableau 3 : Principales caractéristiques morphologiques et hydrologiques de l'étang de Thau (d'après Ifremer, 2002).**

## **2. Diagnostic de l'eutrophisation**

L'état vis-à-vis de l'eutrophisation de l'étang de Thau s'est fortement amélioré ces 20 dernières années du fait des aménagements effectués sur son bassin versant, notamment par la mise en place de l'émissaire en mer de la station d'épuration de Sète (La Jeunesse, 2001). Le Réseau de Suivi Lagunaire montre que l'étang de Thau porte encore les traces de son eutrophisation passé dans le compartiment sédimentaire. Toutefois, une tendance nette à la restauration est constatée. Le diagnostic du RSL indique un état d'eutrophisation qui oscille entre les états bon à moyen selon les zones.

### **D. Etang de Bages-Sigean**

#### **1. Présentation**

L'étang de Bages-Sigean, situé au sud de Narbonne, est la troisième lagune la plus vaste du Languedoc-Roussillon (Annexe I, Carte 4). L'essentiel de son bassin versant est occupé par des collines arides et est peu urbanisé, à l'exception de la partie nord où se situe l'agglomération narbonnaise (Picouet, 1995). L'apport en eau douce à la lagune est limité à quelques ruisseaux temporaires comme la Berre et le Rieu, ainsi que par des canaux de décharge de la Robine dont le plus important est le Canélou (BRL, 1999).

La communication avec la mer s'effectue par le grau de Port-la-Nouvelle, situé dans la partie sud de l'étang.

Caractéristiques	
Superficie (ha)	3 700
Volume (Millions de m <sup>3</sup> )	49
Superficie bassin versant (ha)	44 300
Profondeur moyenne (m)	1,30
Profondeur maximale (m)	2,85

**Tableau 4 : Principales caractéristiques morphologiques et hydrologiques de l'étang de Bages-Sigean (d'après Ifremer, 2002).**

## **2. Diagnostic de l'eutrophisation**

En 2004, le RSL mettait en évidence que les apports en sels nutritifs n'ont pas permis d'entretenir une production phytoplanctonique excessive contrairement aux années précédentes (Ifremer, 2005). Ce résultat est à relier avec la mise en service de la nouvelle station d'épuration de Narbonne, qui a permis une réduction considérable des apports en azote et phosphore sur le bassin versant de l'étang de Bages-Sigean. La dégradation observée ces dernières années, notamment dans la partie médiane et sud n'a pas été confirmée en 2004. Les prochains suivis du RSL permettront de dire si cette dégradation se stabilise et si l'étang entre dans une phase de restauration vis-à-vis de l'eutrophisation.

### **E. Etang de Canet Saint-Nazaire**

#### **1. Présentation**

L'étang de Canet Saint-Nazaire, appelé étang de Canet par simplification, est le plus méridional des étangs du Languedoc-Roussillon (Annexe I, Carte 5). Son bassin versant, 53 fois plus important que la superficie de la lagune, en fait un hydrosystème disproportionné.

L'alimentation en eau douce de la lagune se fait par quatre cours d'eau principaux à régime torrentiel : la Llobère, la Fosseille, le Réart et l'Aguille de la Mar. C'est une

lagune en voie de comblement avancé du fait de l'apport de grande quantité d'alluvions par le Réart, notamment en période de crue (Wilke, 1997).

La communication avec la mer s'effectue par l'intermédiaire du grau de la Basse, situé dans la partie sud de l'étang (Wilke & Boutière, 1997).

Caractéristiques	
Superficie (ha)	600
Volume (Millions de m <sup>3</sup> )	2
Superficie du bassin versant (ha)	26 000
Profondeur moyenne (m)	0,50
Profondeur maximale (m)	1,00

**Tableau 5 : Principales caractéristiques morphologiques et hydrologiques de l'étang de Canet (d'après Ifremer, 2002).**

## **2. Diagnostic de l'eutrophisation**

Le Réseau de Suivi Lagunaire met en évidence depuis son existence, un mauvais état vis-à-vis de l'eutrophisation pour l'étang de Canet, principalement dû aux quantités excessives de phosphore. Une limitation de la production primaire par l'azote avait été mise en évidence. Cependant, récemment, la biomasse phytoplanctonique s'est accrue du fait d'apport croissant en azote réduisant ainsi son effet limitant. L'étang se situe donc dans une période charnière où les microphytes prennent le pas sur les macrophytes, synonyme d'aggravation des conséquences de l'eutrophisation dans cet étang (Ifremer, 2004, 2005). De plus, les résultats du RSL montrent une accélération du développement du cascaïls, qui était rare il y a 2-3 ans (Ifremer, 2005).

#### IV. Objectifs / Enjeux du défi

L'enjeu du défi est de mieux connaître les principaux apports en nutriments aux lagunes pour adapter au mieux les actions à engager afin d'améliorer la qualité trophique des milieux lagunaires.

Suite à l'identification des contributions importantes des stations d'épuration à l'eutrophisation des lagunes littorales (Dupré 2002, 2003), les objectifs opérationnels du défi « eutrophisation » consistent à :

- Quantifier et hiérarchiser les contributions des différentes stations d'épuration à l'eutrophisation des lagunes,
- Evaluer l'effort de réduction des apports nécessaire pour améliorer l'état des lagunes vis-à-vis de l'eutrophisation,
- Définir de manière concertée des programmes d'actions visant à améliorer la qualité trophique des lagunes.

Les moyens mis en œuvre pour atteindre ces objectifs sont :

- La mise en œuvre d'un suivi de l'azote et du phosphore en sortie de stations d'épuration situées sur le bassin versant des lagunes étudiées (Or, complexe des étangs palavasiens, Thau, Bages-Sigean et Canet Saint-Nazaire),
- La mise au point d'un outil d'aide à la décision permettant d'évaluer la réduction des apports nécessaire pour améliorer la qualité trophique des milieux lagunaires.

Parallèlement à ces actions, des estimations des apports industriels, naturels et agricoles sont également effectuées sur les bassins versants étudiés dans le but de hiérarchiser les différentes sources d'apports en nutriments.

## **PARTIE II : Méthodologie**

---

## I. Sélection des lagunes

La sélection des milieux lagunaires dans le cadre du défi « lagunes » s'est effectuée selon plusieurs critères :

- les lagunes possèdent un bassin versant bien défini,
- les lagunes sont touchées ou ont été touchées par l'eutrophisation dans le passé,
- les acteurs locaux ont identifié la lutte contre l'eutrophisation comme enjeu prioritaire.

Ainsi, cinq lagunes ou complexes lagunaires ont été retenus pour la mise en oeuvre du défi lagunes : Or, complexe des étangs palavasiens, Thau, Bages-Sigean et Canet Saint-Nazaire.

## II. Estimations des apports en nutriments

La méthodologie retenue pour l'estimation des apports en nutriments aux milieux lagunaires est celle du recensement des principales sources d'apports en azote et phosphore situées sur le bassin versant. L'avantage de cette méthodologie est la possibilité de hiérarchiser les contributions relatives des sources de pollutions pour un même type d'apport et les contributions relatives entre les différentes sources d'apports à l'échelle annuelle. Cette hiérarchisation permet ainsi une définition adaptée de propositions de réduction des apports.

La teneur en azote et en phosphore dans les milieux lagunaires, les deux facteurs limitants responsables de l'eutrophisation, résulte de différentes sources d'apports qui peuvent être classées en deux grands types :

- les apports ponctuels,
- les apports diffus.

### A. Estimations des apports ponctuels

Les sources d'apports ponctuels, dont le rejet est situé en un point précis du bassin versant (généralement un cours d'eau), sont principalement représentées par les rejets des stations

d'épuration et les rejets des industries. Ce type d'apport est relativement constant dans le temps et dépend peu des conditions climatiques.

## **1. Stations d'épuration**

### **a. Données disponibles**

L'objectif principal du défi « lagunes » est de hiérarchiser les contributions relatives des différentes stations d'épuration situées sur le bassin versant à l'eutrophisation des lagunes.

Un inventaire des stations d'épuration dont le rejet est situé sur le bassin versant des lagunes suivies dans le cadre du défi est disponible (Annexe II).

Un protocole de suivi spécifique à chaque bassin versant est défini pour l'année 2004 afin d'estimer les charges en azote et phosphore en sortie de stations d'épuration. Pour la définition du protocole, la spécificité des systèmes d'assainissement (capacité nominale, type de traitement,...), l'impact des rejets sur le milieu naturel (type de rejet, distance à la lagune...) et les données existantes (données d'autosurveillance) sont considérés.

Dans la majorité des cas, les analyses effectuées sont complémentaires aux analyses réalisées dans le cadre de l'autosurveillance.

### **Hérault**

Le suivi des stations d'épuration dans le département de l'Hérault concerne le bassin versant des étangs de l'Or, du complexe palavasien et de Thau. Au total, 55 stations d'épuration sont suivies dans le cadre du défi (23 stations pour l'étang de l'Or, 24 stations pour les étangs du complexe palavasien et 8 stations pour l'étang de Thau).

Compte tenu des caractéristiques de certains rejets (pas de rejets, pas de transfert, géotraitement, travaux de raccordement,...), certaines stations d'épuration situées sur le bassin versant des lagunes, ne sont pas suivies dans le cadre du défi<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> La station d'épuration de Guzargues n'est pas suivie sur le bassin versant de l'étang de l'Or. Les stations d'épuration de Valflaunes (bourg), Combaillaux (bourg), Combaillaux (Haut Fontaine), Saint Paul et Valmalle, La Boissière, Saint Mathieu de Treviers, Viols le Fort, Le Triadou, Prades le Lez ne sont pas suivies sur le bassin versant des étangs du complexe palavasien. La station d'épuration de Montagnac (Bessille) n'est pas suivie sur le bassin versant de l'étang de Thau.

### Aude

Le suivi des stations d'épuration dans le département de l'Aude concerne le bassin versant de l'étang de Bages-Sigean. Au total, 18 stations d'épuration sont situées sur le bassin versant. Depuis 2002, les rejets des stations d'épuration situés sur le pourtour de l'étang de Bages-Sigean sont suivis dans le cadre du Réseau de Suivi Lagunaire. Les résultats de ce suivi particulier du RSL sont utilisés dans le défi « lagunes ».

### Pyrénées-Orientales

Le suivi des stations d'épuration dans le département des Pyrénées-Orientales concerne le bassin versant de l'étang de Canet Saint-Nazaire. Au total, 20 stations d'épuration sont situées sur le bassin versant de l'étang.

#### b. Méthode d'estimation

Dans les 3 départements concernés par le défi « lagunes », des groupes de travail se sont réunis afin d'analyser les données collectées et définir la méthodologie d'estimation des charges annuelles issues des différents systèmes d'assainissement. Compte tenu de l'importance du suivi mis en œuvre dans le département de l'Hérault, un suivi régulier de l'acquisition des données est apparu nécessaire dans le but de réajuster le protocole de suivi en fonction de la variabilité des résultats.

En fonction des résultats obtenus et des caractéristiques des différentes stations d'épuration, une méthodologie d'estimation des charges annuelles en azote et phosphore a été définie (distinction d'une période estivale pour les stations d'épuration des communes touristiques, prise en compte des dysfonctionnements des ouvrages d'assainissement).

Parmi les données collectées, les concentrations en nitrate et nitrite sont parfois à la limite du seuil de détection analytique par les laboratoires. Dans ce cas, la valeur du seuil est considérée comme la concentration en nitrate et en nitrite en sortie de stations d'épuration.

## **2. Industries**

La composition des eaux résiduelles industrielles est fortement dépendante de l'activité de l'industrie. En région Languedoc-Roussillon, les apports en azote et phosphore sont

principalement issus des rejets des industries viticoles (caves) et des industries agroalimentaires. Ces types d'industries génèrent des rejets de nutriments organiques.

Les eaux résultant de l'activité industrielle peuvent être traitées suivant deux voies d'épuration :

- par un réseau d'assainissement communal,
- par un système de traitement asservi à l'industrie dont les principes d'épuration dépendent de l'activité industrielle.

En Languedoc-Roussillon, parmi les systèmes d'épuration asservis à l'industrie, les bassins d'évaporation sont le plus couramment utilisés pour traiter les effluents industriels. Ce système de traitement, utilisant des bassins peu profonds et étendus est basé sur le principe d'une évaporation naturelle (ou forcée mécaniquement) des effluents.

Chaque type d'effluent doit faire l'objet d'une étude particulière destinée à adapter le process d'évaporation. Ce système de traitement n'engendre théoriquement pas de rejets vers le milieu naturel.

#### a. Données disponibles

Une base de données de 2004 comprenant les industries payant une redevance pour la pollution générée par leur activité en 2003 est fournie par l'Agence de l'Eau RMC pour les communes du bassin versant des lagunes étudiées. Cette base de données regroupe les informations suivantes :

- le type d'activité industrielle,
- la commune concernée,
- le type de raccordement pour le traitement des eaux résiduaires industrielles (raccordement à un système de traitement asservi à l'industrie ou à un système d'assainissement communal),
- l'assiette de la redevance brute et nette pour la pollution azotée (NTK) et phosphorée (PT) générée (en kg/j),
- l'assiette de la prime pour la pollution éliminée (en kg/j),
- les coordonnées géographiques du rejet.

Le fichier fourni par l'Agence de l'Eau a été élaboré dans le but d'être un outil financier pour le calcul des redevances des industriels. Cependant, l'assiette des redevances nette représente une source de données homogènes et n'est autre qu'une estimation de la pollution rejetée. Compte tenu de la faible part des apports industriels au niveau des lagunes<sup>3</sup>, ces données apparaissent suffisantes pour estimer les charges rejetées par les industriels.

Le mode de calcul des redevances est déterminé grâce à un questionnaire rempli annuellement par l'industriel. La quantité de pollution est calculée en multipliant les grandeurs caractéristiques de l'activité du redevable par les coefficients spécifiques de pollution de cette activité. L'Agence de l'Eau détermine ainsi une estimation forfaitaire des rejets par type d'activité industrielle.

Pour certaines activités industrielles, l'utilisation de coefficients spécifiques de pollution est inadaptée à l'estimation de la pollution brute et nette. Il est dans ce cas possible d'estimer la pollution brute et nette par des mesures sur le site industriel.

Le calcul des charges de pollution résulte donc soit d'une estimation forfaitaire (résultant de mesures effectuées sur une industrie similaire), soit de mesures effectuées sur l'industrie.

Les industries qui génèrent une pollution nette inférieure à la pollution domestique générée par 200 habitants ne sont pas redevables directement envers l'Agence de l'Eau et règlent leur taxe de pollution par l'intermédiaire de leur facture d'eau. Ces industries ne sont pas prises en compte dans l'évaluation des apports en nutriments d'origine industrielle aux milieux lagunaires.

#### b. Méthode d'estimation

Certaines coordonnées géographiques des rejets des différentes industries sont disponibles dans le fichier fourni par l'Agence de l'Eau. Cependant, de nombreux points de rejets ne sont pas localisés et les coordonnées géographiques sont peu précises.

Les limites administratives des communes et celles du bassin versant des lagunes n'étant pas les mêmes, certains rejets industriels indiqués dans la base de données à disposition n'atteignent pas forcément les lagunes étudiées. Une méthodologie est donc mise en

---

<sup>3</sup> Hormis sur le bassin versant de l'étang de Bages-Sigean (Dupré, 2003).

œuvre afin de déterminer si les rejets industriels sont réellement apportés aux milieux lagunaires.

Ainsi :

- les industries reliées à une station d'épuration sont tout d'abord éliminées de la base de données étant donné que leurs apports sont comptabilisés dans les apports des rejets des stations d'épuration.
- les rejets industriels situés sur des communes entièrement incluses dans les limites du bassin versant de la lagune sont considérés comme arrivant à la lagune.
- les caves viticoles qui ont un rendement épuratoire proche de 90 % valorisent leur effluent par un épandage sur les sols agricoles (AE RMC, pers. com.). Ce type d'apport, redondant avec les apports agricoles, n'est donc pas considéré dans les apports industriels.
- les redevances de pollutions nettes égales à 0 kg/j signifient que le système d'épuration utilisé est un bassin d'évaporation (AE RMC, pers. com.). Les industries utilisant ce type d'épuration, représentant théoriquement un apport nul en nutriments aux milieux naturels, ne sont pas considérées dans les apports industriels.

Le croisement de ces informations ainsi qu'une recherche bibliographique permet de déterminer si les rejets industriels de la base de données de l'Agence atteignent le milieu lagunaire étudié.

Contrairement aux rejets des stations d'épuration, les rejets des établissements industriels ne représentent pas une pollution constante dans l'année. Le rythme d'activité de l'industrie dépend de la disponibilité en matière première. Dans les estimations annuelles des charges azotées et phosphorées, il est donc nécessaire de tenir compte du rythme d'activité de l'industrie (La Jeunesse, 2001). Les valeurs communément retenues sont les suivantes :

- 180 jours par an pour les distilleries,
- 60 jours par an pour les caves,
- 250 jours par an pour les autres industries (basé sur une activité régulière de 5 jours par semaine).

Les apports annuels générés par les activités industrielles sont donc estimés en multipliant l'assiette des redevances nettes par le nombre de jour d'activité de l'industrie.

Les redevances sont établies en fonction de la quantité de pollution produite par les personnes publiques et privées un jour normal du mois de rejet maximal. Cette méthode d'estimation de la pollution générée par les industries tend donc à estimer la quantité maximale rejetée dans le milieu naturel.

## B. Estimation des apports diffus

Contrairement à l'estimation des apports ponctuels, l'estimation des apports diffus est rendue difficile par le fait que ces apports ne sont pas localisés en un endroit précis du bassin versant. De plus, ces apports sont fortement dépendants des épisodes pluvieux quant à leur transfert aux milieux aquatiques. Ces sources d'apports sont principalement représentées par l'agriculture, le ruissellement urbain et l'atmosphère.

### 1. Agriculture

Les apports agricoles sont issus de l'utilisation d'engrais azotés et phosphorés sur les terrains à vocation agricole afin de favoriser la croissance des végétaux. Une partie de l'azote et du phosphore utilisés pour accroître la production n'est pas utilisée par les cultures. Le lessivage par les pluies des terres agricoles entraîne alors les résidus de fertilisation (principalement les nitrates) non utilisés par les végétaux vers les milieux aquatiques.

Les transferts des nutriments des zones agricoles vers l'eau s'effectuent par diverses voies (ruissellement de surface, écoulement hypodermique, infiltration) et dépendent d'une grande variété de mécanismes physiques, chimiques et biologiques. Les expérimentations montrent bien les variations importantes de transfert de ces nutriments en réponse aux variations des conditions de transfert comme les conditions météorologiques, pédologiques et agronomiques (Université de Savoie, 1993).

Il existe deux types de modèles permettant d'estimer les apports diffus agricoles :

- les modèles déterministes (de gestion ou de qualité) permettent de reproduire les évolutions de débits et de concentrations à l'exutoire de petits bassins versants. Parmi ces modèles, l'échelle de travail peut être la parcelle agricole. Le pas de temps utilisé est

généralement inférieur à l'heure. Ces modèles sont donc bien adaptés pour simuler les particularités pluviométriques des régions méditerranéennes. Cependant, la mise en œuvre de ces modèles nécessite un grand nombre de données d'entrée et de calage du modèle (paramètres climatiques, caractéristiques morphologiques et pédologiques du bassin) et sont donc peu fonctionnels. Leur application sur des bassins versants de grandes tailles, comme les bassins versants des lagunes suivies dans le cadre du défi n'est donc pas envisageable.

- les modèles stochastiques comme l'utilisation de ratios d'exportation permettent d'évaluer les apports totaux d'un bassin versant (Benneton, 1984). Cette méthode utilise le principe selon lequel, pour une année aux conditions climatiques normales, à chaque type d'occupation du sol correspond une charge relativement constante de nutriments exportés par unité de surface. Ces modèles prennent en compte la production potentielle d'éléments dissous ou particuliers à une échelle annuelle. Cependant, les processus de transfert depuis le site de production ne sont pas pris en compte.

Compte tenu de l'échelle spatiale à laquelle le défi « lagunes » est mené, la méthode des ratios d'exportation est utilisée.

#### a. Données disponibles

Les données du Recensement Général Agricole de 2000 (RGA 2000) sont disponibles pour les communes du bassin versant des lagunes étudiées (AE RMC). Ces données permettent d'accéder aux surfaces des différentes cultures dont le siège de l'exploitation est inscrit dans une commune donnée. Un traitement des données effectué par le Service Central des Enquêtes et Etudes Statistiques (SCEES) pour le compte de l'Agence de l'Eau RM&C permet de disposer des données agrégées par sous bassin versant.

#### b. Méthode d'estimation

Suivant le type d'occupation du sol, des coefficients d'exportation pour l'azote et le phosphore sont disponibles dans la littérature (Tableau 6).

Occupation du sol	Ratio d'exportation pour le phosphore (kg ha <sup>-1</sup> an <sup>-1</sup> )	Ratio d'exportation pour l'azote (kg ha <sup>-1</sup> an <sup>-1</sup> )	Références bibliographiques
Vignes	0,25 à 1	2 à 8	Albigès & al, 1991
Vergers	0,25 à 1	10 à 30	Albigès & al, 1991
Céréales	0,25 à 1	10 à 30	Albigès & al, 1991
Légumes et cultures industrielles	0,25 à 1	10 à 30	Albigès & al, 1991

**Tableau 6 : Estimations des ratios d'exportation de phosphore et d'azote par type d'occupation du sol.**

Les ratios d'exportation ne sont pas disponibles pour tous les types d'occupation du sol. Un regroupement thématique entre les différents types d'occupation du sol du RGA est donc effectué :

- Céréales : blé dur, blé tendre, orge, escourgeon, avoine, maïs, sorgho, riz ;
- Cultures industrielles : colza, tournesol, soja, autres oléagineux, pommes de terre, légumes frais, fraises, melons ;
- Vergers : abricotiers, cerisiers, pêchers et nectariniers, pruniers, poiriers, pommiers, agrumes, kiwis, olives, autres fruits à coques, pépinières ornementales ;
- Vignes : vignes.

Les ratios d'exportation sont fournis sous forme d'intervalle. Les estimations des apports sont effectuées en considérant une valeur moyenne de l'intervalle. Dans la partie résultats du présent rapport, la barre d'erreur indiquée sur les graphiques correspond aux calculs avec la valeur de la borne supérieure de l'intervalle.

## **2. Ruissellement urbain**

Les apports urbains en nutriments sont issus du ruissellement des surfaces urbanisées lors d'épisodes pluvieux. Le ruissellement urbain est estimé en considérant la même méthodologie utilisée pour l'estimation des apports diffus agricoles.

### **a. Données disponibles**

Une base de données Géozoum version 1.0 (AME & DIREN, 2001) de l'occupation du sol du littoral du Languedoc-Roussillon est disponible en mode raster. Cette couche

d'informations est la plus récente en ce qui concerne l'occupation du sol du littoral du Languedoc-Roussillon. La nomenclature de la base de données Géozoum permet de distinguer 5 grands niveaux :

- les territoires artificialisés,
- les territoires agricoles,
- les forêts et les milieux semi-naturels,
- les zones humides,
- les eaux.

La précision globale de cette base de données d'occupation du sol est faible (Payraudeau, 2002). De nombreuses confusions de thèmes existent, notamment entre les différentes cultures agricoles. En revanche, les territoires artificialisés apparaissent être une source de données relativement fiables pour l'estimation des apports du ruissellement urbain, les confusions de cette couche avec d'autres thèmes étant plus incertaines.

La partie Nord du bassin versant des étangs du complexe palavasien n'est pas identifiée dans l'occupation du sol de la base de données Géozoum. L'occupation du sol de la Base de Données Cartographique de l'IGN (BD Cartographique, version 2, 1997) est alors utilisée pour compléter les surfaces urbanisées manquantes. Dans cette base de données, les zones urbanisées suivantes sont considérées :

- le bâti,
- les zones industrielles, commerciales, de communication ou de loisirs,
- les carrières et décharges.

#### b. Méthode d'estimation

Le format raster de la base de données Géozoum ne permet pas de calculer les surfaces des zones urbanisées à l'aide d'un Système d'Informations Géographiques. Une vectorisation de l'image est donc effectuée afin d'individualiser les différents pixels.

Un traitement sous un logiciel SIG (Arcview 3.3) est ensuite effectué pour découper l'occupation du sol en fonction des limites du bassin versant des lagunes étudiées. Les surfaces des zones urbanisées sont ensuite calculées par bassin versant.

Des coefficients d'exportation pour l'azote et le phosphore, disponibles dans la littérature pour le ruissellement urbain sont ensuite appliqués. Ainsi, il est considéré un apport

compris entre 0,5 et 5 kg ha<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup> pour le phosphore et 5 et 15 kg ha<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup> pour l'azote (AQUASCOP, 2001).

Les bases de données d'occupation du sol ont été produites par télédétection, à partir de données satellitaires. Elles sont issues de l'analyse d'images de l'année 1999 pour Géozoum, et 1996 pour la BD Cartographique. L'évolution des surfaces des zones urbanisées depuis ces dates est donc négligée.

### **3. Atmosphère**

Les apports naturels sont représentés par les apports atmosphériques directs par les pluies, qui peuvent être chargées en composés azotés et phosphorés dissous.

#### **a. Données disponibles**

Des valeurs caractérisant les apports atmosphériques en azote et en phosphore concernant les régions méditerranéennes sont disponibles dans la littérature (Loye-Pilot & al, 1990). Ainsi, on considère un apport de 0,15 kg ha<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup> pour le phosphore et 5 kg ha<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup> pour l'azote.

#### **b. Méthode d'estimation**

Les apports atmosphériques concernent l'ensemble du bassin versant des lagunes. Cependant, les ratios d'exportation utilisés pour l'estimation des apports agricoles et le ruissellement urbains ont été calculés en intégrant déjà comme terme d'entrée ces apports atmosphériques (Benneton, 1984). Les ratios d'exportation utilisés pour l'évaluation des apports atmosphériques sont donc appliqués uniquement sur la surface des lagunes.

### **C. Limites des estimations**

#### **1. Apports diffus**

Les connaissances fragmentaires concernant la dynamique de minéralisation de la matière organique dans les sols, la dynamique de transfert des nutriments et la répartition des apports entre eaux souterraines et eaux superficielles font que l'estimation des apports agricoles n'est pas une chose aisée. Dans le but de déterminer globalement les pressions

exercées sur un bassin versant, la méthode des ratios d'exportation est apparue la méthode la plus adaptée. On gardera tout de même à l'esprit que la marge d'erreur concernant l'estimation des apports agricoles (sans que l'on puisse l'évaluer à l'échelle d'un bassin versant dans l'état actuel des connaissances) est plus importante que celle concernant les estimations des apports ponctuels.

**Les estimations des apports diffus présentés dans ce rapport devront être affinées par la suite lorsque que les connaissances scientifiques permettront de mieux caractériser ce type d'apport.**

## **2. Autoépuration**

Dans le but de considérer les phénomènes d'autoépuration dans l'estimation des apports en nutriments aux milieux lagunaires, une recherche bibliographique a été effectuée.

Les estimations des valeurs de coefficient d'autoépuration consistent le plus souvent à calculer un coefficient d'abattement à partir d'acquisition de données de terrain sur un secteur de cours d'eau peu influencé par des rejets de polluants (CEBEDEAU, 1972). Le coefficient est ensuite appliqué sur tout le linéaire du cours d'eau dont les caractéristiques morphodynamiques ne changent pas fondamentalement. Les coefficients d'abattement fournis se veulent donc spécifiques du milieu sur lequel ils ont été calculés.

Une autre approche peut également être appliquée en utilisant des modèles de qualité déjà bien calibrés et pour lesquels les valeurs d'autoépuration sont directement calculées en fonction des caractéristiques morphodynamiques de la rivière (Lagasquie, 1999). Mais de tels modèles nécessitent de renseigner un nombre considérable de paramètres à des échelles très fines (tout les cent mètres). Cette approche ne peut donc pas être utilisée dans l'étude.

Les expériences menées permettent généralement de déterminer les éléments et facteurs influençant les phénomènes d'autoépuration. Ainsi, au niveau des cours d'eau, les processus déterminant dans l'autoépuration sont le débit des cours d'eau, la vitesse, la profondeur et la température (Lagasquie, 1999). Des facteurs d'ordre chimiques et biologiques influencent également l'efficacité épuratrice d'une rivière. Les abattements de

charges mesurés sont donc soumis à la complexité et la diversité des processus mis en jeu. La standardisation des mesures de l'autoépuration est de ce fait difficile (Université de Savoie, 1993).

**L'autoépuration est un phénomène spécifique d'un milieu donné. L'application d'un coefficient d'abattement identique à l'ensemble des cours d'eau du bassin versant des lagunes étudiées serait donc erronée. Ce phénomène ne sera donc pas considéré dans les estimations des apports aux lagunes issus des bassins versants. Les apports des bassins versants estimés dans le cadre de cette étude seront considérés comme tous véhiculés jusqu'aux milieux lagunaires.**

### III. Application de l'outil d'aide à la décision

Dans le cadre du défi lagunes, un outil d'aide à la décision est développé afin d'évaluer le pourcentage de réduction des apports des bassins versants qu'il serait nécessaire d'apporter afin de restaurer l'état vis-à-vis de l'eutrophisation des milieux lagunaires.

#### A. Relation entre les estimations des apports et les données du Réseau de Suivi Lagunaire

L'outil d'aide à la décision développé dans le cadre du défi est basé sur l'étude des relations entre les estimations des rejets sur les bassins versants et les concentrations mesurées dans l'eau des milieux aquatiques. Les relations définies permettront d'évaluer l'impact d'une réduction des apports du bassin versant sur la qualité trophique des milieux lagunaires.

Ce type d'approche a déjà fait l'objet de nombreuses publications (Vollenweider, 1976 ; Nixon, 1983 ; Vaulot & Frisoni, 1986 ; CEMAGREF & al, 1991 ; Cloern, 2001). Ces relations ont également été étudiées et mises en évidence dans deux études antérieures au défi « lagunes » (Dupré, 2002, 2003).

## **1. Données disponibles**

Depuis 2000, dans le cadre du Réseau de Suivi Lagunaire, des prélèvements et analyses sont effectués dans l'eau des lagunes du Languedoc-Roussillon (nitrate, nitrite, azote total, phosphate, phosphore total,...) dans le but de renseigner des grilles de qualité permettant de diagnostiquer l'état trophique des milieux lagunaires. Les résultats du Réseau de Suivi Lagunaire ont montré que l'interprétation des grilles estivales de la colonne d'eau permet de diagnostiquer globalement l'état trophique des lagunes (Ifremer & al, 2000).

La base de données estivales 2004 du RSL est mise à disposition afin d'étudier les relations entre les estimations des rejets sur les bassins versants et les concentrations dans l'eau des lagunes.

## **2. Traitement des données**

Le phosphore et l'azote dans l'eau des milieux lagunaires sont présents sous formes minérales et organiques. Suivant les conditions physico-chimiques du milieu et son état d'eutrophisation, les composés impliqués dans l'eutrophisation peuvent être présents à l'intérieur de la biomasse (notamment dans le plancton) ou sous forme de sels nutritifs (Ifremer et al, 2000). Les formes totales de phosphore (PT) et d'azote<sup>4</sup> (NT) sont donc utilisées dans l'étude des relations permettant ainsi de s'affranchir de la localisation des éléments nutritifs (sels nutritifs, plancton, matières détritiques) au sein des différents compartiments considérés.

Dans le cadre du RSL, certains étangs sont diagnostiqués par zones. Dans la présente étude, l'état d'eutrophisation des lagunes étant destiné à être mis en relation avec les apports du bassin versant, la distinction des différentes zones n'est pas faite. Les mesures de concentrations estivales NT et PT sont moyennées à l'échelle de chaque lagune pour obtenir une homogénéité dans le traitement des données.

---

<sup>4</sup> L'azote total et le phosphore total correspondent aux formes organiques et inorganiques à la fois dissoutes et particulaires (sels nutritifs, matières détritiques, plancton). L'azote gazeux qui intervient de façon négligeable dans les phénomènes d'eutrophisation ne fait pas partie de l'azote total dans cette étude.

## B. Evaluation de la réduction nécessaire pour restaurer l'état d'eutrophisation des milieux lagunaires.

En utilisant les relations définies entre les apports en phosphore et azote exprimés par unité de volume de lagune et les concentrations moyennes estivales en PT et NT collectées dans l'eau des lagunes, une estimation du pourcentage de réduction des apports nécessaire afin de gagner des classes de qualité trophique (définies par rapport aux concentrations en nutriments dans la colonne d'eau) est calculée par extrapolation. Les résultats de ces calculs permettront d'évaluer la pertinence de différents aménagements simulés dans la restauration des milieux lagunaires.

Les objectifs du Plan de Développement Durable du littoral sont utilisés pour la définition des hypothèses de calcul. Ainsi, pour les lagunes présentant un mauvais état vis-à-vis de l'eutrophisation, un objectif de reconquête de deux classes de qualité est visé (passage d'un état rouge à un état jaune tel que défini dans le Réseau de Suivi Lagunaire). On considère donc dans le calcul, d'atteindre la classe moyenne (jaune) vis-à-vis de l'eutrophisation.

Compte tenu des incertitudes concernant la dynamique de restauration des milieux lagunaires, l'évaluation du pourcentage est faite uniquement dans un objectif d'atteindre la classe moyenne vis-à-vis de l'eutrophisation (telle que définie dans le RSL). Il est en effet considéré qu'au-delà de cette classe, les phénomènes de relargage sédimentaire auraient un rôle prédominant dans l'entretien de l'eutrophisation (pers.com.). La réduction calculée pour atteindre un bon état ou un très bon état vis-à-vis de l'eutrophisation ne permettrait donc pas de restaurer rapidement la qualité des milieux lagunaires.

## C. Projections de scénarios

Dans le but d'évaluer l'impact de différents aménagements sur l'état d'eutrophisation des milieux lagunaires, différents scénarios de réduction des apports des bassins versants sont testés. Compte tenu de la difficulté d'avoir une vision prospective sur la réduction des apports diffus, les scénarios concernent uniquement les aménagements au niveau des stations d'épuration.

L'accroissement de la population des communes des bassins versants est considéré simultanément pour l'évaluation de l'impact des aménagements sur la qualité trophique des lagunes.

Ainsi, en fonction de l'accroissement de la population et des projets en cours ou simulés au niveau des stations d'épuration, les apports des bassins versants sont recalculés.

### **1. Projection d'accroissement de population**

L'accroissement de la population sur le bassin versant des lagunes peut influencer, par l'augmentation des rejets des stations d'épuration, la qualité d'eutrophisation des lagunes. Il apparaît donc indispensable de considérer ce facteur dans la gestion des milieux lagunaires.

La croissance démographique du Languedoc-Roussillon se caractérise par l'importance des phénomènes migratoires (INSEE, 2001). Ainsi, 2 principaux scénarios sont considérés par l'INSEE :

- Un scénario dit « centrale », qui reconduit les comportements migratoires par âge et par sexe pour la période 1982-1999 (maintien de la fécondité à son niveau de 1999, baisse de la mortalité au même rythme que la tendance nationale),
- Un scénario dit « alternatif », qui reconduit les comportements migratoires par âge et par sexe pour la période 1990-1999 (maintien de la fécondité à son niveau de 1999, baisse de la mortalité au même rythme que la tendance nationale).

Les projections de population consistent donc à prolonger les tendances des évolutions constatées dans le passé.

Cependant, compte tenu du fléchissement de l'accroissement de la population observé au cours des dix dernières années, le scénario dit « alternatif » apparaît plus réaliste pour les statisticiens (INSEE, 2002). Ainsi, les projections effectuées dans le cadre du défi lagunes sont basées sur les mêmes hypothèses que le scénario dit « alternatif » de l'INSEE. La croissance démographique est projetée sur 10 ans (soit 2015).

**Les évolutions tendanciennes de la population peuvent être influencées par de multiples facteurs (économique, politique...) et ne peuvent donc être considérées comme des prévisions. Les projections sont donc destinées à servir de base de réflexion pour la programmation d'aménagement en matière de gestion de la pollution domestique.**

## **2. Projection d'aménagements**

### **a. Etang de l'Or**

Un contrat de Baie a été signé au mois de juillet 2004 pour la gestion de l'étang de l'Or. Parmi les différents objectifs à atteindre dans ce Contrat, l'amélioration de la qualité des eaux, notamment vis-à-vis de l'eutrophisation est définie comme prioritaire. Les hypothèses retenues sur le bassin versant de l'étang de l'Or sont :

- Hypothèse 1 : pour les stations d'épuration > 5 000 EH, application des normes 10 mg/L pour l'azote et 1 mg/L pour le phosphore et pour les stations d'épuration 2 000-5 000 EH, application des normes 15 mg/L pour l'azote et 2 mg/L pour le phosphore,
- Hypothèse 2 : déconnection du bassin versant des stations d'épuration de St Aunès, Mauguio bourg - Mudaison<sup>5</sup>, Mauguio/Carnon, Lunel Viel, La Grande Motte, Baillargues - St Brès<sup>6</sup>, Lunel.

### **b. Etangs du complexe palavasien**

Sur le bassin versant des étangs du complexe palavasien, la mise en route de l'émissaire de l'Agglomération de Montpellier est un aménagement notamment destiné à restaurer les milieux lagunaires.

Ainsi, les hypothèses suivantes sont considérées :

- Hypothèse 1 : mise en route de l'émissaire (les raccordements prévus des stations d'épuration de l'Agglomération de Montpellier sont considérés),
- Hypothèse 2 : raccordement de l'ensemble des stations d'épuration du bassin versant à l'émissaire de l'agglomération de Montpellier.

### **c. Etang de Thau**

Du fait de l'importance de la conchyliculture sur l'étang de Thau, les systèmes de lagunage pour traiter les eaux résiduaires urbaines sont utilisés dans le but de limiter les apports bactériologiques vers les eaux de l'étang.

---

<sup>5</sup> Le raccordement de la station d'épuration de Mauguio bourg et Mudaison est en cours.

<sup>6</sup> Le raccordement de la station d'épuration de Baillargues et Saint Brès est en cours.

Différentes hypothèses sont testées sur cet étang :

- Hypothèse 1 : cas où seulement l'accroissement de la population est considéré,
- Hypothèse 2 : application des normes 15 mg/L pour l'azote et 2 mg/L pour le phosphore pour la station d'épuration de Poussan/Bouzigues,
- Hypothèse 3 : raccordement du rejet de la station d'épuration de Poussan/Bouzigues à l'émissaire en mer de la station de Sète.

#### d. Etang de Bages-Sigean

Depuis la mise en service de la nouvelle station d'épuration de Narbonne, les flux azotés et phosphorés vers l'étang de Bages-Sigean ont été considérablement réduits. Le scénario retenu sur le bassin versant de l'étang est de considérer la mise aux normes des stations d'épuration de Port la Nouvelle et Sigean. Ainsi, il est considéré que les stations d'épuration traitent l'azote et le phosphore en respectant les normes suivantes :

- Port-la-Nouvelle : 15 mg/L pour l'azote et 1 mg/L pour le phosphore,
- Sigean : 15 mg/L pour l'azote et 2 mg/L pour le phosphore.

#### e. Etang de Canet Saint-Nazaire

Les principaux aménagements des stations d'épuration sur le bassin versant de l'étang de Canet ont été effectués ou sont actuellement en cours. Les hypothèses retenues sont :

- Hypothèse 1 : application des normes de 15 mg/L pour l'azote et 1mg/L pour le phosphore pour la station d'épuration de Cabestany,
- Hypothèse 2 : application des normes de 15 mg/L pour l'azote et 1mg/L pour les stations d'épuration > 5 000 EH,
- Hypothèses 3 : déconnexion du bassin versant des rejets des stations d'épuration > 5 000 EH.

### **3. Evaluation de l'impact des aménagements**

L'impact des différents scénarios de réduction des apports du bassin versant associés aux hypothèses d'accroissement de la population est évalué par extrapolation en utilisant les

relations entre les apports des bassins versants et les concentrations dans l'eau des milieux lagunaires pour l'azote et le phosphore. Cette évaluation permettra de définir des propositions d'aménagements dans le but de restaurer les milieux lagunaires étudiés.

## **PARTIE III : Résultats**

---

## I. Estimations des apports en nutriments

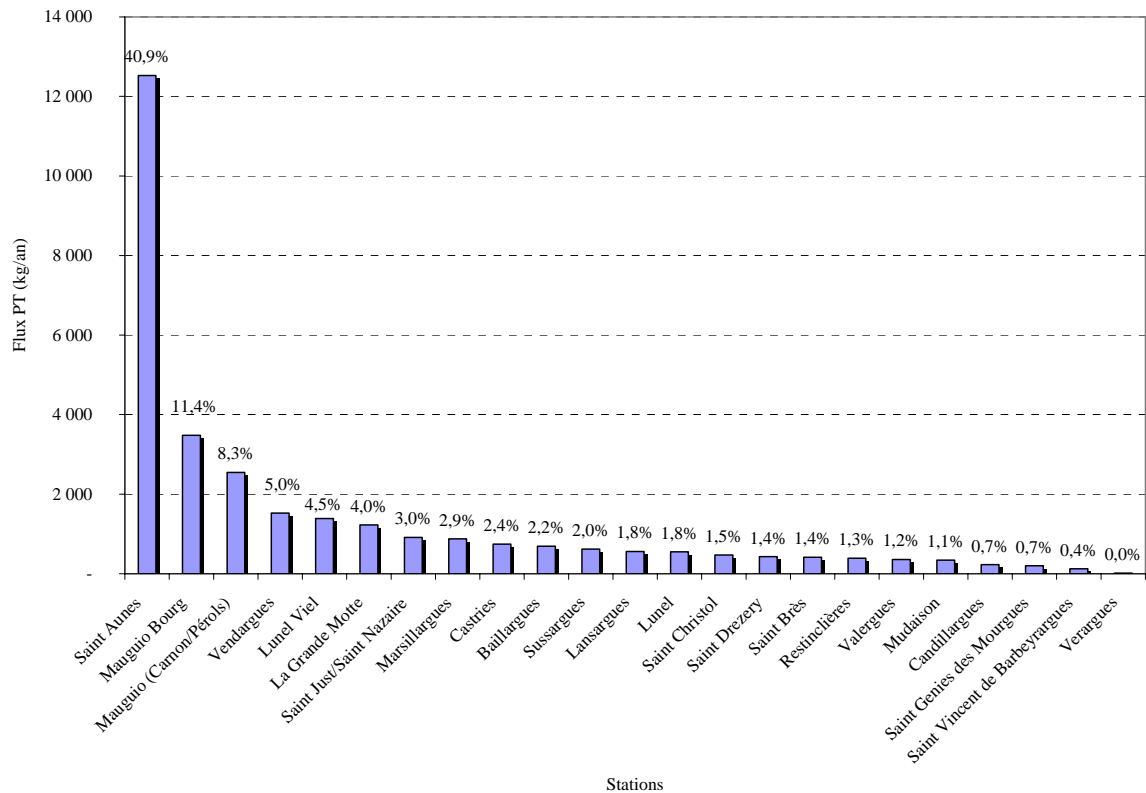
**Les résultats des estimations des apports en azote et phosphore sont présentés par bassin versant. Il est rappelé que les bilans des apports proposés demandent à être confirmés, notamment par une meilleure estimation des apports diffus. Cependant, compte tenu des connaissances actuelles, ces estimations permettront de caractériser les pressions dominantes exercées sur le bassin versant des milieux lagunaires et ainsi de définir des propositions d'actions permettant d'améliorer l'état d'eutrophisation des lagunes.**

### A. Etang de l'Or

#### **1. Apports des stations d'épuration**

##### a. Phosphore

Les estimations des apports des stations d'épuration montrent la forte contribution de la station de Saint Aunes qui représente plus de 40 % des charges phosphorées estimées sur l'ensemble des stations suivies (Figure 5). Dans une moindre mesure, les stations de Manguio-bourg et Carnon-Pérols représentent près de 20 % des apports des stations d'épuration à l'échelle du bassin versant. Les contributions individuelles des autres stations d'épuration apparaissent négligeables par rapport aux 3 stations précédemment citées, mais représentent au total 40 % des apports.



**Figure 5 : Estimations des apports annuels en phosphore issus des rejets des stations d'épuration sur le bassin versant de l'étang de l'Or. Les pourcentages indiqués représentent la contribution aux apports de chaque station d'épuration sur l'ensemble des stations du bassin versant.**

#### b. Azote

La station d'épuration de Saint Aunès représente également pour l'azote la plus importante contribution aux apports des stations d'épuration à l'échelle du bassin versant avec une charge annuelle estimée à 90 T (Figure 6). Dans une moindre mesure, les stations de Carnon-Pérols et la Grande Motte représentent chacune un apport azoté estimé à 60 T.

La hiérarchisation effectuée montre que 6 stations d'épuration (Saint Aunès, Carnon/Pérols, La Grande Motte, Mauguio Bourg, Baillargues, Lunel) représentent près de 85 % des apports en azote issus des stations d'épuration.

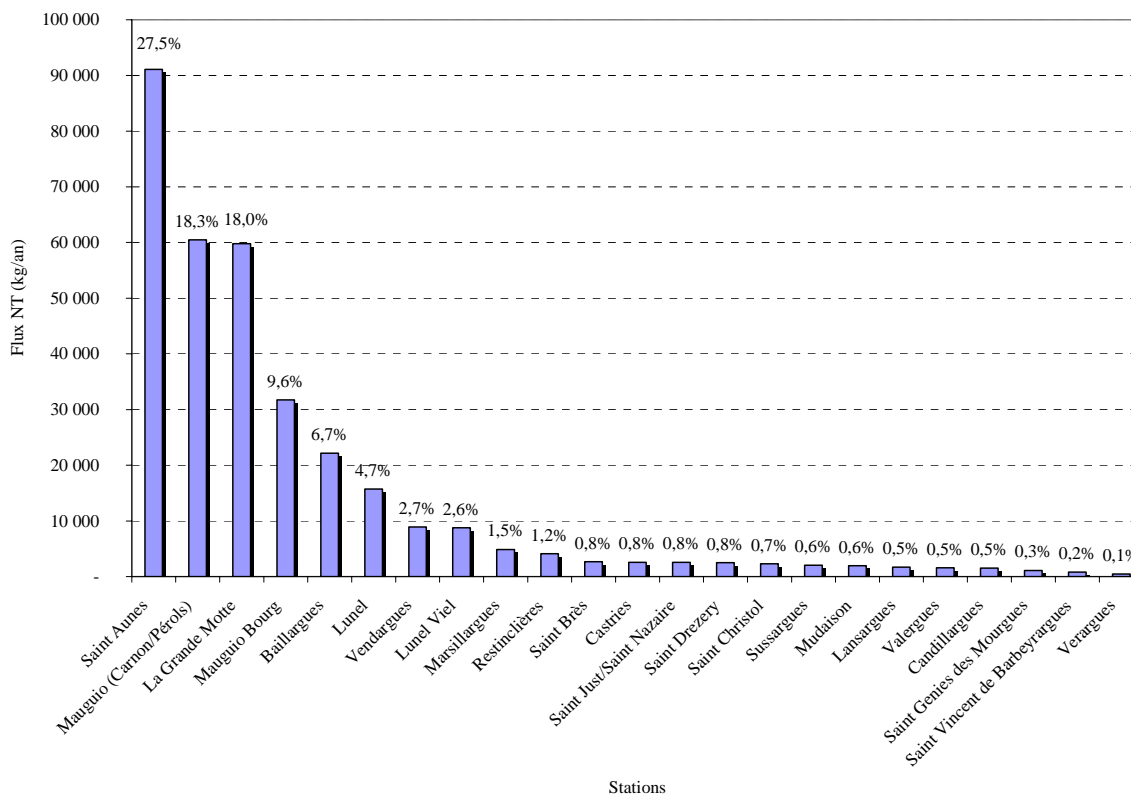


Figure 6 : Estimations des apports annuels en azote issus des rejets des stations d'épuration sur le bassin versant de l'étang de l'Or. Les pourcentages indiqués représentent la contribution aux apports de chaque station d'épuration sur l'ensemble des stations du bassin versant.

## 2. Apports des industries

Les rejets en nutriments issus des activités industrielles sur le bassin versant de l'étang de l'Or restent faibles à l'échelle du bassin versant (Tableau 7).

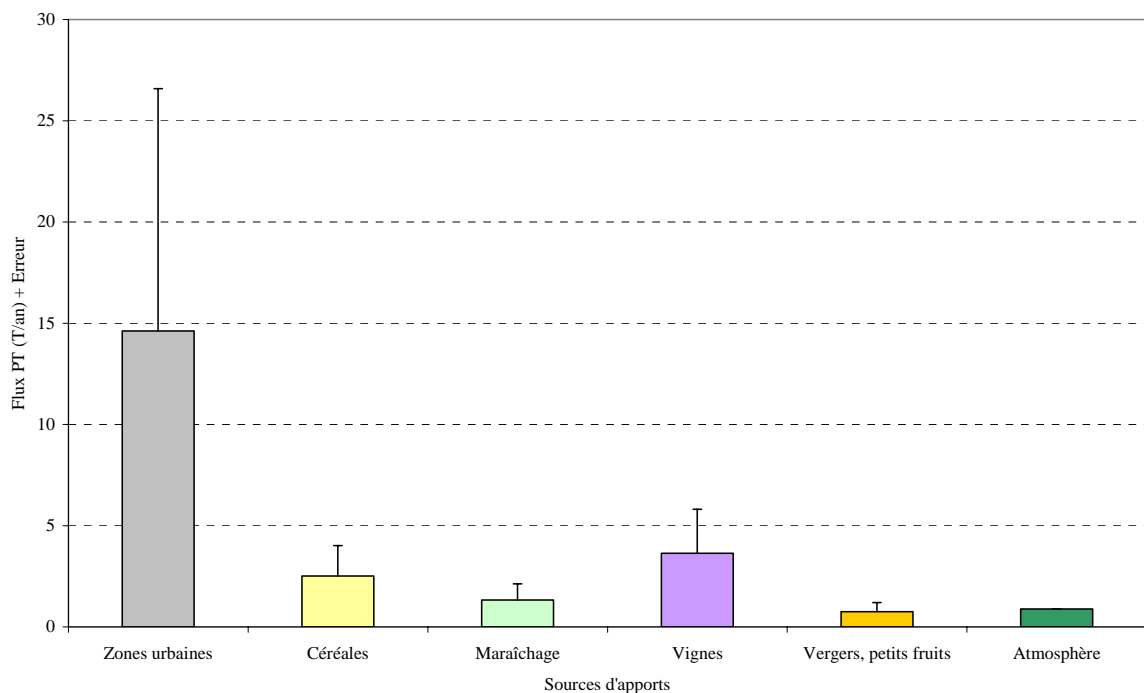
Estimation des apports en phosphore total (kg an <sup>-1</sup> )	Estimation des apports en azote Kjeldahl (kg an <sup>-1</sup> )
453	2 507

Tableau 7 : Estimations des apports en phosphore total et en azote Kjeldahl issus des rejets des industries sur le bassin versant de l'étang de Or.

### 3. Apports diffus

#### a. Phosphore

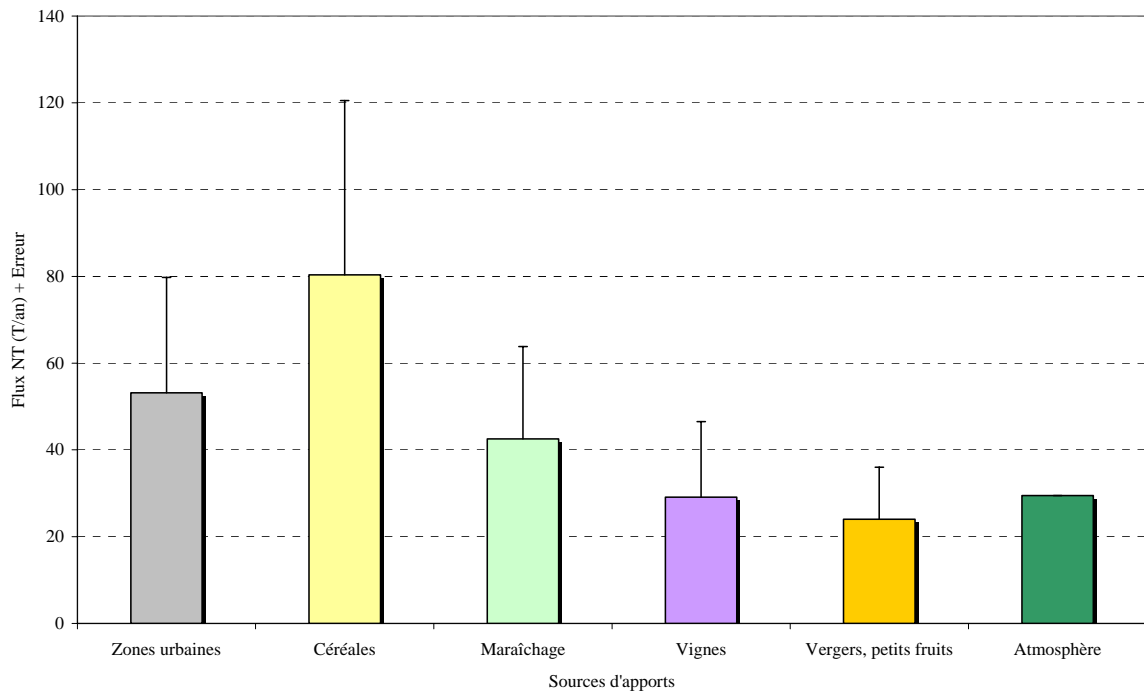
Le ruissellement urbain semble représenter une source importante d'apports en phosphore sur le bassin versant de l'étang de l'Or (Figure 7). Avec des charges azotées estimées deux fois moins importantes que celles du ruissellement urbain, le ruissellement des terres agricoles apparaît également comme une source d'apport importante. Les apports atmosphériques en phosphore semblent négligeables à l'échelle du bassin versant.



**Figure 7 : Estimations des apports diffus en phosphore issus de différentes sources sur le bassin versant de l'étang de l'Or.**

#### b. Azote

Contrairement aux apports en phosphore, les apports en azote d'origine diffuse semblent principalement issus du ruissellement des terres à vocation agricole (Figure 8). Avec des charges estimées 3 fois moins élevées que les charges agricoles estimées, le ruissellement urbain semble également représenter une source d'apport en azote non négligeable. Dans une moindre mesure, les apports d'origine atmosphérique semblent également représenter des tonnages annuels importants.

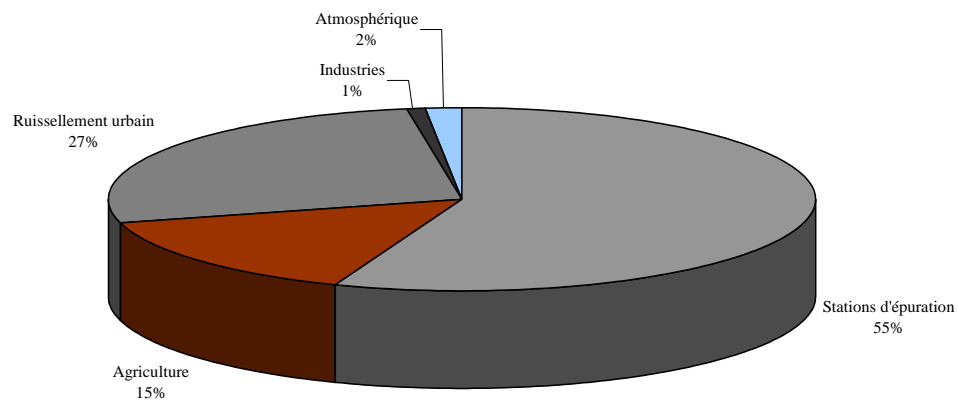


**Figure 8 : Estimations des apports diffus en azote issus de différentes sources sur le bassin versant de l'étang de l'Or.**

#### 4. Bilan

##### a. Phosphore

Les stations d'épuration apparaissent comme la source principale d'apports en phosphore sur le bassin versant de l'étang de l'Or (Figure 9). Dans des proportions plus faibles, le ruissellement urbain et l'agriculture semblent également contribuer de manière importante aux apports en phosphore sur le bassin versant. Les apports industriels et atmosphériques apparaissent négligeables à l'échelle du bassin versant.



**Figure 9 : Bilan des estimations des apports en phosphore effectués sur le bassin versant de l'étang de l'Or.**

## b. Azote

Concernant les charges azotées estimées, les stations d'épuration et l'agriculture, avec respectivement des contributions estimées à 49 % et 39 % apparaissent comme les deux principales sources d'apports en azote sur le bassin versant de l'étang de l'Or (Figure 10). Bien que représentant des charges importantes (notamment pour le ruissellement urbain), les contributions relatives des autres sources d'apports apparaissent aujourd'hui négligeables à l'échelle du bassin versant.

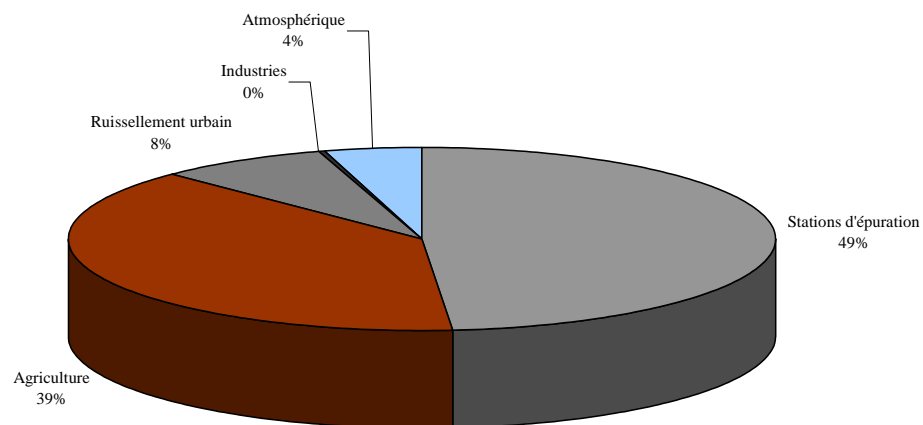


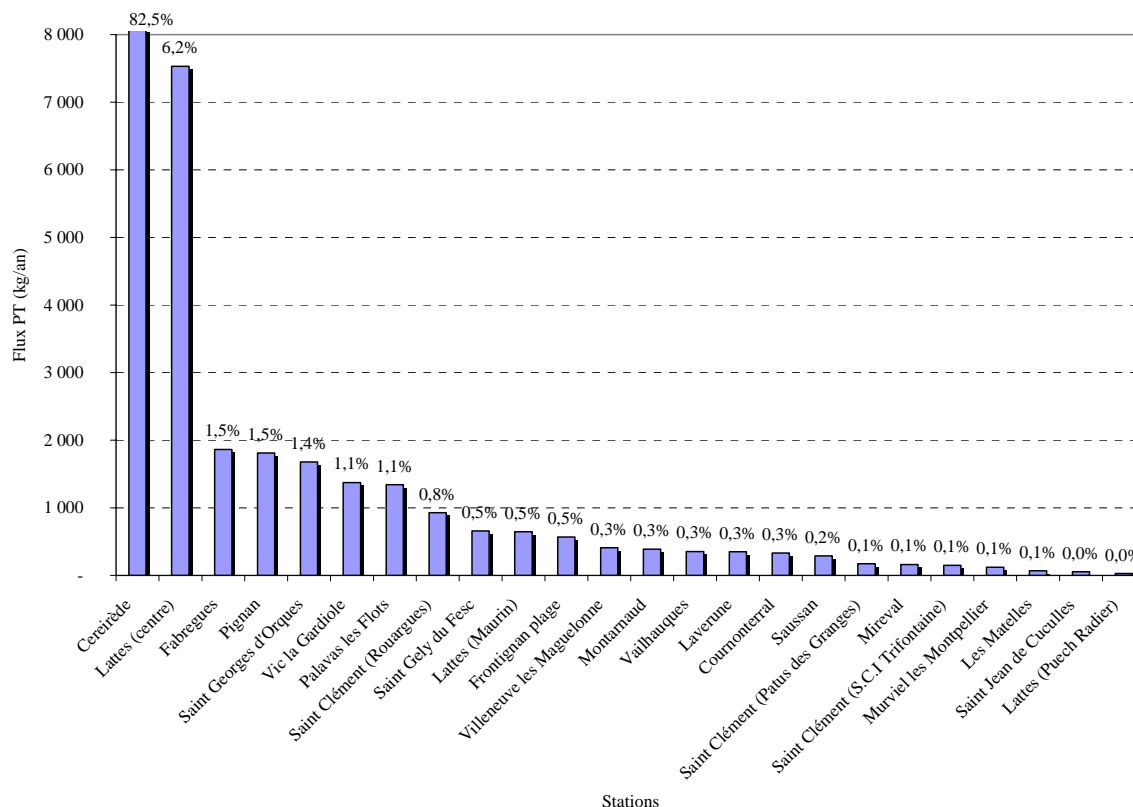
Figure 10 : Bilan des estimations des apports en azote effectués sur le bassin versant de l'étang de l'Or.

## B. Etangs du complexe palavasien

### 1. Apports des stations d'épuration

#### a. Phosphore

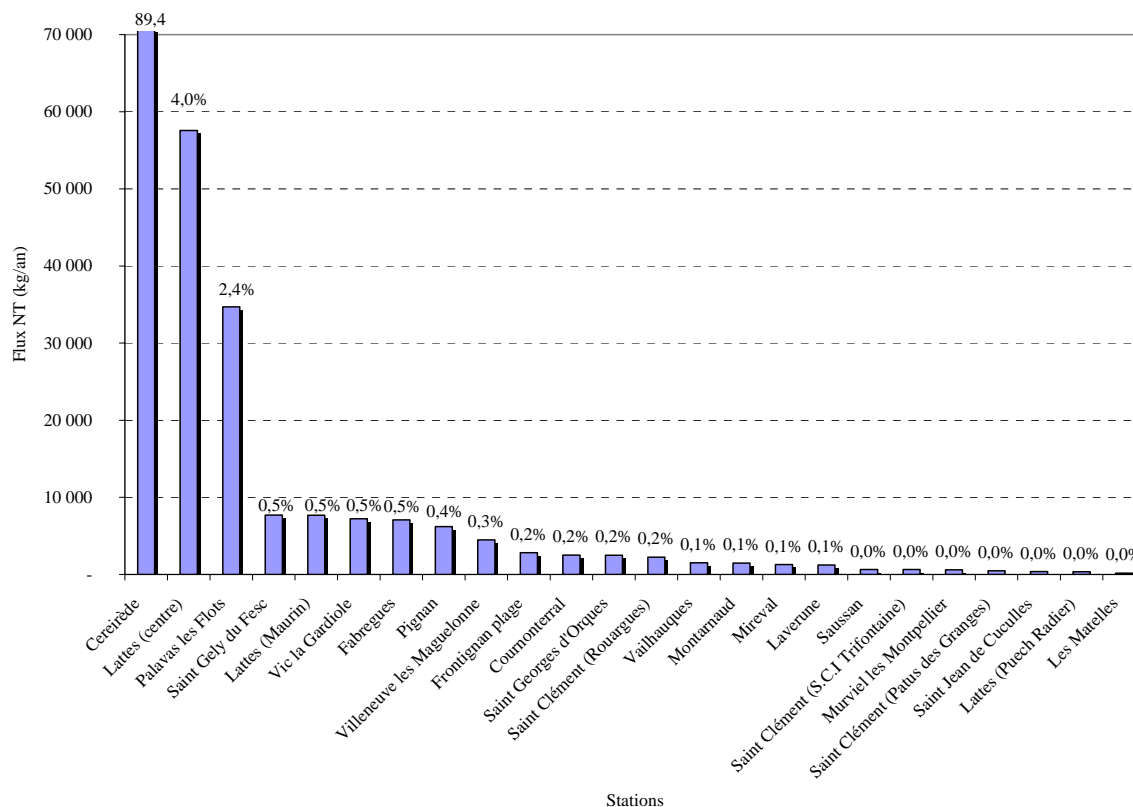
La station d'épuration de Montpellier (Céreirède), avec une charge annuelle en phosphore estimée à plus de 100 T, représente la source principale d'apport sur le bassin versant des étangs du complexe palavasien (Figure 11). La station de Lattes Centre, dont le rejet s'effectue directement dans l'étang de Méjean-Pérols représente 6 % des apports des stations d'épuration à l'échelle du bassin versant. En terme de contribution relative, les autres stations d'épuration situées sur le bassin versant apparaissent négligeables.



**Figure 11 : Estimations des apports annuels en phosphore issus des rejets des stations d'épuration sur le bassin versant des étangs du complexe palavasien. Compte tenu de la part prédominante de la station d'épuration de Montpellier dans les apports phosphorés estimés, l'axe des ordonnées est coupé à 8 000 kg an<sup>-1</sup> afin de mieux distinguer les estimations des apports issus des autres stations d'épuration. Les pourcentages indiqués représentent la contribution aux apports de chaque station d'épuration sur l'ensemble des stations du bassin versant.**

#### b. Azote

Comme pour le phosphore, le rejet de la station d'épuration de Montpellier, estimé à près de 1 300 T/an, représente la source principale d'apports en azote issus des stations d'épuration sur le bassin versant des étangs du complexe palavasien (Figure 12). Dans une moindre mesure, la station d'épuration de Lattes Centre représente 4 % des apports à l'échelle du bassin versant. Bien que représentant seulement une part négligeable à l'échelle du bassin versant, les apports de la station de Palavas les Flots, dont le rejet s'effectue directement dans l'étang du Grec, sont estimés à près de 35 T d'azote par an. Les apports des autres stations apparaissent négligeables à l'échelle du bassin versant.



**Figure 12 : Estimations des apports annuels en azote issus des rejets des stations d'épuration sur le bassin versant des étangs du complexe palavasien. Compte tenu de la part prédominante de la station d'épuration de Montpellier dans les apports phosphorés estimés, l'axe des ordonnées est coupé à 70 000 kg an<sup>-1</sup> afin de mieux distinguer les estimations des apports issus des autres stations d'épuration. Les pourcentages indiqués représentent la contribution aux apports de chaque station d'épuration sur l'ensemble des stations du bassin versant.**

## 2. Apports des industries

Les rejets en nutriments issus des activités industrielles sur le bassin versant des étangs du complexe palavasien apparaissent faibles à l'échelle du bassin versant (Tableau 8).

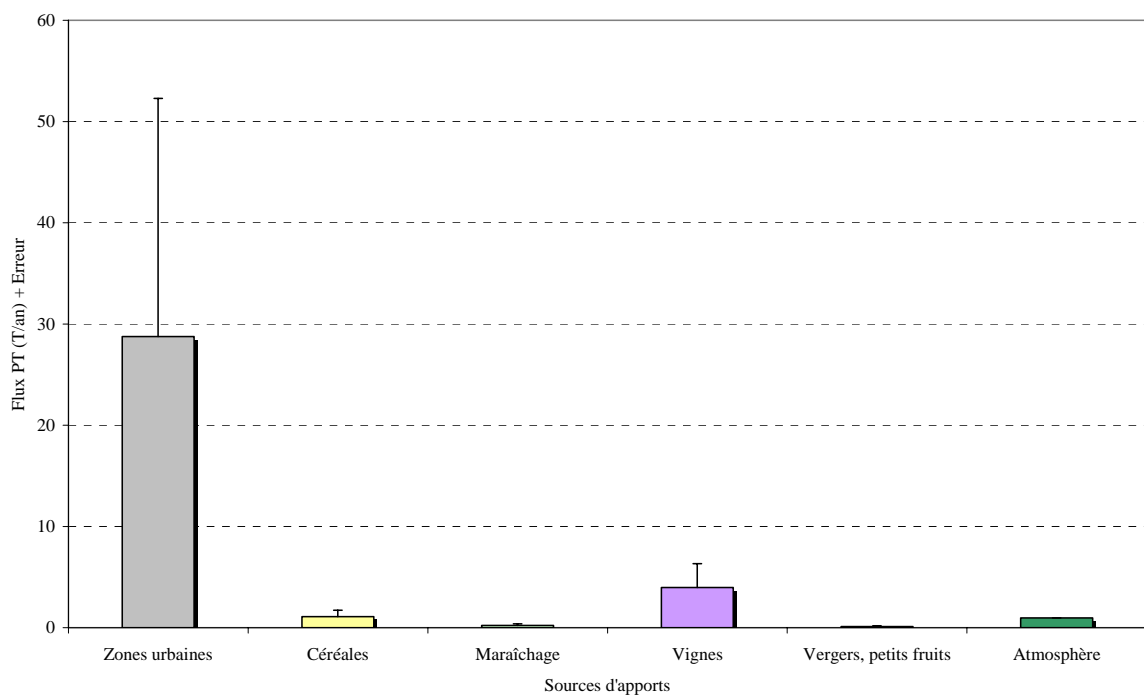
Estimation des apports en phosphore total (kg an <sup>-1</sup> )	Estimation des apports en azote Kjeldahl (kg an <sup>-1</sup> )
190	1 770

**Tableau 8 : Estimations des apports en phosphore total et en azote Kjeldahl issus des rejets des industries sur le bassin versant des étangs du complexe palavasien.**

### 3. Apports diffus

#### a. Phosphore

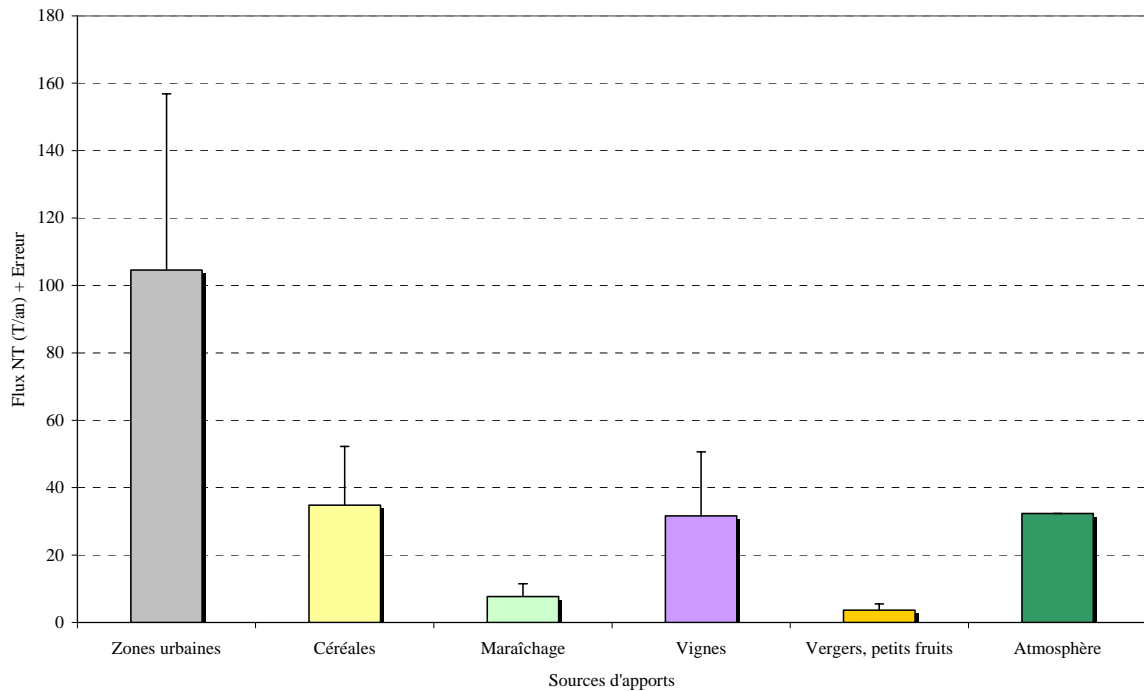
Le ruissellement des zones urbanisées semble apporter une charge importante en phosphore sur le bassin versant des étangs du complexe palavasien (Figure 13). Les apports agricoles et atmosphériques apparaissent comme des sources d'apports en phosphore plus faible.



**Figure 13 : Estimations des apports diffus en phosphore issus de différentes sources sur le bassin versant des étangs du complexe palavasien.**

#### b. Azote

Le ruissellement des zones urbanisées apparaît également pour l'azote comme une source importante d'apport sur le bassin versant des étangs du complexe palavasien (Figure 14). Dans une moindre mesure, les apports azotés estimés d'origine agricole et atmosphérique semblent représenter des charges importantes.



**Figure 14 : Estimations des apports diffus en azote issus de différentes sources sur le bassin versant des étangs du complexe palavasien.**

## **4. Bilan**

### **a. Phosphore**

Les stations d'épuration, avec 77 % des apports phosphorés estimés, apparaissent comme la principale source d'apport en phosphore sur le bassin versant des étangs du complexe palavasien (Figure 15). Dans une moindre mesure, le ruissellement urbain apparaît comme une source secondaire d'apport en azote non négligeable à l'échelle du bassin versant. Les apports phosphorés issus de l'agriculture, des industries et de l'atmosphère semblent en revanche aujourd'hui négligeables.

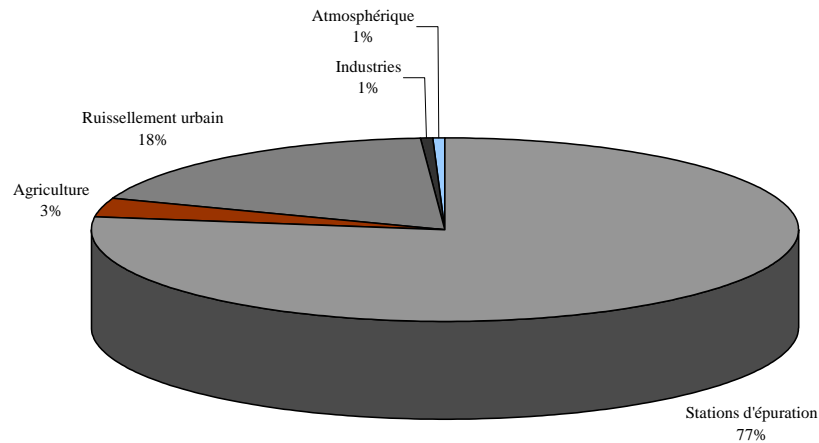


Figure 15 : Bilan des estimations des apports en phosphore effectués sur le bassin versant des étangs du complexe palavasien.

#### b. Azote

Comme pour le phosphore, les stations d'épuration situées sur le bassin versant des étangs du complexe palavasien représentent la source majeure d'apport en azote (87 % des apports estimés) (Figure 16). Bien que représentant des contributions relatives négligeables à l'échelle du bassin versant, le ruissellement urbain et des terres agricoles semble représenter des charges azotées importantes. Les apports industriels et atmosphériques apparaissent en revanche négligeables à l'échelle du bassin versant.

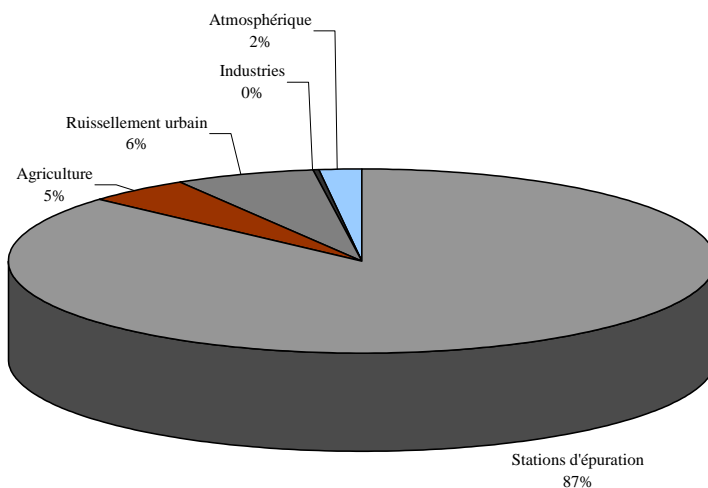


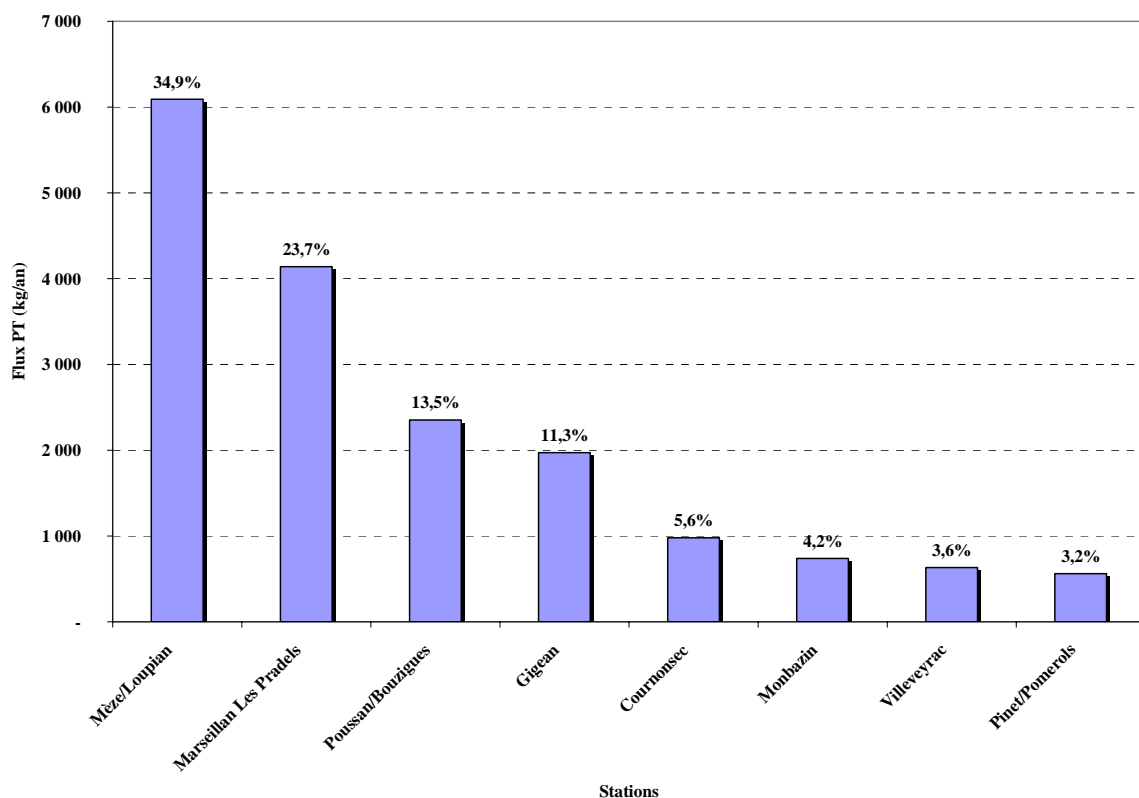
Figure 16 : Bilan des estimations des apports en azote effectués sur le bassin versant des étangs du complexe palavasien.

## C. Etang de Thau

### 1. Apports des stations d'épuration

#### a. Phosphore

La station de Mèze/Loupian, représentant 34 % des apports phosphorés, apparaît comme la source principale d'apports en phosphore issus des stations d'épuration (Figure 17). Dans une moindre mesure, la station d'épuration de Mèze-Loupian, avec un peu plus de 20 % des apports issus des stations d'épuration apparaît également comme une source importante en phosphore pour l'étang de Thau. Les autres stations d'épuration du bassin versant contribuent aux apports en phosphore dans des proportions plus faibles.



**Figure 17 : Estimations des apports annuels en phosphore issus des rejets des stations d'épuration sur le bassin versant de l'étang de Thau. Les pourcentages indiqués représentent la contribution aux apports de chaque station d'épuration sur l'ensemble des stations du bassin versant.**

#### b. Azote

La station d'épuration de Mèze-Loupian et Marseillan les Pradels, représentant respectivement 28 % et 22 % des apports estimés issus des stations d'épuration, constituent les deux principales sources d'apport en azote (Figure 18). Les stations de

Gigean et Poussan-Bouzigues apparaissent également comme des sources importantes d'apports azotés sur le bassin versant de l'étang de Thau. Les contributions relatives des autres stations apparaissent plus faibles à l'échelle du bassin versant.

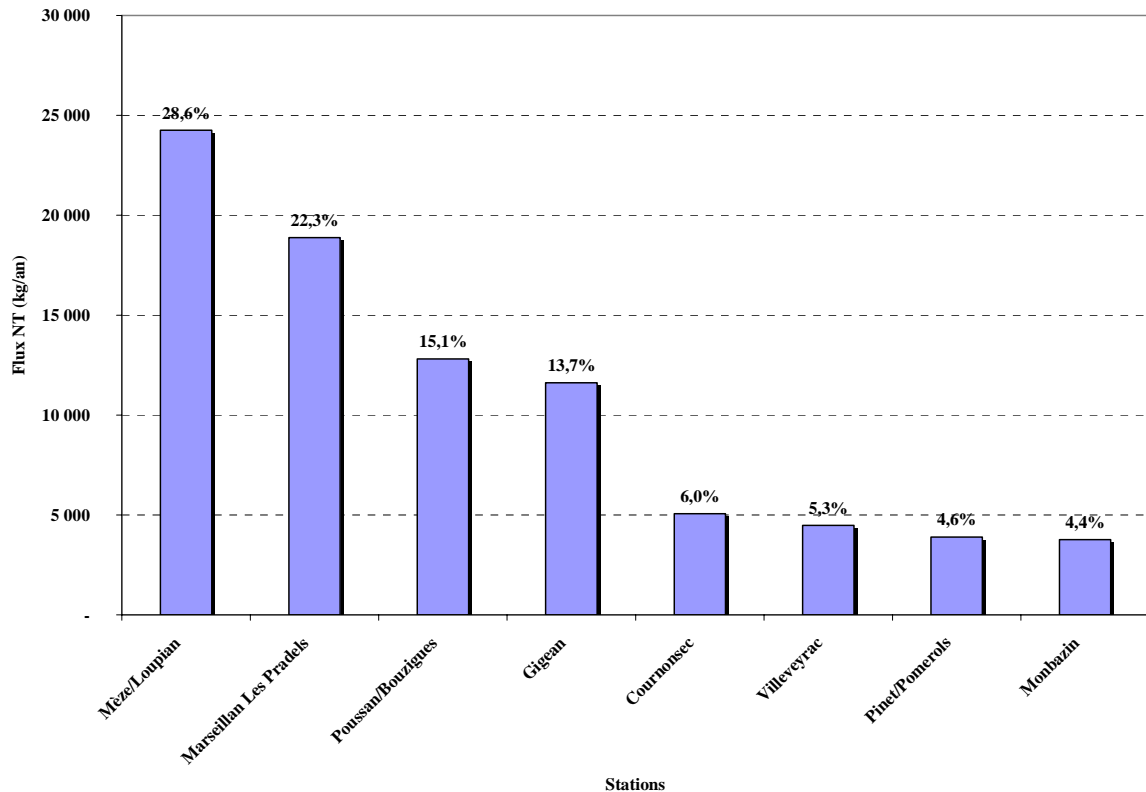


Figure 18 : Estimations des apports annuels en azote issus des rejets des stations d'épuration sur le bassin versant de l'étang de Thau. Les pourcentages indiqués représentent la contribution aux apports de chaque station d'épuration sur l'ensemble des stations du bassin versant.

## 2. Apports des industries

Les rejets en nutriments issus des activités industrielles sur le bassin versant de l'étang de Thau apparaissent faibles à l'échelle du bassin versant (Tableau 7).

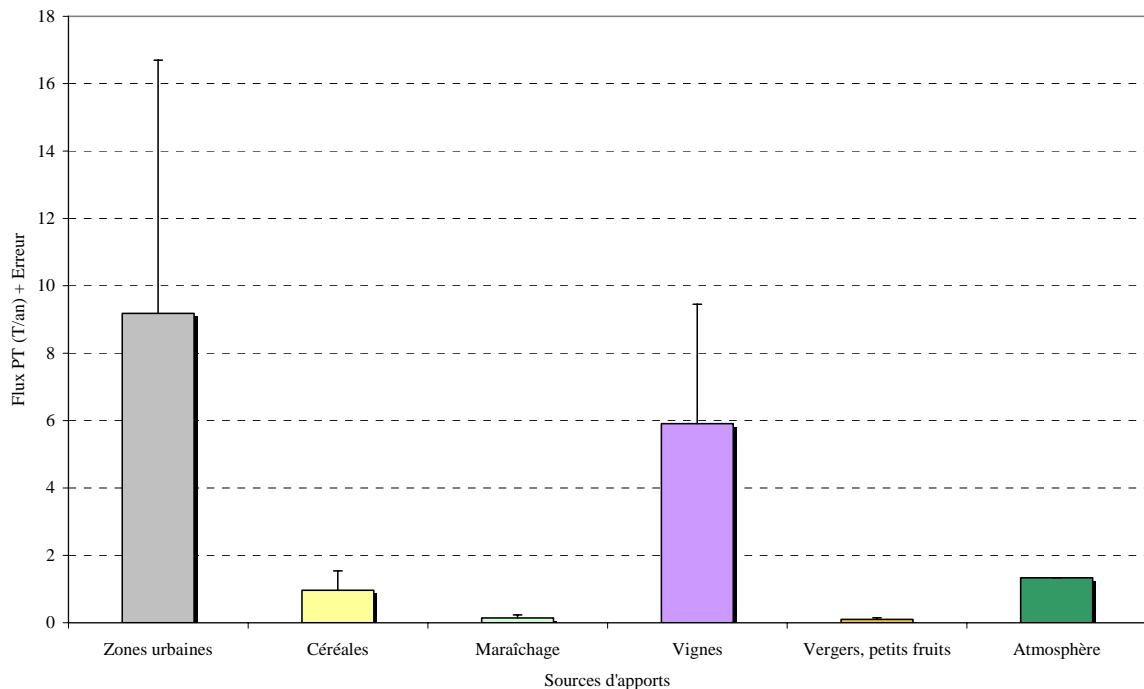
Estimation des apports en phosphore total (kg an <sup>-1</sup> )	Estimation des apports en azote Kjeldahl (kg an <sup>-1</sup> )
3 118	2 630

Tableau 9 : Estimations des apports en phosphore total et en azote Kjeldahl issus des rejets des industries sur le bassin versant de l'étang de Thau.

### 3. Apports diffus

#### a. Phosphore

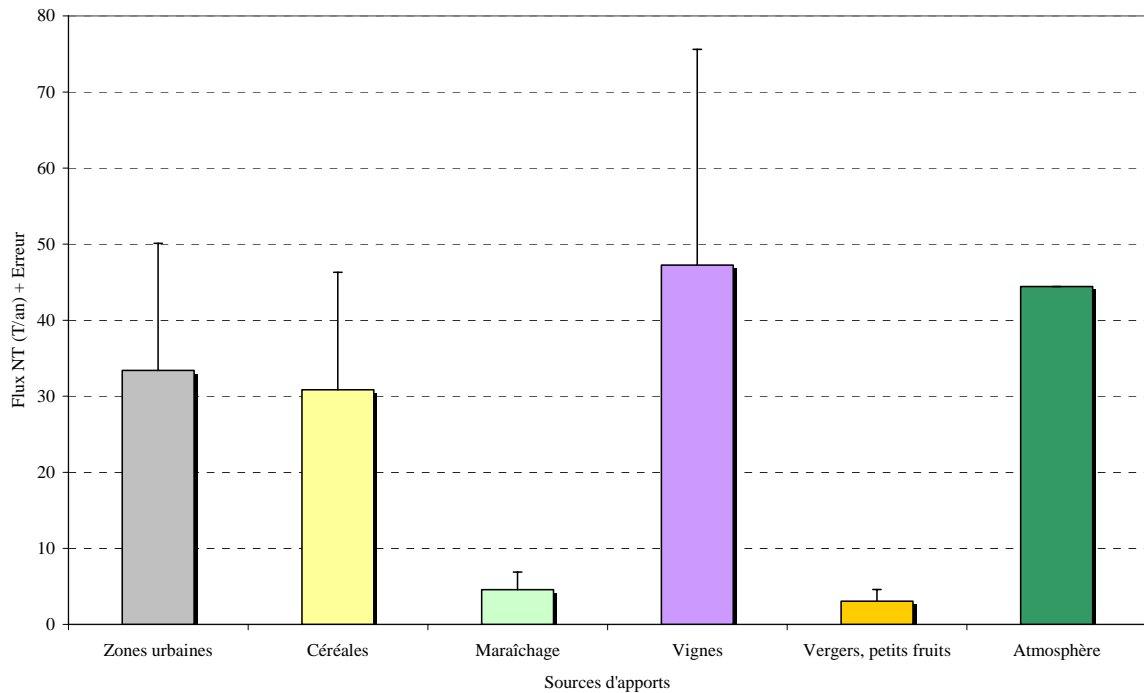
Le ruissellement des zones urbanisées et des terres à vocation viticole semble constituer une source importante d'apports en phosphore sur le bassin versant de l'étang de Thau (Figure 19). Les autres sources diffuses d'apports phosphorés apparaissent négligeables sur le bassin versant de l'étang de Thau.



**Figure 19 : Estimations des apports diffus en phosphore issus de différentes sources sur le bassin versant de l'étang de Thau.**

#### b. Azote

Contrairement aux apports diffus en phosphore, l'ensemble des sources diffuses d'apports en azote (ruissellement urbain, ruissellement des terres agricole, apports atmosphériques) semblent représenter des apports importants sur le bassin versant de l'étang de Thau (Figure 20).

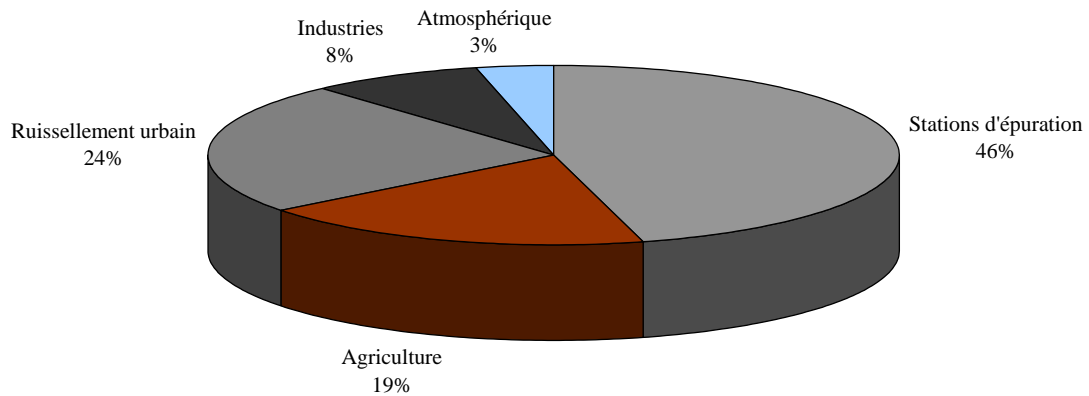


**Figure 20 : Estimations des apports diffus en azote issus de différentes sources sur le bassin versant de l'étang de Thau.**

#### **4. Bilan**

##### **a. Phosphore**

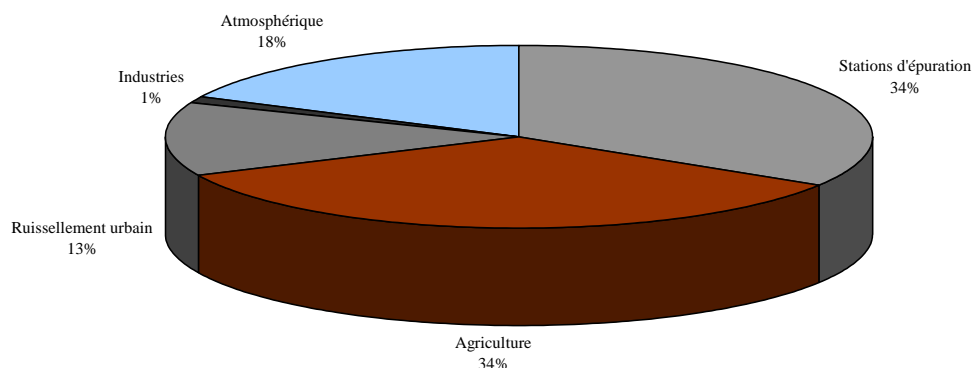
Les stations d'épuration, avec 46 % des apports estimés à l'échelle du bassin versant de l'étang de Thau représentent la source principale d'apports phosphorés (Figure 21). Dans une moindre mesure, le ruissellement urbain et l'agriculture contribuent également de façon non négligeable aux apports en phosphore sur le bassin versant. Les apports industriels et atmosphériques apparaissent négligeables à l'échelle du bassin versant.



**Figure 21 : Bilan des estimations des apports en phosphore effectués sur le bassin versant de l'étang de Thau.**

#### b. Azote

Les stations d'épuration et l'agriculture apparaissent comme les deux principales sources d'apports en azote sur le bassin versant de l'étang de Thau (Figure 22). Le ruissellement urbain et l'atmosphère apparaissent également comme des sources d'apports en azote non négligeables à l'échelle du bassin versant. Les apports azotés industriels apparaissent négligeables à l'échelle du bassin versant.



**Figure 22 : Bilan des estimations des apports en azote effectués sur le bassin versant de l'étang de Thau.**

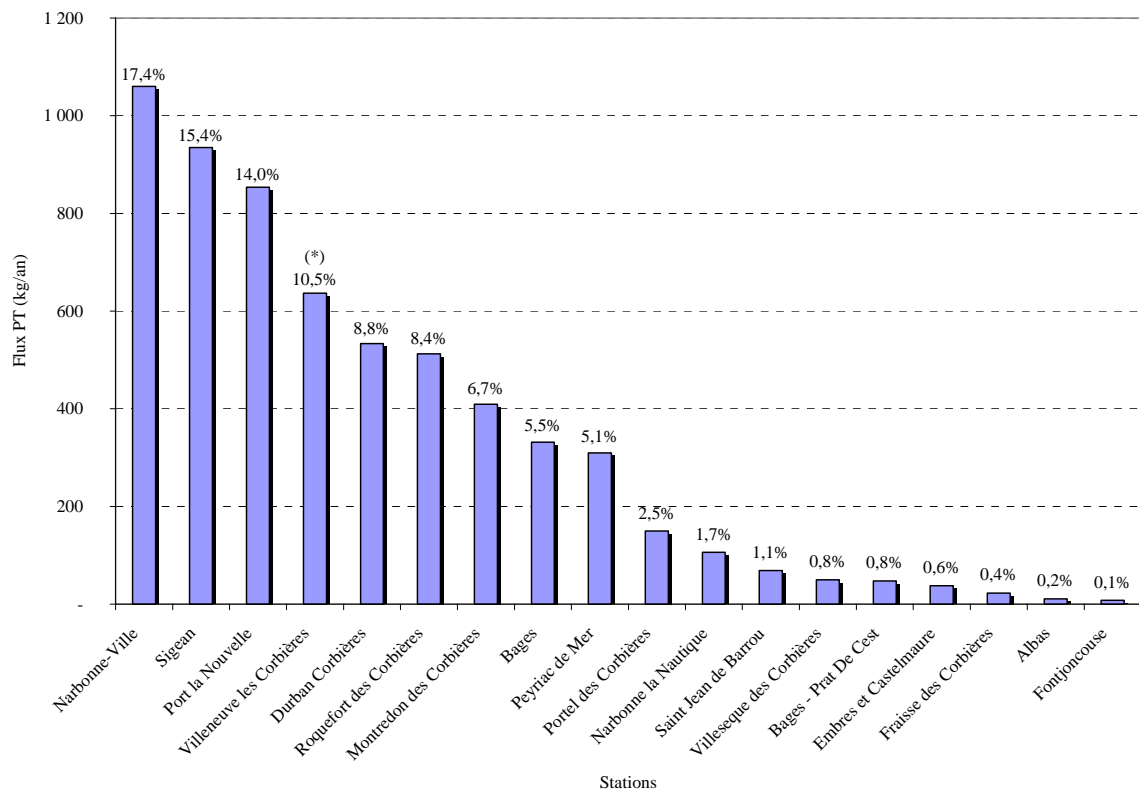
### D. Etang de Bages-Sigean

#### 1. Apports des stations d'épuration

##### a. Phosphore

Sur le bassin versant de l'étang de Bages-Sigean, ce sont les stations de Narbonne, Sigean et Port-la-Nouvelle qui représentent les sources principales d'apports en phosphore issus

des stations d'épuration (les apports restant faibles en terme de tonnage) (Figure 23). Les autres stations d'épuration représentent des apports faibles à l'échelle du bassin versant.

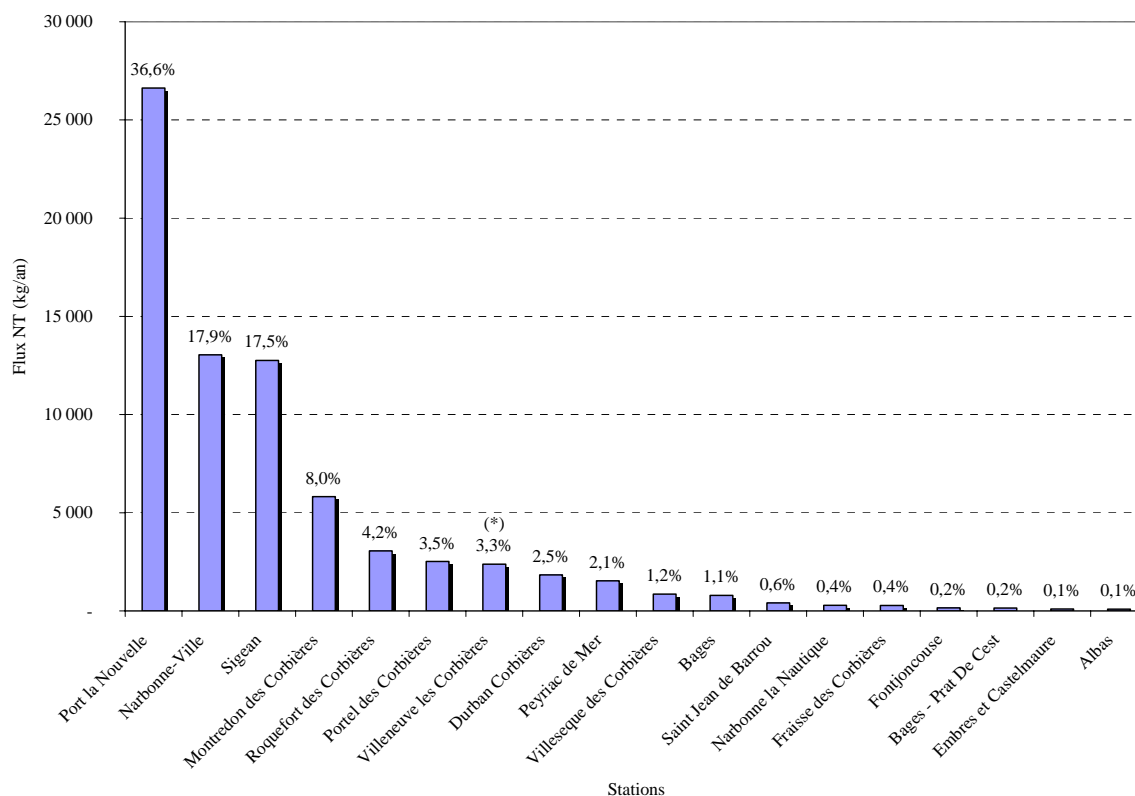


**Figure 23 : Estimations des apports annuels en phosphore issus des rejets des stations d'épuration sur le bassin versant de l'étang de Bages-Sigean. Les pourcentages indiqués représentent la contribution aux apports de chaque station d'épuration sur l'ensemble des stations du bassin versant.**

(\*) La station d'épuration de Villeneuve les Corbières a été détruite par les intempéries en 1999 et est en cours de reconstruction. La charge annuelle estimée correspond donc à un rejet d'effluent brut.

#### b. Azote

La station de Port-la-Nouvelle apparaît comme la source principale d'apports en azote issus des stations d'épuration sur le bassin versant de l'étang de Bages-Sigean (Figure 24). Avec des charges annuelles estimées 2 fois moins élevées que celles de Port-la-Nouvelle, les stations d'épuration de Narbonne Ville et Sigean représentent également une source importante d'apports en azote. Ainsi, les 3 premiers contributeurs (Port-la-Nouvelle, Narbonne Ville et Sigean) représentent plus de 70 % des apports en azote issus des stations d'épuration. Les apports azotés des autres stations d'épuration apparaissent négligeables à l'échelle du bassin versant.



**Figure 24 :** Estimations des apports annuels en azote issus des rejets des stations d'épuration sur le bassin versant de l'étang de Bages-Sigean. Les pourcentages indiqués représentent la contribution aux apports de chaque station d'épuration sur l'ensemble des stations du bassin versant.

(\*) La station d'épuration de Villeneuve les Corbières a été détruite par les intempéries en 1999 et est en cours de reconstruction. La charge annuelle estimée correspond donc à un rejet d'effluent brut.

## 2. Apports des industries

Les rejets en nutriments issus des activités industrielles sur le bassin versant de l'étang de Bages-Sigean représentent un apport important en azote à l'échelle du bassin versant (Tableau 10). Les apports en phosphore apparaissent en revanche négligeables à l'échelle du bassin versant.

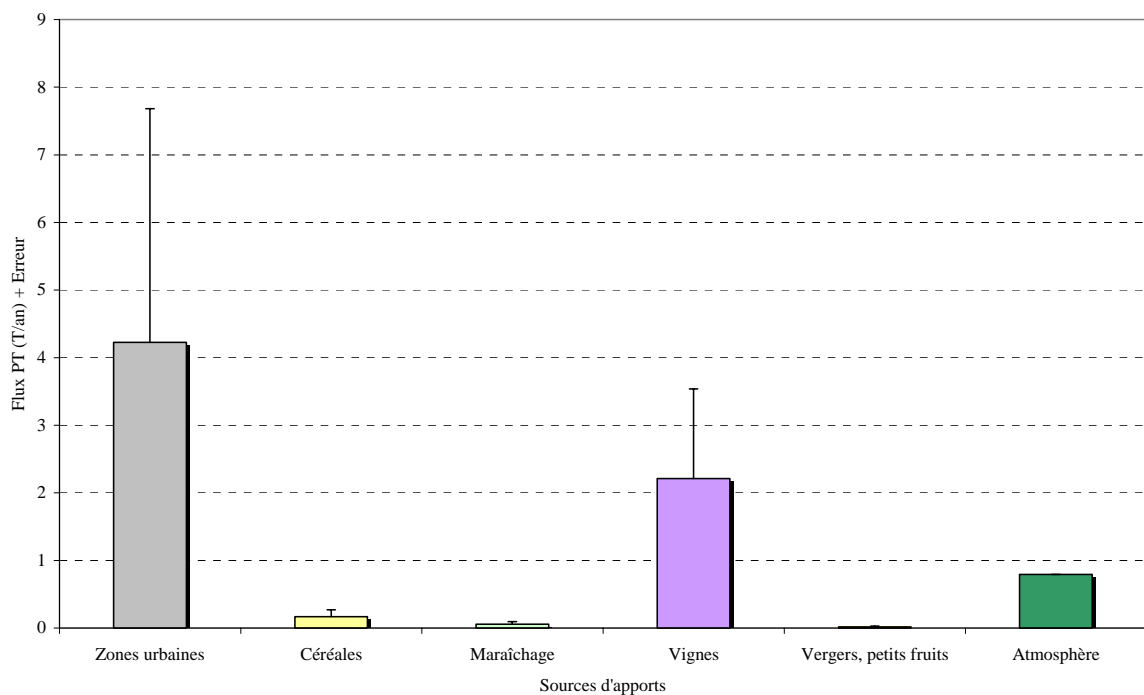
Estimation des apports en phosphore total (kg an <sup>-1</sup> )	Estimation des apports en azote Kjeldahl (kg an <sup>-1</sup> )
658	49 452

**Tableau 10 :** Estimations des apports en phosphore total et en azote Kjeldahl issus des rejets des industries sur le bassin versant de l'étang de Bages-Sigean.

### 3. Apports diffus

#### a. Phosphore

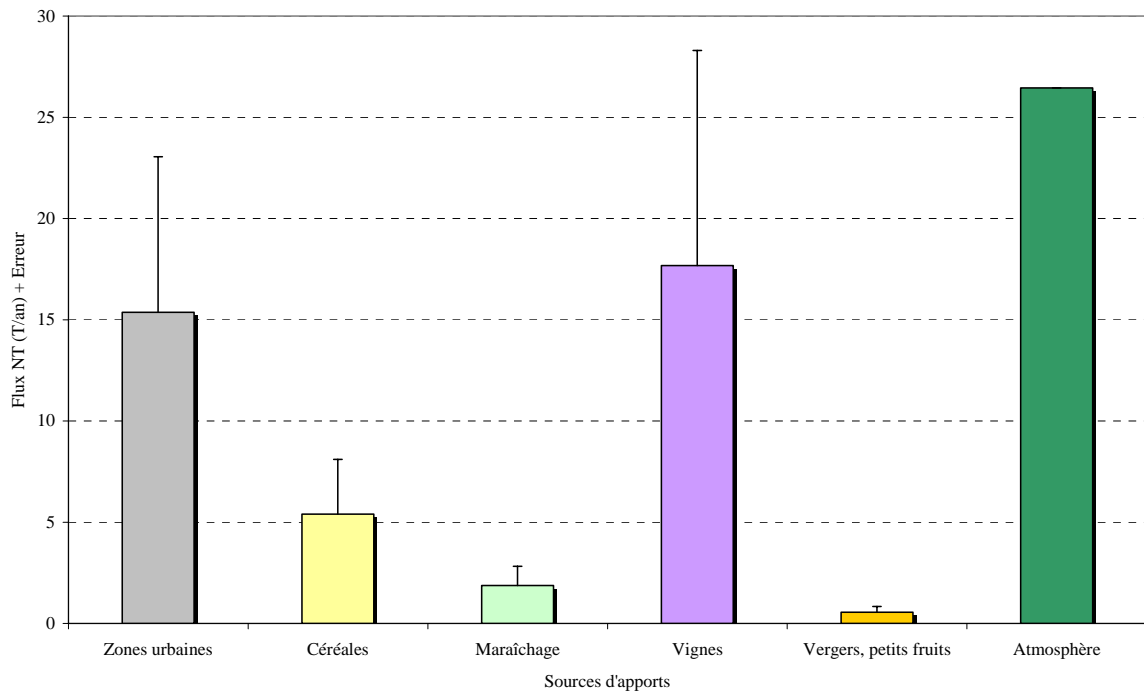
Les estimations réalisées montrent que le ruissellement urbain apparaît comme une source importante d'apports en phosphore sur le bassin versant de l'étang de Bages-Sigean (Figure 25). Le ruissellement des terres à vocation viticole, avec des charges phosphorées estimées deux fois moins importantes que celles du ruissellement urbain, contribue plus faiblement aux apports en phosphore.



**Figure 25 : Estimations des apports diffus en phosphore issus de différentes sources sur le bassin versant de l'étang de Bages-Sigean.**

#### b. Azote

Les estimations des apports diffus en azote montrent que l'ensemble des sources d'apports semble représenter des apports importants à l'échelle du bassin versant de l'étang de Bages-Sigean (Figure 26).

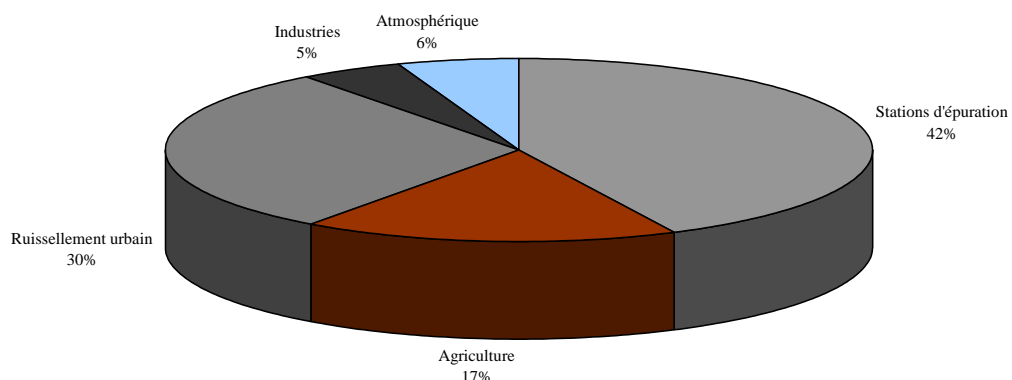


**Figure 26 : Estimations des apports diffus en azote issus de différentes sources sur le bassin versant de l'étang de Bages-Sigean.**

## 4. Bilan

### a. Phosphore

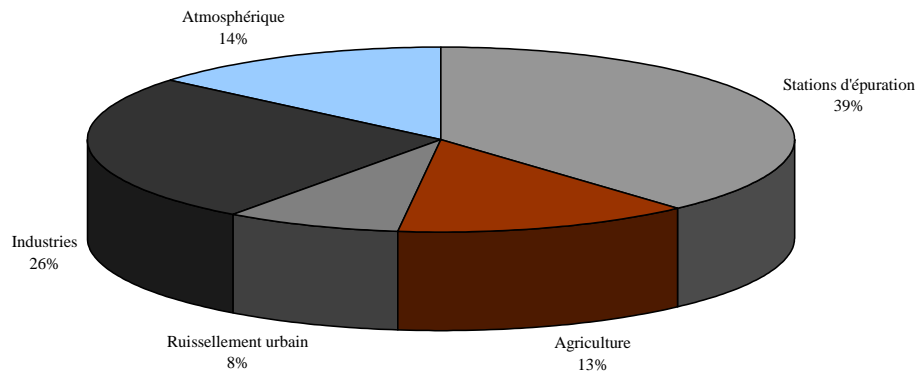
Les stations d'épuration et le ruissellement urbain apparaissent comme les sources principales d'apports en phosphore sur le bassin versant de l'étang de Bages-Sigean (Figure 27). L'agriculture, avec 17 % des apports estimés apparaît comme une source d'apports plus faible. Les apports phosphorés d'origine atmosphérique et industrielle apparaissent négligeables à l'échelle du bassin versant.



**Figure 27 : Bilan des estimations des apports en phosphore effectuées sur le bassin versant de l'étang de Bages-Sigean.**

### b. Azote

Contrairement aux apports phosphorés, ce sont les stations d'épuration et les industries qui apparaissent comme les principales sources d'apports en azote sur le bassin versant de l'étang de Bages-Sigean (Figure 28). Dans une moindre mesure, les estimations des apports atmosphériques, agricoles et du ruissellement urbain apparaissent également comme des sources d'apports non négligeables à l'échelle du bassin versant.



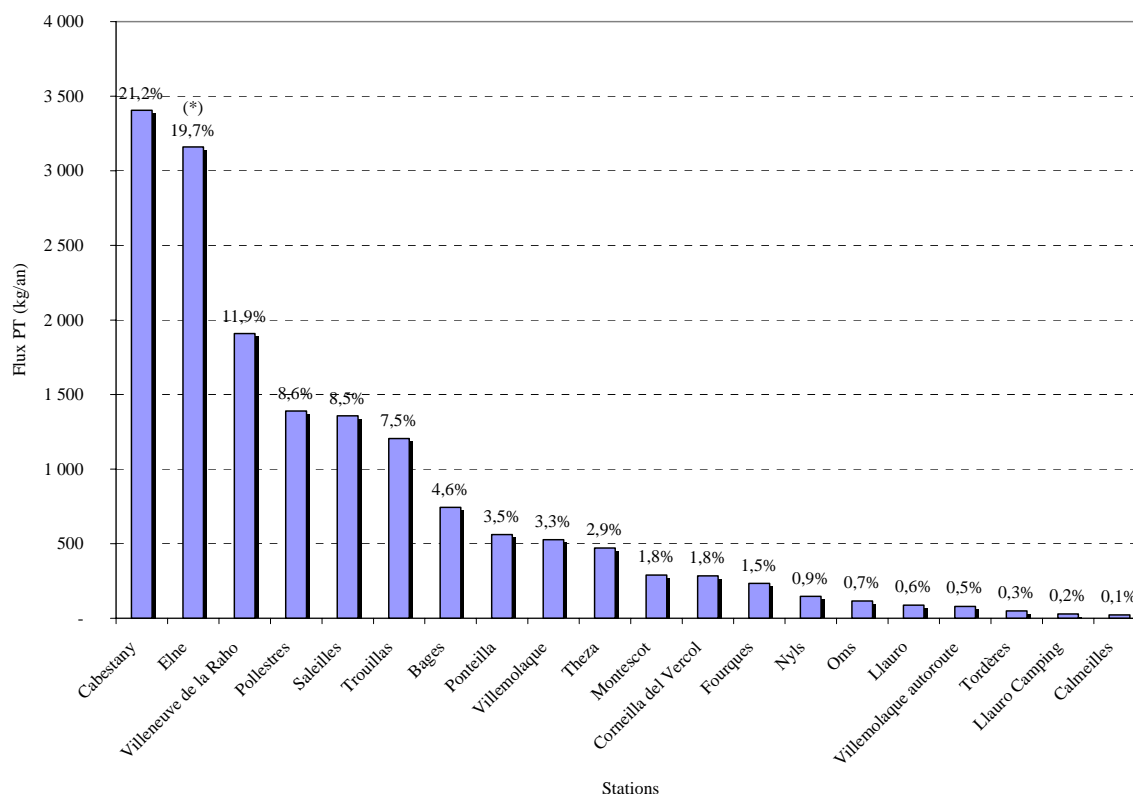
**Figure 28 : Bilan des estimations des apports en azote effectués sur le bassin versant de l'étang de Bages-Sigean.**

## E. Etang de Canet Saint-Nazaire

### 1. Apports des stations d'épuration

#### a. Phosphore

La station d'épuration de Cabestany apparaît comme la source principale d'apports en phosphore issus des stations d'épuration sur le bassin versant de l'étang de Canet Saint-Nazaire. Les autres stations d'épuration contribuent plus faiblement aux apports phosphorés (Figure 29).



**Figure 29 : Estimations des apports annuels en phosphore issus des rejets des stations d'épuration sur le bassin versant de l'étang de Canet Saint-Nazaire. Les pourcentages indiqués représentent la contribution aux apports de chaque station d'épuration sur l'ensemble des stations du bassin versant.**

(\*) Une nouvelle station d'épuration a été mise en service durant l'année 2004. L'objectif de l'étude étant de mettre en relation les estimations des apports en 2004 avec les données de 2004 dans l'eau des lagunes, l'estimation de la charge annuelle en phosphore a été effectuée en considérant les flux rejetés avant et après la mise en service de la nouvelle station. En considérant seulement les valeurs de la nouvelle station d'épuration, la charge annuelle serait 10 fois moins importante que celle reportée sur le graphique.

#### b. Azote

Comme pour le phosphore, c'est la station de Cabestany qui représente la principale source d'apports en azote issus des stations d'épuration sur le bassin versant de l'étang de Canet Saint Nazaire. Les contributions des autres stations d'épuration apparaissent plus modérées.

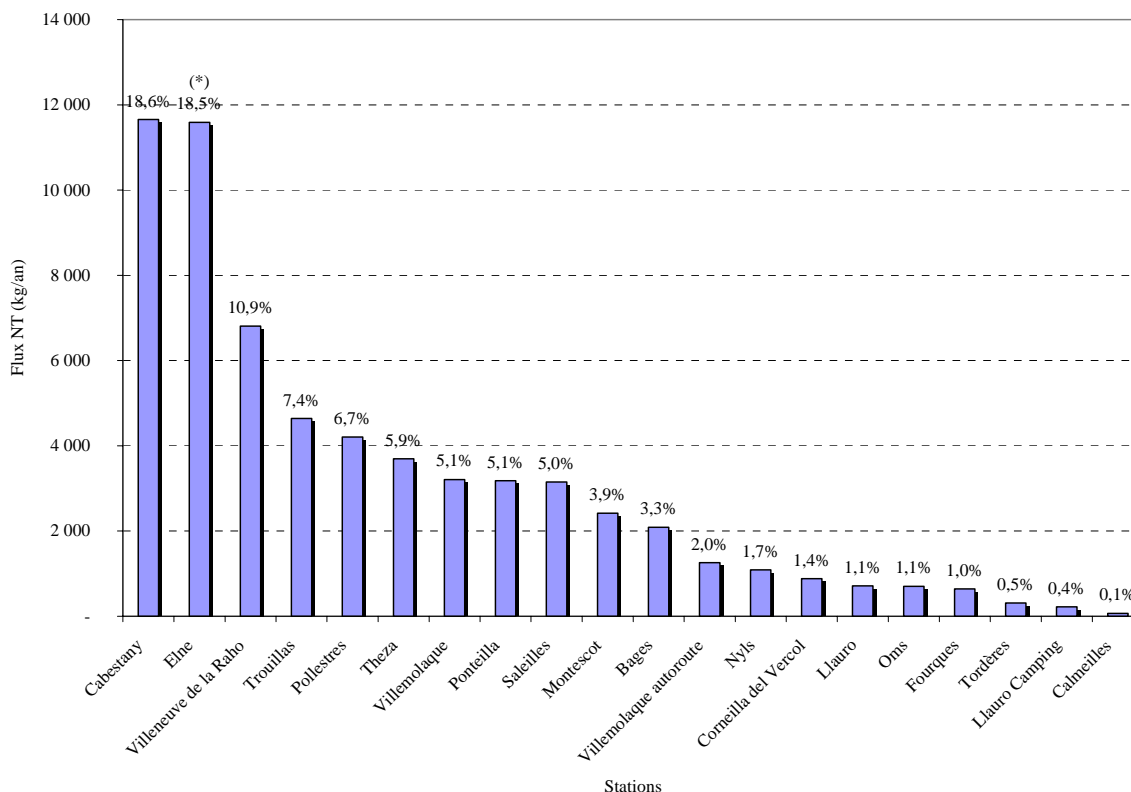


Figure 30 : Estimations des apports annuels en azote issus des rejets des stations d'épuration sur le bassin versant de l'étang de Canet Saint-Nazaire. Les pourcentages indiqués représentent la contribution aux apports de chaque station d'épuration sur l'ensemble des stations du bassin versant.

(\*) Une nouvelle station d'épuration a été mise en service durant l'année 2004. L'objectif de l'étude étant de mettre en relation les estimations des apports en 2004 avec les données de 2004 dans l'eau des lagunes, l'estimation de la charge annuelle en azote a été effectuée en considérant les flux rejetés avant et après la mise en service de la nouvelle station. En considérant seulement les valeurs de la nouvelle station d'épuration, la charge annuelle serait 10 fois moins importante que celle reportée sur le graphique.

## 2. Apports des industries

Les rejets en nutriments issus des activités industrielles sur le bassin versant de l'étang de Canet restent faibles à l'échelle du bassin versant (Tableau 11).

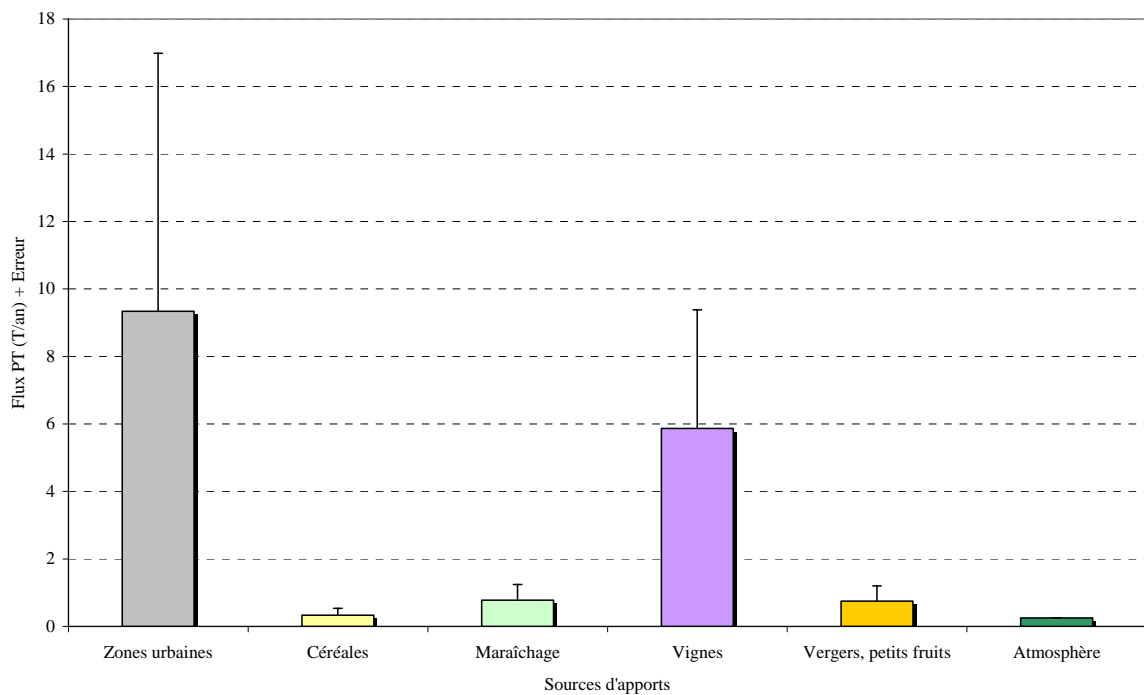
Estimation des apports en phosphore total (kg an <sup>-1</sup> )	Estimation des apports en azote Kjeldahl (kg an <sup>-1</sup> )
1 083	4 723

Tableau 11 : Estimations des apports en phosphore total et en azote Kjeldahl issus des rejets des industries sur le bassin versant de l'étang de Canet Saint-Nazaire.

### 3. Apports diffus

#### a. Phosphore

Le ruissellement des zones urbanisées et des terres à vocation viticole semble constituer une source importante d'apports en phosphore sur le bassin versant de l'étang de Canet (Figure 31). Les apports phosphorés atmosphériques apparaissent négligeables à l'échelle du bassin versant.



**Figure 31 : Estimations des apports diffus en phosphore issus de différentes sources sur le bassin versant de l'étang de Canet Saint-Nazaire.**

#### b. Azote

Le ruissellement des terres à vocation agricole semble représenter une source importante d'apports en azote sur le bassin versant de l'étang de Canet (Figure 32). Dans une moindre mesure, les apports azotés issus du ruissellement urbain semblent également représenter des charges importantes. Les apports azotés d'origine atmosphérique apparaissent négligeable à l'échelle du bassin versant.

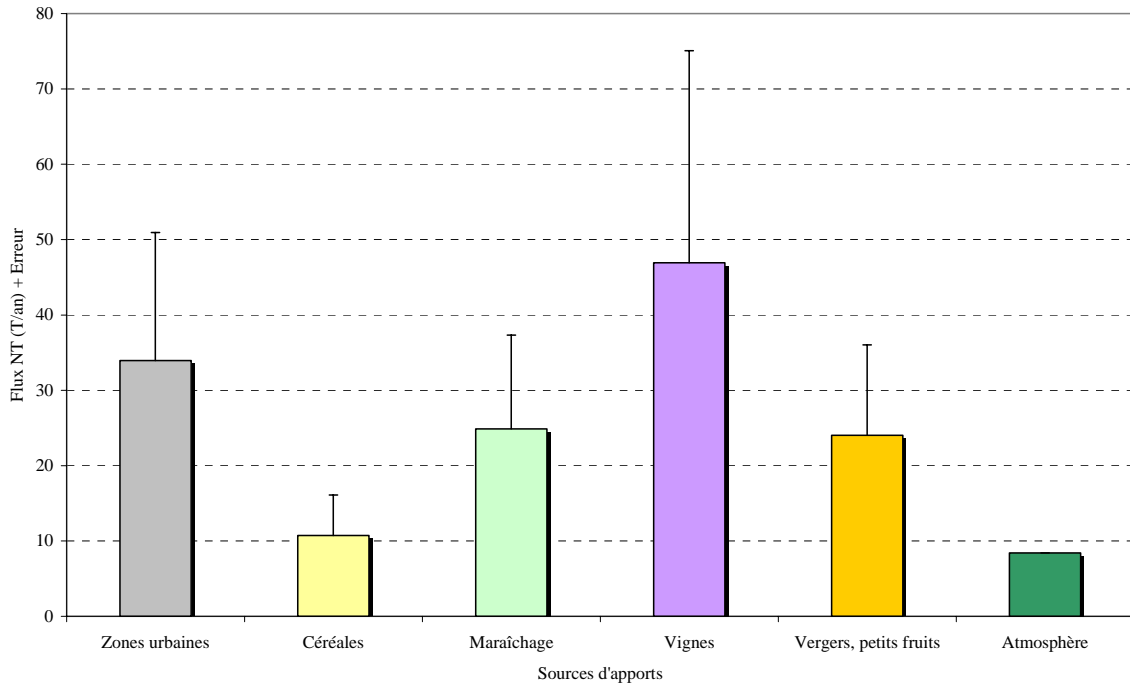


Figure 32 : Estimations des apports diffus en azote issus de différentes sources sur le bassin versant de l'étang de Canet Saint-Nazaire.

#### 4. Bilan

##### a. Phosphore

Les stations d'épuration apparaissent comme la source principale d'apports en phosphore sur le bassin versant de l'étang de Canet (Figure 33). Dans des proportions plus faibles, le ruissellement urbain et l'agriculture semblent également contribuer de manière importante aux apports en phosphore sur le bassin versant. Les apports industriels et atmosphériques apparaissent négligeables à l'échelle du bassin versant.

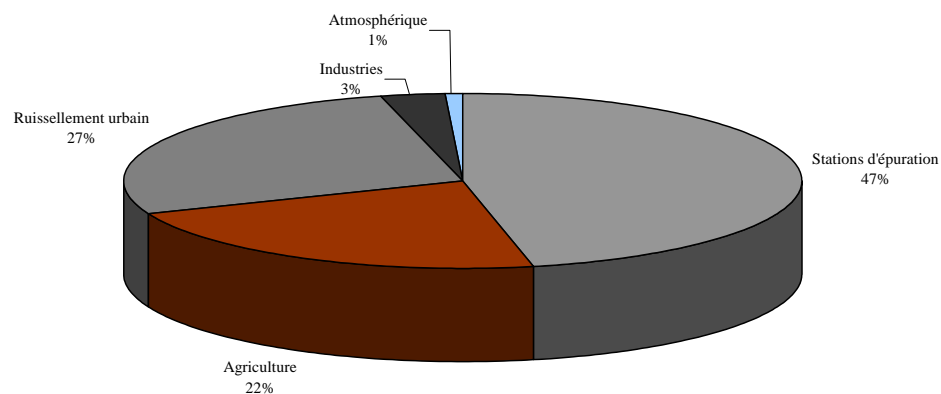
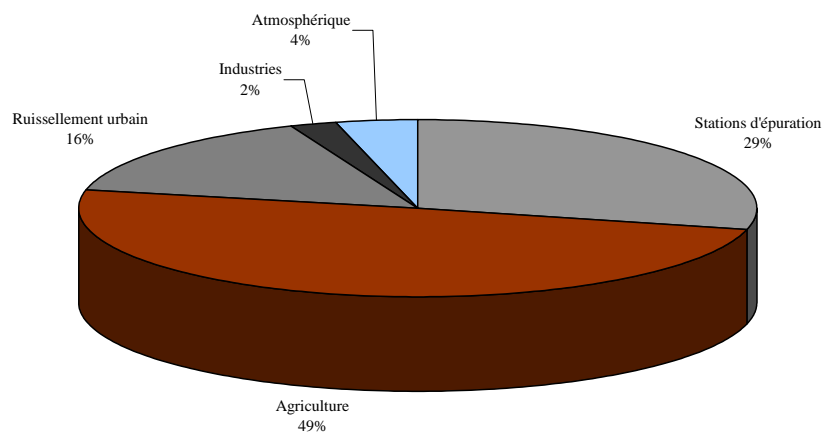


Figure 33 : Bilan des estimations des apports en phosphore effectuées sur le bassin versant de l'étang de Canet Saint-Nazaire.

### b. Azote

Concernant les charges azotées estimées, les apports issus de l'agriculture apparaissent comme la source principale d'apports en azote sur le bassin versant de l'étang de Canet (Figure 34). Dans une moindre mesure, les contributions relatives des stations d'épuration et du ruissellement urbain apparaissent également comme des sources d'apports en azote importantes. Les apports azotés d'origine atmosphérique et industrielle apparaissent aujourd'hui négligeables à l'échelle du bassin versant.



**Figure 34 : Bilan des estimations des apports en azote effectuées sur le bassin versant de l'étang de Canet Saint-Nazaire.**

## II. Bilan régional des apports trophiques

### A. Bilan des apports

#### 1. Phosphore

Il existe une grande variabilité entre les flux phosphorés estimés sur les différents bassins versants étudiés (Figure 35). Le bassin versant des étangs du complexe palavasien apparaît comme le plus soumis aux apports phosphorés avec une charge estimée à près de 160 T de phosphore par an.

Avec des charges estimées trois fois moins importantes que pour le complexe des étangs palavasiens (entre 50 et 60 T de phosphore par an), le bassin versant de l'étang de l'Or apparaît également fortement soumis aux apports phosphorés.

Avec un flux annuel compris entre 30 et 40 tonnes de phosphore, les étangs de Thau et de Canet se situent à un niveau plus faible. Enfin, l'étang de Bages-Sigean, avec un flux estimé inférieur à 20 tonnes par an apparaît le moins soumis aux apports de son bassin versant.

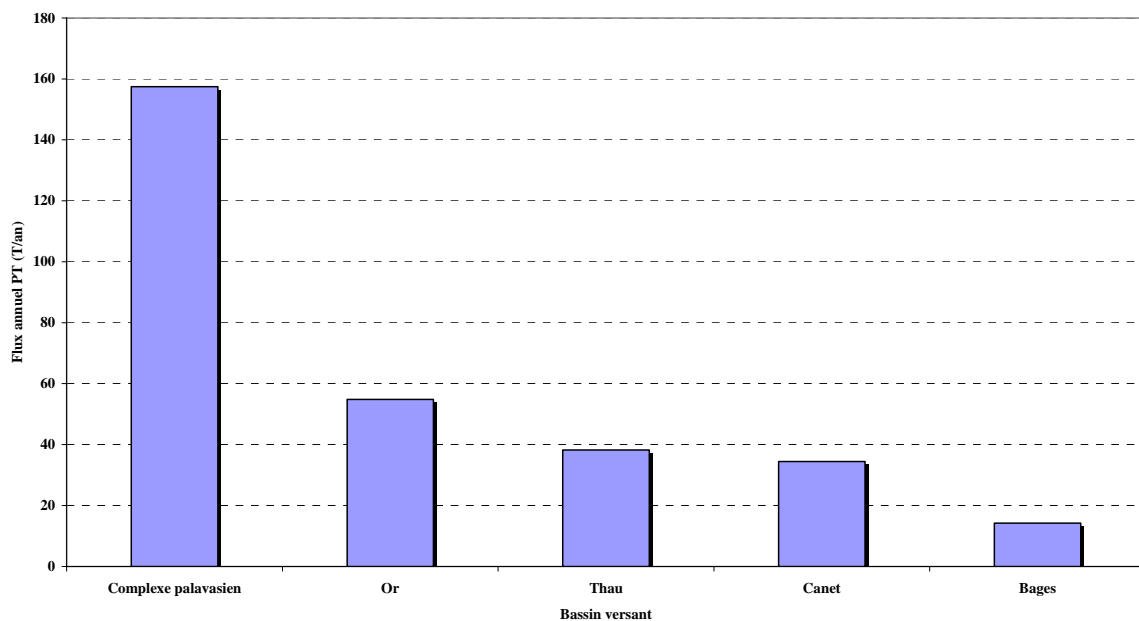


Figure 35 : Comparaison des estimations des apports annuels en phosphore sur les différents bassins versants étudiés.

## 2. Azote

Comme pour le phosphore, il existe une grande variabilité entre les flux en azote estimés sur les différents bassins versants étudiés (Figure 36). C'est également le bassin versant des étangs du complexe palavasien qui apparaît le plus fortement soumis aux apports en azote. Avec un flux en azote 2,5 fois plus faible que celui des étangs palavasiens, l'étang de l'Or apparaît également fortement influencé par les apports de son bassin versant. Les bassins versants de l'étang de Thau, de Canet et de Bages-Sigean, avec des flux en azote estimés autour de 200 tonnes par an, se situent à des niveaux plus faibles.

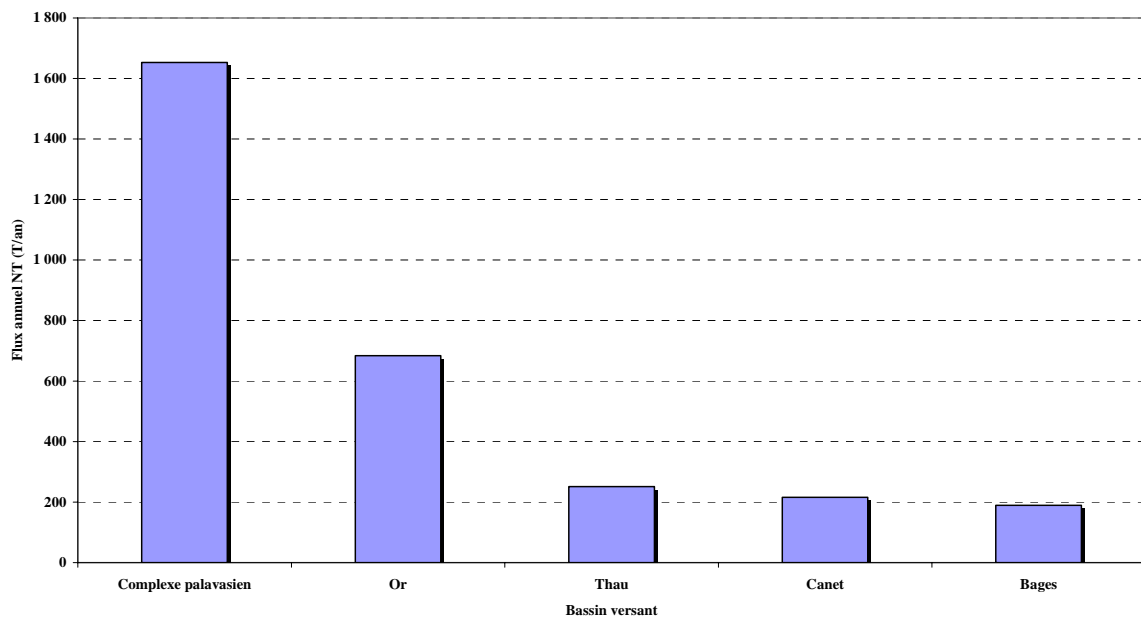


Figure 36 : Comparaison des estimations des apports annuels en azote sur les différents bassins versants étudiés.

### B. Bilan des apports par unité de volume de lagune

La représentation des estimations des apports sur les différents bassins versant permet d'appréhender l'impact relatif de ces apports sur le milieu lagunaire.

## 1. Phosphore

Lorsque les apports en phosphore sont exprimés par unité de volume de lagune, il existe également une grande variabilité entre les différents bassins versants étudiés (Figure 37). Cependant, la hiérarchisation des différents bassins versants n'est plus la même. Ainsi,

c'est l'étang de Canet qui apparaît le plus impacté par les apports en phosphore issus de son bassin versant. Avec des apports en phosphore par unité de volume d'eau de lagune plus de trois fois inférieurs à ceux de Canet, les étangs du complexe palavasien apparaissent également fortement impactés par son bassin versant. L'étang de l'Or, avec des apports par unité de volume deux fois moins importants que ceux des étangs palavasiens semble également fortement influencé par son bassin versant. L'étang de Bages-Sigean et l'étang de Thau se situent à des niveaux plus faibles.

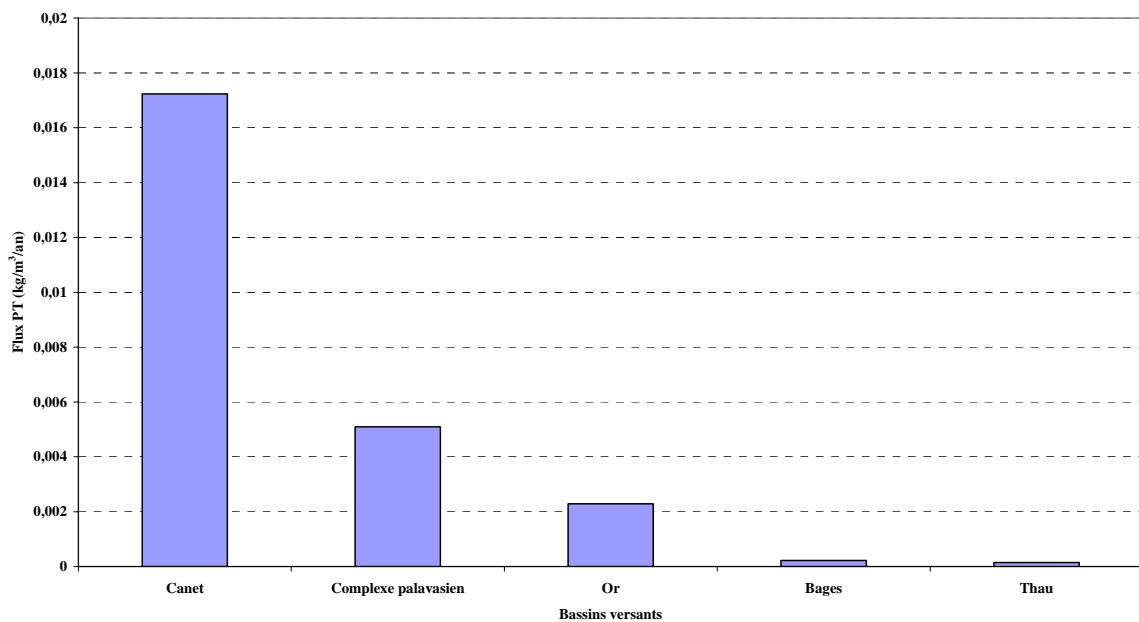


Figure 37 : Comparaison des estimations des apports annuels en phosphore par unité de volume d'eau de lagune pour les différents milieux lagunaires étudiés.

## 2. Azote

La hiérarchisation des bassins versants en fonction des apports en azote exprimés par unité de volume de lagune est la même que pour le phosphore (Figure 38). C'est l'étang de Canet qui apparaît le plus fortement soumis aux apports en azote issus de son bassin versant. Les étangs du complexe palavasien se situent à des niveaux deux fois moins importants que l'étang de Canet. L'étang de l'Or, avec des niveaux deux fois moins élevés que les étangs du complexe palavasien, apparaît également fortement soumis aux apports azotés. L'étang de Bages-Sigean et l'étang de Thau se situent à des niveaux plus faibles.

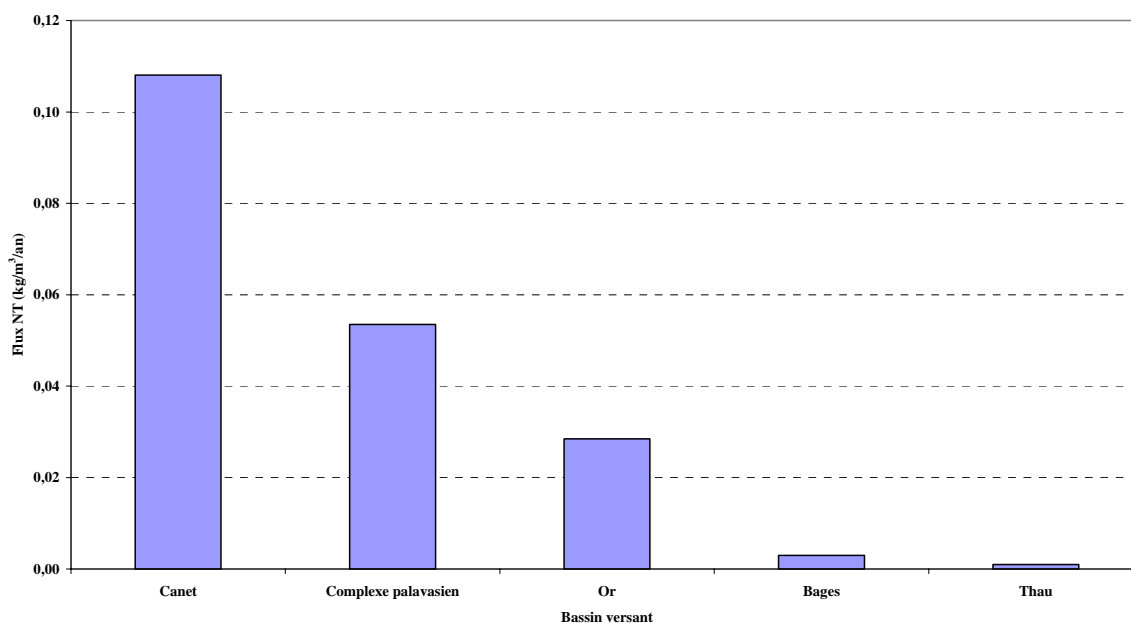


Figure 38 : Comparaison des estimations des apports annuels en azote par unité de volume d'eau de lagune pour les différents milieux lagunaires étudiés.

Les estimations des apports des bassins versants sont destinées à être mises en relation avec les concentrations dans l'eau des milieux lagunaires. La représentation des apports en phosphore et en azote par unité de volume d'eau de lagune, permettant d'appréhender l'impact des apports sur les milieux lagunaires sera utilisée pour l'étude des relations entre les apports et les concentrations dans l'eau des lagunes.

### III. Outil d'aide à la décision

Jusqu'à présent les étangs du complexe palavasien étaient considérés comme un seul étang. Dans le but de préciser la répartition des apports du bassin versant entre les différents étangs, un modèle hydrodynamique développé sur ces étangs est utilisé (BCEOM, 1990). Ainsi, dans l'étude des relations entre les apports des bassins versants et les concentrations dans l'eau des lagunes, on considère les hypothèses suivantes :

- 50 % des apports du Lez et de la Mosson sont directement évacués en mer,
- 47 % des apports du Lez et de la Mosson se répartissent dans les 4 étangs situés à l'est du complexe lagunaire (Méjean-Pérois, Grec, Arnel, Prévost),
- les apports du bassin versant de la Gardiole se répartissent dans les 4 étangs situés à l'ouest du complexe lagunaire (Vic, Pierre-Blanche, Ingril Nord et Ingril Sud),
- 3 % des apports du Lez et de la Mosson se répartissent dans les 4 étangs situés à l'ouest du complexe par l'intermédiaire du Canal du Rhône à Sète.

#### A. Mise en relation des estimations des apports avec les données du RSL

##### 1. Phosphore

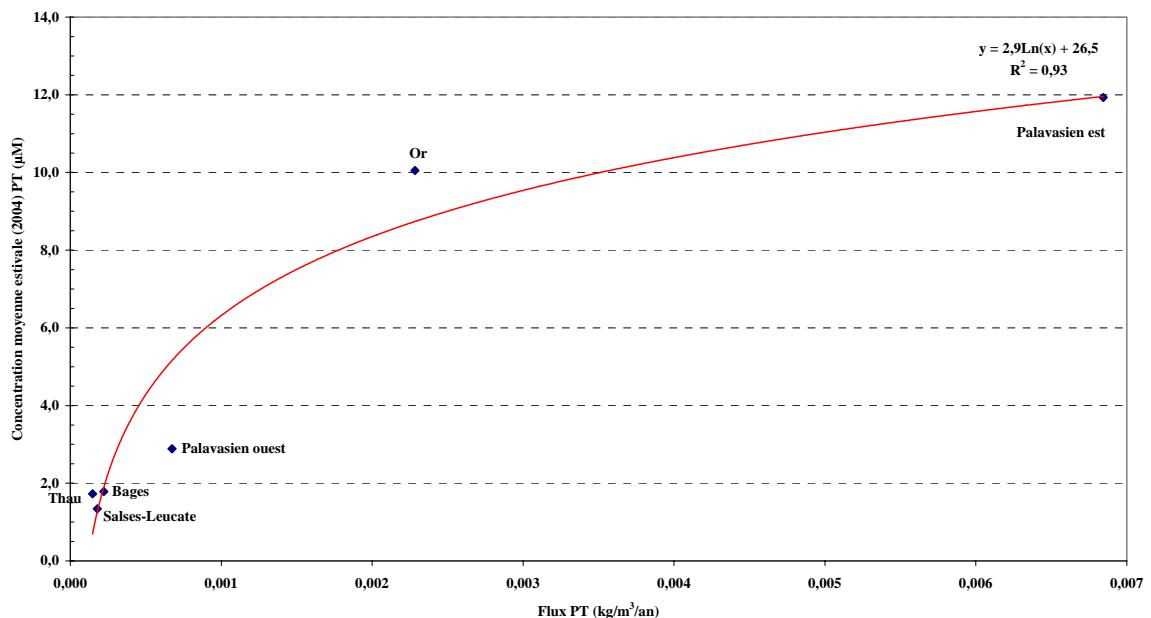


Figure 39 : Concentrations moyennes estivales 2004 (juin, juillet et août) en phosphore total mesurées dans l'eau en fonction des estimations des apports en phosphore issus du bassin versant pour les différentes lagunes étudiées. Dans le but de disposer d'un maximum de point pour l'étude de la relation, un point correspondant à l'étang de Salses-Leucate issu d'un travail similaire a été ajouté (Dupré, 2003).

La relation entre les estimations des apports en phosphore exprimés par unité de volume d'eau de lagune et les concentrations PT moyennes estivales dans l'eau des lagunes est significative ( $R^2 = 0.93$  ; ANOVA  $p < 0.05$ ) (Figure 39).

## 2. Azote

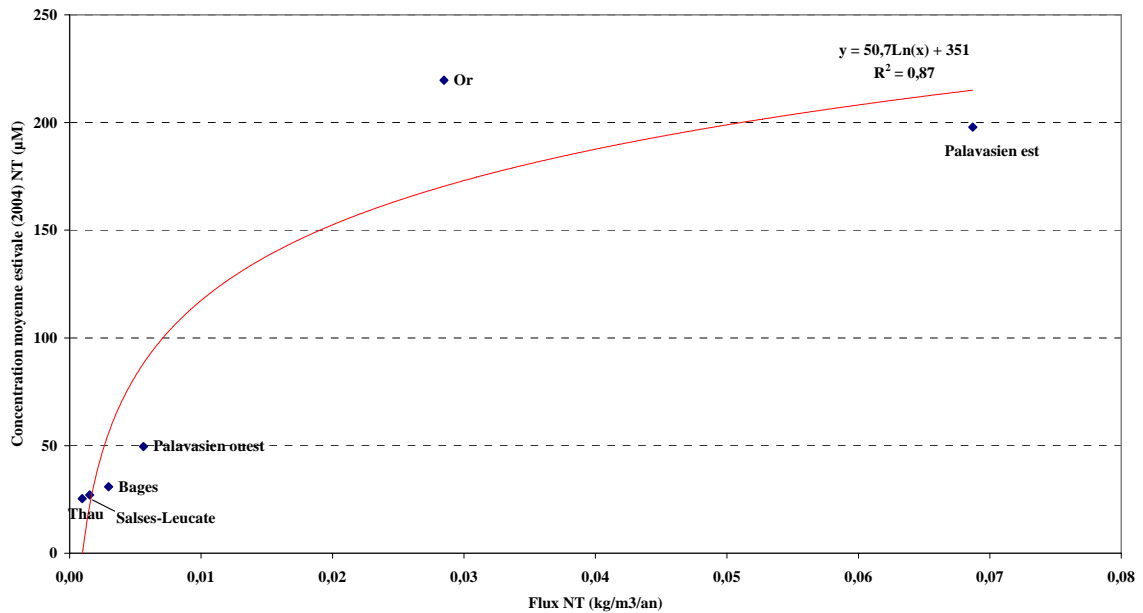


Figure 40 : Concentrations moyennes estivales 2004 (juin, juillet et août) en azote total mesurées dans l'eau en fonction des estimations des apports en azote issus du bassin versant pour les différentes lagunes étudiées. Dans le but de disposer d'un maximum de point pour l'étude de la relation, un point correspondant à l'étang de Salses-Leucate issu d'un travail similaire a été ajouté (Dupré, 2003).

Comme pour le phosphore, il existe une relation significative entre les apports en azote exprimés par unité de volume d'eau de lagune et les concentrations NT moyennes estivales mesurées dans l'eau des lagunes ( $R^2 = 0.87$  ; ANOVA  $p < 0.05$ ) (Figure 40).

Les concentrations en phosphore et en azote mesurées dans l'eau des lagunes sont en relation avec les estimations des apports des mêmes composés issus du bassin versant des lagunes.

Compte tenu du fonctionnement hydrologique particulier de l'étang de Canet Saint-Nazaire, cet étang n'a pas été intégré dans les relations.

## B. Evaluation de la réduction nécessaire pour restaurer l'état d'eutrophisation des lagunes

**Compte tenu des incertitudes concernant la dynamique de restauration vis-à-vis de l'eutrophisation, la réduction nécessaire pour atteindre une classe de qualité donnée a été calculé uniquement pour les lagunes présentant un mauvais état vis-à-vis de l'eutrophisation.**

### 1. Phosphore

Les résultats des extrapolations effectuées montrent que la réduction des apports en phosphore nécessaire afin de restaurer significativement l'état d'eutrophisation des lagunes apparaît la plus importante au niveau du bassin versant de l'étang de Canet Saint-Nazaire avec une réduction de 99 % (Tableau 12). Les réductions nécessaires pour obtenir une restauration des étangs palavasiens Est et de l'étang de l'Or, avec respectivement une réduction de 97 % et 90 %, apparaissent également conséquentes.

PT	Or	Palavasien Est	Canet
Réduction moyenne pour atteindre la classe jaune	90%	97%	99%

**Tableau 12 : Evaluation du pourcentage de réduction des apports en phosphore qu'il serait nécessaire pour atteindre une qualité moyenne (état jaune du RSL) par rapport à l'eutrophisation.**

### 2. Azote

Comme pour le phosphore, les résultats des extrapolations effectuées montrent que c'est pour l'étang de Canet que la réduction des apports en azote nécessaire pour restaurer significativement la qualité d'eutrophisation apparaît la plus importante avec une réduction de 95 % (Tableau 13). La réduction qu'il serait nécessaire d'apporter au niveau des étangs palavasiens Est et de l'étang de l'Or apparaît également importante avec respectivement une réduction de 92 % et 95 %.

NT	Or	Palavasien Est	Canet
Réduction moyenne pour atteindre la classe jaune	80%	92%	95%

**Tableau 13 : Evaluation du pourcentage de réduction des apports en azote qu'il serait nécessaire pour atteindre une qualité moyenne (état jaune du RSL) par rapport à l'eutrophisation.**

### C. Projections de différents scénarii

Dans le but de tester l'impact potentiel de différents aménagements en cours ou simulés sur l'état d'eutrophisation des milieux lagunaires, les apports (en phosphore et azote) des bassins versants sont recalculés en fonction de différentes hypothèses. Les relations entre les concentrations moyennes dans l'eau des lagunes et les estimations des apports exprimées par unité de volume de lagune sont utilisées pour évaluer l'impact de ces différents aménagements sur la qualité trophique des milieux lagunaires.

#### 1. Etang de l'Or

##### a. Résultats des projections

La prise en compte de l'accroissement de la population, des projets en cours au niveau de l'assainissement et la mise en place de traitements spécifiques de l'azote et du phosphore pour les stations d'épuration > 2 000 EH (hypothèse 1) permettraient de réduire globalement d'un tiers les apports en phosphore et azote sur le bassin versant de l'étang de l'Or (Tableau 14).

Le croisement de l'accroissement de la population, des projets en cours sur les stations d'épuration, de la mise en place de traitements spécifiques de l'azote et du phosphore et de la déconnection des rejets de certaines stations d'épuration (St Aunès, Mauguio bourg - Mudaison, Mauguio - Carnon, Lunel Viel, La Grande Motte, Baillargues - St Brès, Lunel) permettrait de réduire quasiment par deux les rejets en azote et en phosphore sur le bassin versant de l'étang de l'Or (hypothèse 2).

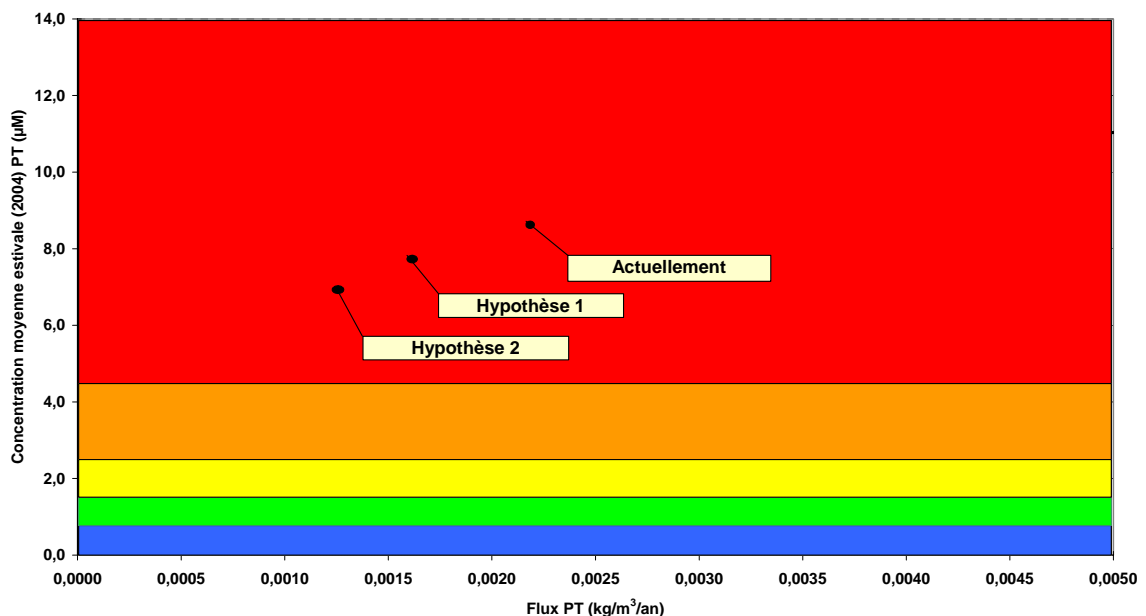
Projections	Evolution des rejets en phosphore issus des stations d'épuration	Evolution des rejets en phosphore à l'échelle du bassin versant	Evolution des rejets en azote issus des stations d'épuration	Evolution des rejets en azote à l'échelle du bassin versant
Hypothèse 1	- 58 %	- 28 %	- 58 %	- 32 %
Hypothèse 2	- 82 %	- 45 %	- 88 %	- 43 %

**Tableau 14 : Evaluation des réductions des apports en phosphore et azote en fonction de différentes hypothèses d'aménagements sur le bassin versant de l'étang de l'Or.**

## b. Evaluation de l'efficacité des aménagements

### Phosphore

La prise en compte de l'accroissement de la population et des aménagements projetés dans le cas des hypothèses 1 et 2 ne semblent pas permettre une amélioration significativement de la qualité trophique de l'étang de l'Or (Figure 41).



**Figure 41 : Etat d'eutrophisation potentiel de l'étang de l'Or en fonction des différents scénarii de restauration et des seuils du RSL pour le phosphore total dans l'eau. La courbe correspond à la régression calculée lors de l'étude des relations entre les concentrations moyennes en phosphore total mesurées dans l'eau et les estimations des apports en phosphore total issus du bassin versant (Figure 39). Les couleurs correspondant aux limites des concentrations permettant de passer d'un état d'eutrophisation à un autre sont indiquées à titre indicatif.**

## Azote

Comme pour le phosphore, la prise en compte de l'accroissement de la population et des aménagements projetés dans le cas des hypothèses 1 et 2 ne permettrait pas d'améliorer significativement la qualité trophique de l'étang de l'Or (Figure 42).

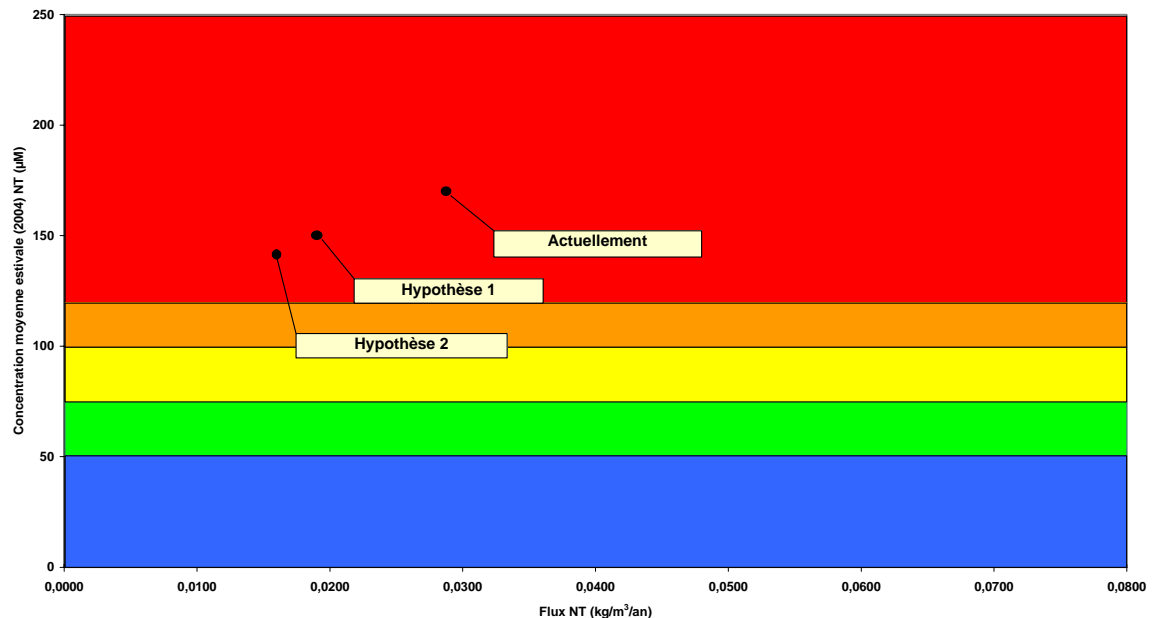


Figure 42 : Etat d'eutrophisation potentiel de l'étang de l'Or en fonction des différents scénarii de restauration et des seuils du RSL pour l'azote dans l'eau. La droite correspond à la régression calculée lors de l'étude des relations entre les concentrations moyennes en azote mesurées dans l'eau et les estimations des apports en azote issus du bassin versant (Figure 40). Les couleurs correspondant aux limites des concentrations permettant de passer d'un état d'eutrophisation à un autre sont indiquées à titre indicatif.

## 2. Etangs du complexe palavasien

### a. Résultats des projections

#### Etangs Est du complexe palavasien

Le croisement de l'accroissement de la population jusqu'en 2015, des projets en cours au niveau de l'assainissement et le traitement de l'azote et du phosphore pour les stations d'épuration > 2 000 EH (hypothèse 1) conduiraient à une réduction de plus de deux tiers des rejets en phosphore et de plus de trois quart des rejets en azote sur le bassin versant des étangs du complexe palavasien Est (Tableau 15). Les réductions calculées dans le cas de l'hypothèse 2 (accroissement de la population, raccordement de l'ensemble des stations d'épuration situées sur le bassin versant des lagunes à l'émissaire de l'Agglomération de Montpellier) seraient similaires à celles de l'hypothèse 1.

Projections	Evolution des rejets en phosphore issus des stations d'épuration	Evolution des rejets en phosphore à l'échelle du bassin versant	Evolution des rejets en azote issus des stations d'épuration	Evolution des rejets en azote à l'échelle du bassin versant
Hypothèse 1	- 96 %	- 69 %	- 97 %	- 82 %
Hypothèse 2	- 100 %	- 72 %	- 100 %	- 85 %

**Tableau 15 : Evaluation des réductions des apports en phosphore et azote en fonction de différentes hypothèses d'aménagements sur le bassin versant des étangs Est du complexe palavasien.**

#### Etangs Ouest du complexe palavasien

Le croisement de l'accroissement de la population jusqu'en 2015, des projets en cours au niveau de l'assainissement et le traitement de l'azote et du phosphore pour les stations d'épuration > 2 000 EH (hypothèse 1) conduiraient à une réduction d'environ un tiers des rejets en phosphore et en azote sur le bassin versant des étangs Ouest du complexe palavasien (Tableau 16). L'hypothèse 2, permettrait d'obtenir une réduction globalement de moitié des apports en phosphore et en azote.

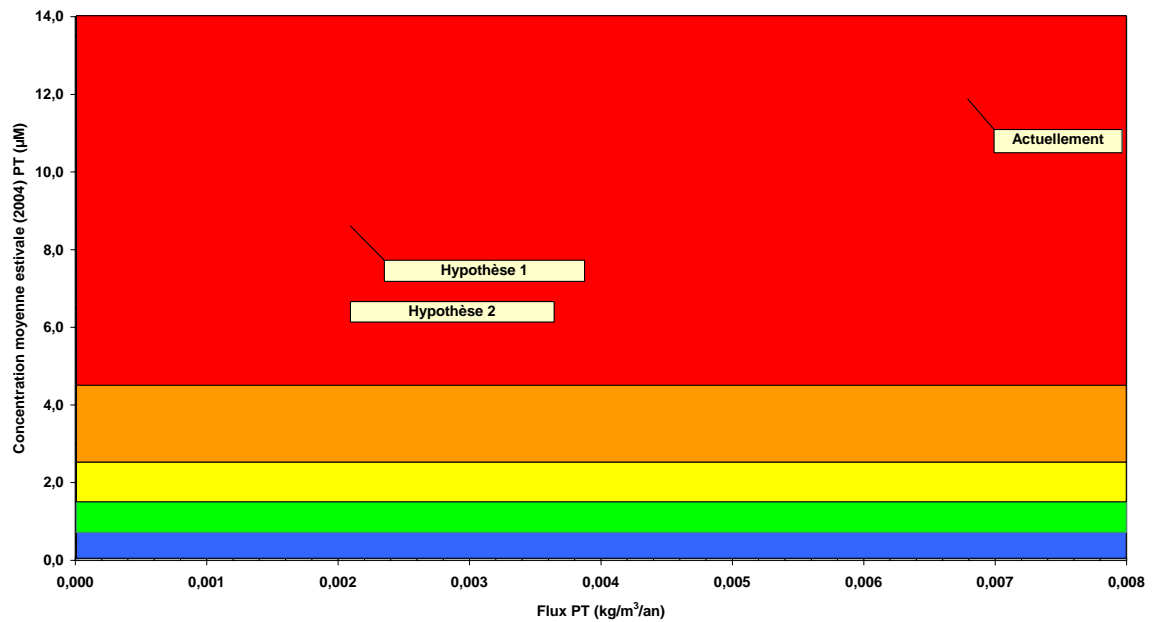
Projections	Evolution des rejets en phosphore issus des stations d'épuration	Evolution des rejets en phosphore à l'échelle du bassin versant	Evolution des rejets en azote issus des stations d'épuration	Evolution des rejets en azote à l'échelle du bassin versant
Hypothèse 1	- 62 %	- 37 %	- 23 %	- 41 %
Hypothèse 2	- 100 %	- 43 %	- 100 %	- 50 %

**Tableau 16 Evaluation des réductions des apports en phosphore et azote en fonction de différentes hypothèses d'aménagements sur le bassin versant des étangs Ouest du complexe palavasien.**

## b. Evaluation de l'efficacité des aménagements

### Phosphore

Les projections effectuées dans le cas des hypothèses 1 et 2 ne permettraient pas d'améliorer significativement l'état d'eutrophisation des étangs Est du complexe palavasien (Figure 43).



**Figure 43 :** Etat d'eutrophisation potentiel des étangs Est du complexe palavasien en fonction des différents scénarii de restauration et des seuils du RSL pour le phosphore dans l'eau. La droite correspond à la régression calculée lors de l'étude des relations entre les concentrations moyennes en phosphore total mesurées dans l'eau et les estimations des apports en phosphore total issus du bassin versant (Figure 39). Les couleurs correspondant aux limites des concentrations permettant de passer d'un état d'eutrophisation à un autre sont indiquées à titre indicatif.

### Azote

Comme pour le phosphore, les projections effectuées dans le cadre des hypothèses 1 et 2 ne permettraient pas d'améliorer significativement l'état d'eutrophisation des milieux lagunaires dans étangs palavasiens Est (Figure 44).

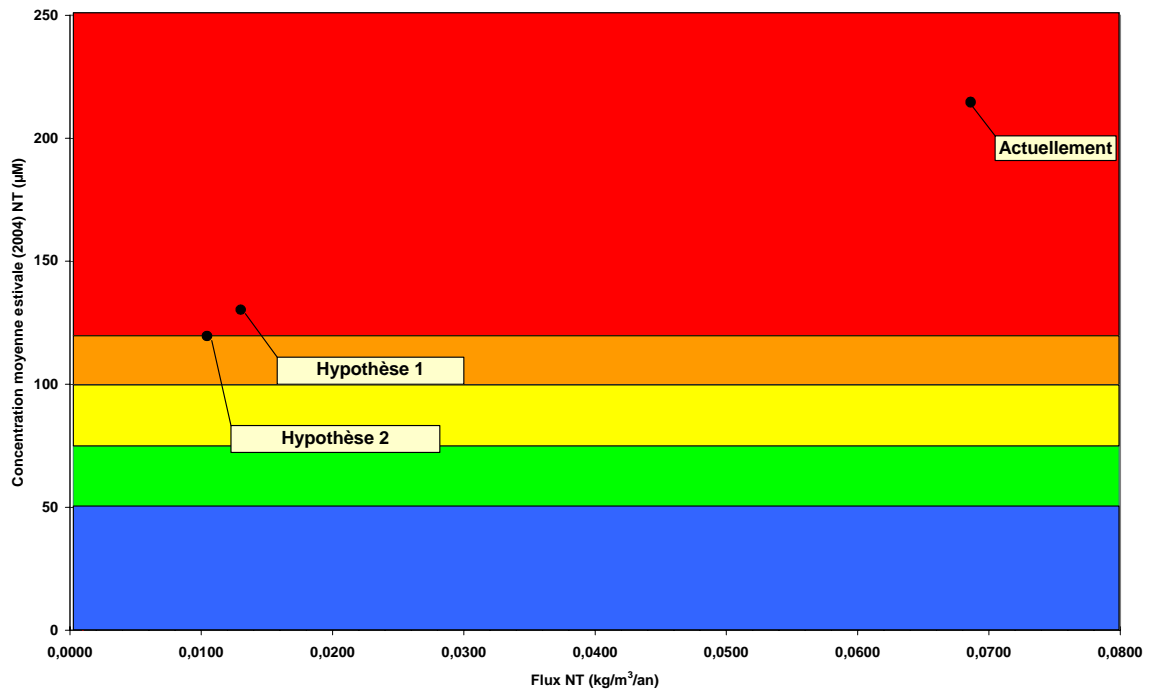


Figure 44 : Etat d'eutrophisation potentiel des étangs Est du complexe palavasien en fonction des différents scénarii de restauration et des seuils du RSL pour l'azote dans l'eau. La droite correspond à la régression calculée lors de l'étude des relations entre les concentrations moyennes en azote mesurées dans l'eau et les estimations des apports en azote issus du bassin versant (Figure 40). Les couleurs correspondant aux limites des concentrations permettant de passer d'un état d'eutrophisation à un autre sont indiquées à titre indicatif.

### 3. Etang de Thau

#### a. Résultats des projections

Les projections d'accroissement de la population des communes du bassin versant de l'étang de Thau effectuées jusqu'en 2015 (hypothèse 1) montre qu'il y aurait une augmentation des apports en phosphore et en azote issus des stations d'épuration d'environ 20 % (Tableau 17).

Le croisement des hypothèses d'accroissement de la population avec un traitement spécifique de l'azote et du phosphore pour la station d'épuration de Poussan-Bouzigues (hypothèse 2), indique qu'il y aurait une diminution des apports en phosphore et une augmentation des apports en azote.

Le croisement des hypothèses d'accroissement de la population et la déconnection du bassin versant de l'étang de Thau du rejet de la station d'épuration de Poussan-Bouzigues entraînerait une diminution des apports en phosphore et en azote.

Projections	Evolution des rejets en phosphore issus des stations d'épuration	Evolution des rejets en phosphore à l'échelle du bassin versant	Evolution des rejets en azote issus des stations d'épuration	Evolution des rejets en azote à l'échelle du bassin versant
Hypothèse 1	+ 19 %	+ 9 %	+ 19 %	+ 7 %
Hypothèse 2	- 8 %	- 4 %	+ 6 %	+ 2 %
Hypothèse 3	- 23 %	- 11 %	- 16 %	- 5 %

**Tableau 17 : Evaluation des réductions des apports en phosphore et azote en fonction de différentes hypothèses d'aménagements sur le bassin versant de l'étang de Thau.**

#### **4. Etang de Bages-Sigean**

##### a. Résultats des projections

En croisant la mise aux normes de la station d'épuration de Port la Nouvelle et Sigean ainsi que l'accroissement de la population des communes du bassin versant de l'étang de Bages-Sigean, la charge annuelle issue des rejets des stations d'épuration en phosphore augmenterait de 3 % et la charge annuelle en azote diminuerait de 23 % (Tableau 18).

Projections	Evolution des rejets en phosphore issus des stations d'épuration	Evolution des rejets en phosphore à l'échelle du bassin versant	Evolution des rejets en azote issus des stations d'épuration	Evolution des rejets en azote à l'échelle du bassin versant
Hypothèse	+ 3 %	+ 2 %	- 23 %	- 10 %

**Tableau 18 : Evaluation des réductions des apports en phosphore et azote en fonction de l'hypothèse d'aménagements sur le bassin versant de l'étang de Bages-Sigean.**

#### **5. Etang de Canet Saint-Nazaire**

L'étang de Canet Saint-Nazaire n'ayant pas été intégré dans les relations entre les apports et les concentrations, seuls les réductions en nutriments obtenues en fonction des différentes projections sont présentées.

##### a. Résultats des projections

La prise en compte de l'accroissement de la population des communes du bassin versant de l'étang de Canet Saint-Nazaire et la mise aux normes de la station d'épuration de

Cabastany (hypothèse 1) permettrait d'obtenir une légère diminution des rejets en phosphore et en azote sur le bassin versant (Tableau 19).

Le traitement de l'azote et du phosphore pour les stations d'épuration d'une capacité > 5 000 EH permettrait de réduire d'un quart les apports en phosphore à l'échelle du bassin versant (hypothèse 2). La diminution des apports en azote calculée dans le cas de cette hypothèse serait faible.

La déconnection du bassin versant des rejets des stations d'épuration > 5 000 EH permettrait de réduire d'un tiers les rejets en phosphore et dans une moindre mesure les rejets en azote (hypothèse 3).

Projections	Evolution des rejets en phosphore issus des stations d'épuration	Evolution des rejets en phosphore à l'échelle du bassin versant	Evolution des rejets en azote issus des stations d'épuration	Evolution des rejets en azote à l'échelle du bassin versant
Hypothèse 1	- 23 %	- 11 %	- 11 %	- 3 %
Hypothèse 2	- 52 %	- 24 %	- 20 %	- 6 %
Hypothèse 3	- 69 %	- 32 %	- 55 %	- 16 %

**Tableau 19 : Evaluation des réductions des apports en phosphore et azote en fonction de différentes hypothèses d'aménagements sur le bassin versant de l'étang de Canet Saint-Nazaire.**

## **PARTIE IV : Discussion**

---

## I. Estimations des apports en nutriments

Un des objectifs du défi « eutrophisation des lagunes littorales du Roussillon » était d'estimer et de hiérarchiser les contributions relatives des différentes stations d'épuration à l'eutrophisation des milieux lagunaires. Le suivi des rejets des stations d'épuration mis en œuvre dans les 3 départements concernés par le défi « lagunes » (Aude, Hérault, Pyrénées-Orientales) a permis d'atteindre cet objectif.

Parallèlement à ces estimations, des estimations des principaux apports en nutriments ont également été réalisées, que ce soit pour les autres apports ponctuels que ceux des rejets des stations d'épuration (rejets industriels) ou pour les apports diffus (ruissellement des terres à vocation agricole, ruissellement urbain et apport atmosphérique).

La démarche utilisée (estimation des apports à partir du recensement des principales sources de production) a ainsi permis de hiérarchiser globalement les différentes sources d'apports aux milieux lagunaires étudiés.

Les estimations effectuées montrent que pour les cinq lagunes ou complexes lagunaires étudiés, les rejets des stations d'épuration associés au ruissellement urbain apparaissent comme la source principale d'apports en phosphore. En revanche, les estimations montrent que les apports en azote sont issus principalement de deux sources : L'une représentée par les rejets des stations d'épuration et l'autre représentée par le ruissellement des terres à vocation agricole. Il est ainsi possible de distinguer deux types de lagune par rapport à l'importance relative des différentes sources d'apports en nutriments :

- des lagunes essentiellement soumises aux apports urbains. C'est le cas des étangs du complexe palavasien et de l'étang de Bages-Sigean.
- des lagunes essentiellement soumises à la double influence des apports urbains et agricoles. C'est le cas de l'étang de l'Or, de Thau et de Canet.

Dans le cas des lagunes eutrophisées, il ressort donc que les apports d'origine naturelle apparaissent négligeables par rapport aux sources d'apports anthropiques.

A l'inverse, il a déjà été mis en évidence que les apports naturels ne deviennent plus négligeables dans le cas des lagunes faiblement eutrophisées, comme pour les étangs de Salses-Leucate et La Palme soumis à une influence multiple de sources d'apports (urbaines, agricoles et naturelles) (Dupré, 2003).

Les apports anthropiques tendent donc à « masquer » les apports naturels qui à eux seuls ne permettent pas d'entretenir un état mauvais vis-à-vis de l'eutrophisation. Ce constat met en évidence la relation de cause à effet entre les apports en nutriments et l'état vis-à-vis de l'eutrophisation des milieux lagunaires du Languedoc-Roussillon. L'eutrophisation, bien que considérée comme un phénomène naturel, est largement dépendante des activités humaines situées sur les bassins versants.

L'amélioration des connaissances en matière d'estimation des apports diffus, permettant de confirmer les estimations et les bilans en nutriments présentés, est apparue nécessaire dans le cadre de l'étude. Cette amélioration demandera le développement de modèles à l'échelle des bassins versants grâce à l'acquisition de nombreuses données afin de les calibrer et les rendre ainsi fonctionnels.

Compte tenu de la complexité des processus de transfert depuis le site de production jusqu'au milieu lagunaire, les phénomènes d'autoépuration n'ont pu être pris en compte. Dans l'attente d'une amélioration des connaissances dans ce domaine, notamment pour les écosystèmes méditerranéens, il a été considéré que l'ensemble des rejets en azote et en phosphore était véhiculé jusqu'aux milieux lagunaires étudiés. Les estimations des apports effectuées dans cette étude doivent donc être considérées comme une pression exercée sur un bassin versant plutôt que des estimations d'apports réels aux milieux lagunaires. Cependant, l'élimination d'une charge polluante d'un bassin versant n'est effective qu'avec le passage de composés volatils depuis l'eau vers l'atmosphère et avec tout autre processus qui participerait à une exportation de biomasse (Université de Savoie, 1993). Seuls ces phénomènes participent à une véritable autoépuration. Il s'avère donc nécessaire de distinguer une « vraie autoépuration », des processus pour lesquels la charge polluante n'est que temporairement masquée et différée dans l'espace et dans le temps.

## II. Outil d'aide à la décision

L'évaluation de l'effort de réduction des apports nécessaire pour améliorer l'état des lagunes vis-à-vis de l'eutrophisation était également un des objectifs du défi « lagunes ». Le développement d'un outil d'aide à la décision, basé sur l'étude de corrélations entre les apports en azote et phosphore des bassins versants et les concentrations des mêmes

composés mesurées dans l'eau des milieux lagunaires dans le cadre du Réseau de Suivi Lagunaire, a permis de réaliser ces évaluations. Ce type de relations de cause à effet a d'ailleurs déjà fait l'objet de nombreuses publications (Vollenweider, 1976 ; Nixon, 1983 ; Vaulot & Frisoni, 1986 ; CEMAGREF & al, 1991 ; Cloern, 2001).

Les extrapolations réalisées ont ainsi permis d'appréhender l'importance des réductions nécessaires pour restaurer significativement l'état d'eutrophisation des milieux lagunaires. Ainsi, pour les étangs fortement eutrophisés comme Canet Saint-Nazaire, les palavasiens Est et l'Or, il apparaît nécessaire de réduire drastiquement les apports en azote et en phosphore afin d'envisager une restauration de leur état trophique.

L'évaluation de la réduction nécessaire pour restaurer ou préserver l'état d'eutrophisation des étangs palavasiens Ouest, de l'étang de Bages-Sigean et Thau n'a pu être réalisée compte tenu de leur niveau d'eutrophisation et de leur positionnement sur la courbe de régression (une faible erreur d'appréciation sur le pourcentage de réduction nécessaire, changerait significativement l'état d'eutrophisation projeté). De plus, l'évaluation des réductions nécessaires pour ce type de lagunes nécessitera notamment l'amélioration des connaissances sur le relargage sédimentaire qui n'apparaît plus négligeable dans de tel cas.

Une démarche similaire au défi « lagunes » avait été conduite en 2003 dans le cadre d'une étude sur les relations entre les apports des bassins versants et l'état d'eutrophisation des milieux lagunaires. Ce travail, par l'utilisation d'un modèle linéaire, avait également permis de mettre en évidence des relations significatives entre les estimations des apports en nutriments et les concentrations moyennes en nutriments mesurées dans l'eau des lagunes (Dupré, 2003).

Dans le cadre du défi « lagunes », l'amélioration de l'estimation des apports en éléments nutritifs (par la mise en œuvre d'un suivi spécifique des rejets des stations d'épuration) a permis de mieux définir les corrélations. L'utilisation d'un modèle hydrodynamique sur le complexe des étangs palavasiens (BCEOM, 1990), pour distinguer la répartition des apports entre les palavasiens Est (Méjean-Pérois, Grec, Arnel, Prévost) et Ouest (Vic, Pierre-Blanche, Ingril nord et Ingril sud) a également contribué à l'amélioration de la définition des relations.

Ainsi, l'utilisation d'un modèle logarithmique (bien que le modèle linéaire soit également significatif), est alors apparue plus pertinente. En effet, il est plus probable qu'il existe un seuil au delà duquel les concentrations dans la colonne d'eau n'augmentent pas

linéairement par rapport à l'augmentation des apports des bassins versants. A partir de ce seuil, les éléments nutritifs en provenance du bassin versant seraient alors majoritairement stockés dans le compartiment sédimentaire. Cette relation entre les concentrations en nutriment dans la colonne d'eau et celle dans les sédiments a d'ailleurs déjà été mise en évidence (Dupré, 2003).

L'étang de Canet Saint-Nazaire n'a pu être intégré dans l'étude de ces relations. Les résultats du RSL 2002 mettent en évidence une forte limitation de la production primaire par l'azote dans l'étang de Canet (Ifremer, 2003, 2004). Les formes dissoutes de l'azote en provenance du bassin versant seraient donc rapidement assimilées par les macroalgues et les microalgues de l'étang pour assurer leur croissance. De plus, l'étang de Canet est un exutoire de crues du Réart, le tributaire principal de l'étang de Canet (Wilke, 1999). L'azote, principalement sous forme dissoute serait donc évacué en mer par effet de chasse. Les concentrations en azote total dans l'eau seraient donc moins représentatives des apports issus du bassin versant dans le cas de l'étang de Canet qui apparaît comme une lagune avec un fonctionnement écologique et hydrologique particulier. L'état actuel des connaissances sur le fonctionnement hydrodynamique de cette lagune ne permet pas d'envisager son intégration dans les relations entre les apports et les concentrations.

### III. Propositions d'actions

#### A. Aménagements permettant de limiter les apports en nutriments

##### 1. Volet assainissement

###### a. Traitement spécifique de l'azote et du phosphore

La réglementation relative aux rejets des stations d'épuration est aujourd'hui harmonisée au niveau européen par la Directive 91/271/CEE du 21 mai 1991. Cette Directive dite « ERU » (Eaux Résiduaire Urbaines) a pour objectif de limiter l'impact des pollutions domestiques sur les milieux aquatiques. Elle impose notamment aux états membres un effort de traitement des eaux résiduaires urbaines en établissant des normes de rejets en fonction de la capacité de traitement et de la zone (zone normale ou sensible<sup>7</sup>) du point de rejet de la station d'épuration (Tableau 20).

---

<sup>7</sup> Les zones sensibles sont définies comme étant des masses d'eau sujettes à l'eutrophisation.

Sensibilité de la zone	Paramètre	Charge de pollution reçue	Rendement minimum (%)	Concentration maximale (mg L <sup>-1</sup> )
Zones normales pollution carbonée	DBO5	2 000 à 10 000 EH	70	25
		plus de 10 000 EH	80	
	DCO	toutes charges	75	125
	MES	toutes charges	90	35
Zones sensibles à Azote et (ou) Phosphore	NGL	10 000 à 100 000 EH	75	15
		plus de 100 000 EH		10
	PT	10 000 à 100 000 EH	80	2
		Plus de 100 000 EH		1

**Tableau 20 : Normes relatives aux rejets des stations d'épuration (Directive 91/271/CEE).**

Un traitement poussé de l'azote et du phosphore par l'utilisation de procédés de dénitrification et de déphosphatation pour les principales stations d'épuration sera donc de nature à engendrer une baisse significative des flux en nutriment.

Concernant le ruissellement urbain, compte tenu de l'accroissement important de la population en Languedoc-Roussillon, les surfaces des zones bâties sont destinées à augmenter. La contribution du ruissellement urbain à l'eutrophisation des lagunes risque d'être alors renforcée. La gestion de ce type d'apports sera efficace grâce à la prise en compte du volet qualitatif des eaux dans le cadre des schémas de gestion des eaux pluviales. Cette prise en compte apparaît donc primordiale afin de gérer au mieux ces sources d'apports déjà importantes sur de nombreux bassins versants de lagunes.

#### b. Aménagement des points de rejets

Dans le but de favoriser les processus d'autoépuration, les aménagements de point de rejets des stations d'épuration, dont la charge résiduelle est importante, apparaissent également comme un aménagement pertinent. En effet, le transit des eaux traitées dans une roselière par exemple, qui utiliserait ces composés pour sa croissance, permettrait une limitation supplémentaire des résidus azotés et phosphorés susceptibles d'atteindre les milieux aquatiques. Dans le but d'évaluer le gain environnemental de ce type d'aménagement, un suivi du rejet et du milieu naturel récepteur apparaît nécessaire.

Il est cependant nécessaire et primordiale de prévoir un entretien régulier de la végétation (fauchage et valorisation) afin d'éviter la restitution ultérieure aux lagunes, des charges azotées et phosphorées assimilées. Ces aménagements, sans entretiens réguliers, représenteraient alors un important stock temporaire en nutriments qui serait véhiculé à terme dans les eaux des milieux lagunaires.

#### c. Déplacement des points de rejets

L'impact des apports en nutriment dans un milieu lagunaire dépend fortement du degré de confinement des eaux (Frisoni, 1987). Bien qu'étant négligeable à l'échelle des apports des bassins versants, des apports faibles dans une zone lagunaire fortement confinée peuvent engendrer des impacts locaux importants.

Des modèles hydrodynamiques sont actuellement en cours de développement (Bages-Sigean, Salses-Leucate, étangs palavasiens-Or-Canal du Rhône à Sète). Ces modèles permettront de disposer d'informations sur la circulation des masses d'eau à l'intérieur des lagunes, notamment en identifiant les zones les plus confinées où le temps de renouvellement des eaux apparaît limité. Des transferts de point de rejet pourront alors être testés et préconisés afin de restaurer la qualité de ces zones.

#### d. Déconnexion des rejets des bassins versants

L'augmentation importante de la population observée ces dernières années au niveau des communes des bassins versants des lagunes a conduit à une augmentation des rejets des stations d'épuration. Bien que des investissements importants aient été engagés pour traiter la pollution trophique engendrée (mise en œuvre de procédés de dénitrification et déphosphatation), les charges résiduelles en nutriments peuvent demeurer importantes. En effet, les normes de rejets sont basées sur des concentrations limites en azote et phosphore à ne pas dépasser en sortie d'ouvrage d'assainissement. Cependant, de faibles concentrations associées à d'importants débits peuvent représenter des charges journalières importantes. Le simple respect de la réglementation peut donc s'avérer insuffisant pour restaurer significativement l'état l'eutrophisation de certaines lagunes.

Les milieux lagunaires ont tendance à stocker les apports de son bassin versant et possèdent donc une capacité d'acceptation réduite (Frisoni, 1987). Les aménagements au niveau des stations d'épuration nécessiteraient donc la prise en compte des charges

rejetées sur l'ensemble des bassins versants. La définition de charges annuelles maximales rejetées en fonction de la capacité d'acceptation d'un milieu lagunaire donné (qui peut être estimée en première approximation grâce à la démarche utilisée dans le cadre du défi « lagunes »), permettrait une gestion optimale de l'état d'eutrophisation des milieux lagunaires.

Dans un objectif de restauration trophique des milieux lagunaires et dans l'attente de procédés de traitement économiquement rentables qui permettraient d'éliminer quasiment totalement l'azote et le phosphore résiduel dans les eaux résiduaires urbaines, l'exportation des rejets traités des stations d'épuration en mer apparaît être aujourd'hui la solution la mieux adaptée.

## **2. Volet agricole**

### **a. Mise en œuvre d'un suivi des fuites en nutriments non utilisés par les cultures**

La quantification des apports diffus est actuellement rendue difficile par le manque de connaissance, notamment sur la quantification des fuites en nutriments non utilisés par les cultures et la dynamique de transfert des composés azotés et phosphorés soumis aux différents processus du sol. Il apparaît donc nécessaire de développer des outils de suivi des apports diffus agricoles pour pallier à ce manque de connaissances. La mise en œuvre d'un tel suivi pourrait se faire à différentes échelles spatiales :

- le Bassin Versant Représentatif Expérimental (BVRE) (CORPEN, 1998),
- l'exploitation ou la parcelle.

Dans cet objectif, plusieurs dispositifs permettraient de mettre en œuvre ce suivi :

- les bougies poreuses : Les bougies poreuses sont des capteurs de solutions reliés à un système d'aspiration. En créant une aspiration dans la bougie, l'eau contenue dans le sol est aspirée. Une analyse de l'eau permet ensuite de mesurer la concentration en nitrate. Cependant, la bougie poreuse ne permet pas d'établir la quantité d'eau drainée, qui doit être mesurée par ailleurs, soit par la réalisation d'un bilan hydrique, soit par mesure des teneurs en eau du sol par tensiométrie (Moutonnet et al, 1990).
- les cases lysimétriques sont des dispositifs qui isolent une colonne du sol. Elles permettent d'effectuer des analyses qualitatives et quantitatives des eaux de drainage, de la solution du sol à différentes profondeurs. Le dispositif permet de

récupérer à sa base les eaux qui percolent. La concentration et le volume de l'eau récupérée permettent de déterminer les quantités lessivées (Moutonnet et al, 1989).

Une typologie des parcelles ou des exploitation (nature du sol, pratique de fertilisation, successions culturales...) permettrait d'identifier les sites d'implantation d'un tel dispositif.

Le phosphore, élément naturellement peu mobile dont le transfert est discontinu dans le temps et dans l'espace. Lors de son transfert depuis le sol, une série de processus de dépôt et de reprise interviennent avant de parvenir dans un milieu aquatique. Ces processus sont gouvernés par les épisodes pluvieux et les caractéristiques physiques du milieu qu'il traverse (Valiela et al, 2002). Le phosphore, principalement liés aux particules du sol, est essentiellement véhiculé par le ruissellement de surface. En revanche, les nitrates sont des sels très solubles, à la différence des autres formes azotées et du phosphore. Ils ont donc très peu d'interaction avec les particules du sol. Le croisement des résultats issus de la mise en œuvre d'un suivi des fuites en nutriments avec des données pédologiques et géologiques permettrait également de distinguer la part des nitrates véhiculée par le ruissellement de surface, l'écoulement hypodermique et l'infiltration. Compte tenu des variations climatiques interannuelles, ce suivi devra être mis en œuvre à une échelle de temps pluriannuelle. Ce type de démarche sera un outil précieux pour la gestion des apports en nutriments d'origine diffus sur les bassins versants des lagunes.

#### b. Implantation de Cultures Intermédiaires Piège à Nitrate

En France, la maîtrise de la pollution des eaux par les nutriments passe essentiellement par un raisonnement strict de la fertilisation des cultures. Cependant, la minéralisation de la matière organique du sol, phénomène naturel et continu, se poursuit en automne et hiver, lorsque le sol n'est généralement pas couvert par une culture. Or c'est durant la période d'interculture (période séparant la récolte d'une culture et le semis de la suivante) que les principales fuites de nitrate se produisent sous l'impact de l'excédent de pluviométrie. Le sol souvent nu et sans système racinaire ne peut pas puiser les nitrates non consommés par les cultures qui sont alors entraînés vers les milieux aquatiques.

Aussi, l'implantation en interculture de cultures intermédiaires pièges à nitrate (CIPAN), (moutarde blanche, le radis fourrager, l'avoine...) permettrait de réduire la pollution

nitrique. Leur rôle va être d'épuiser le sol en nitrate avant la période hivernale durant laquelle se produit le drainage et la lixiviation des sels nutritifs (Chambre d'Agriculture du Gard, 2005).

Elles ont également un effet sur le bilan en azote car, en plus de la réduction des fuites de nitrate, les CIPAN vont restituer une partie de l'azote piégé dans la plante à la culture suivante, après leur enfouissement et leur décomposition dans le sol.

Les CIPAN consomment cependant l'eau du sol et sont donc susceptibles de réduire la recharge en eau des nappes (par réduction du drainage) et, si elles sont mal gérées, peuvent induire des risques de stress hydrique pour la culture suivante. La conduite des CIPAN (date de semis, de destruction, espèce) est donc primordiale en vue de concilier leurs effets positifs et négatifs sur les bilans d'eau et d'azote.

Un programme d'Aide à la Gestion Intégrée des Littoraux (AGIL), conduit par un consortium (IRD, BRL, CNES, Ifremer, BRGM, SCOT) a étudié la problématique des apports en azote d'origine agricole.

L'étude est basée sur une cartographie de l'occupation du sol en utilisant de l'imagerie satellitaire haute résolution, associée à l'expertise et à la concertation des acteurs locaux. Une approche multicritère a ensuite été utilisée pour déterminer le risque d'exportation d'azote au niveau des parcelles agricoles en tenant compte de différentes variables (type de sol, pente, réseau hydrographique, pratiques agricoles et occupation du sol). Ce type de démarche a ainsi permis l'identification de zones prioritaires d'actions visant à limiter les apports diffus agricoles. L'outil ainsi développé pourrait servir à la détermination de zones prioritaires pour l'implantation de CIPAN sur le bassin versant des lagunes.

### c. Sensibilisation des agriculteurs

La Directive 91/676/CEE du 12 décembre 1991 dite Directive "nitrates" introduit des prescriptions réglementaires concernant la protection des eaux contre la pollution par les nitrates à partir des sources de pollution agricole. Ainsi, les états membres sont tenus d'effectuer un inventaire des zones vulnérables<sup>8</sup> sur leur territoire. Cette Directive prévoit également l'établissement d'un code de bonnes pratiques agricoles visant à réduire la

---

<sup>8</sup> Les zones vulnérables sont définies comme des zones atteintes ou menacées par la pollution par les nitrates.

pollution des eaux par les nitrates. Ce code est un ensemble de prescriptions et de recommandations techniques incitatives visant à limiter les apports au milieu naturel (raisonnement de la fertilisation azotée à l'aide de la méthode du bilan, gestion de l'interculture par l'implantation de cultures intermédiaires,...).

Le Contrat territorial d'exploitation (CTE), institué par la loi d'orientation agricole de 1999, est également une disposition majeure permettant de limiter les apports en nutriments d'origine agricole. Fondé sur la reconnaissance des multiples fonctions de l'agriculture (fonctions économique, sociale et environnementale), il vise à faciliter la réorientation de l'agriculture afin de répondre à l'évolution des marchés. Le Contrat territorial d'exploitation est un contrat individuel passé entre un exploitant et l'Etat : d'un côté, le signataire s'engage pour une période de 5 ans à réaliser sur son exploitation des objectifs tant économiques qu'environnementaux ; de l'autre, l'Etat s'engage à lui verser des aides financières pour soutenir ces multiples actions. Ce type de démarche, associé à des actions de sensibilisation des professionnels agricoles, peuvent être de nature à réduire les apports en nutriments sur le bassin versant des lagunes.

## B. Mesures accompagnatrices de la réduction des apports en nutriments

Dans le cas des lagunes eutrophisées depuis plusieurs années, un stock important de nutriments, résultant des apports des bassins versants passés, est présent dans le compartiment sédimentaire. Les programmes de restauration des milieux lagunaires, orientés vers la limitation des apports des bassins versants, peuvent donc s'avérer parfois décevants car l'impact des aménagements risque de ne pas être immédiat sur qualité des lagunes, le stock sédimentaire entretenant l'eutrophisation par les phénomènes de relargage (Gorgeon, 1993 ; Phillips et al., 1994). La bibliographie rapporte de nombreuses expériences de restauration de milieux lagunaires avec la mise en œuvre de procédés variés permettant de réduire le stock sédimentaire en nutriment. Il existe ainsi différentes mesures, mise en œuvre à la suite des actions entreprises sur la réduction des apports sur le bassin versant, visant à accélérer la restauration des milieux lagunaires.

## **1. Réimplantation d'herbiers de phanérogames**

Divers programmes de réimplantations d'herbiers de phanérogames ont déjà été réalisés avec succès en mer et en milieu lagunaire dans de nombreux pays (Fonseca et al, 1982 ; Kawasaki et al, 1988 ; Meinesz et al, 1979). Cette méthode a par exemple déjà été appliquée avec succès dans la lagune de Venise (Faccioli, 1996).

Les herbiers de phanérogames sont les espèces que l'on retrouve dans les écosystèmes lagunaires équilibrés. Ces espèces, comme *Zostera marina* et *Zostera nolti*, possèdent des racines et puisent les éléments nutritifs nécessaires à leur croissance dans les sédiments, favorisant ainsi la réduction des concentrations en éléments nutritifs contenues dans le compartiment sédimentaire. Les herbiers favorisent également l'oxygénation du compartiment sédimentaire et concourent ainsi à limiter les phénomènes de relargage de nutriment sédimentaire. Les phanérogames permettent également d'offrir des habitats pour de nombreux organismes (Gacia et al, 2001).

La réimplantation d'herbiers de phanérogames dans les milieux lagunaires peut donc être un moyen pertinent de favoriser et d'accélérer la restauration des sédiments par rapport à l'eutrophisation.

Les actions de réimplantation d'herbiers nécessitent préalablement de définir les conditions biotiques de croissance des phanérogames. Ainsi, plusieurs paramètres nécessitent d'être étudiés comme la disponibilité de la lumière, l'hydrodynamisme, la salinité, la teneur en matière organique du sédiment,... afin de définir les sites et les espèces les plus adaptés à la réimplantation.

## **2. Ramassage des algues**

Les macroalgues présentent dans les milieux lagunaires, notamment les ulves, contiennent d'importantes quantités d'azote et de phosphore dans leurs tissus. Lors de conditions météorologiques défavorables (températures élevées, absence de vent), responsable du déclenchement des malaïgues, l'absence d'oxygène dans la colonne d'eau des lagunes engendrent la mort de ces macroalgues qui représentent d'importantes quantités de matières organiques reminéralisables (Souchu al, 1998). La collecte des algues peut donc être un moyen permettant de limiter la remise à disposition de cette matière organique et ainsi limiter les apports en azote et en phosphore dans l'eau et les sédiments des lagunes.

Durant les années 90, le ramassage des ulves était pratiqué sur l'étang du Prévost. Cependant, cette collecte n'étant pas associée à une réduction des apports du bassin versant, cette stratégie n'avait pas de réel effet à long terme sur la qualité trophique de l'étang du Prévost. Ce type de mesures nécessite donc d'être mise en œuvre suite à une réduction des sources d'apports afin de participer à une exportation d'éléments nutritifs du milieu lagunaire, notamment par le choix d'une voie de valorisation appropriée de ces déchets.

L'entretien des berges des lagunes, notamment par l'aménagement de pentes appropriées à l'échouage naturel des macroalgues, sera de nature à faciliter la collecte de ces végétaux (Région Languedoc-Roussillon, 2000).

### **3. Amélioration de la circulation hydrodynamique**

Les milieux lagunaires méditerranéens sont des écosystèmes confinés qui ont tendance à stocker les éléments nutritifs en provenance de leur bassin versant. Une des actions permettant de limiter l'eutrophisation des milieux lagunaires peut être l'amélioration de la circulation hydrodynamique au sein des lagunes (Ifremer, 2004). L'impact des apports en éléments nutritifs sera alors limité par une diminution du confinement des eaux, notamment si les aménagements entrepris permettent une meilleure évacuation des nutriments en mer. La mise en œuvre de telles actions nécessite préalablement la mise en place et la calibration de modèle hydrodynamique sur les lagunes permettant de vérifier la pertinence de ces aménagements sur le confinement de l'étang. De tels modèles sont actuellement en cours de développement en Languedoc-Roussillon et seront donc des outils précieux afin de proposer des actions permettant de lutter contre l'eutrophisation des lagunes.

#### **C. Synthèse des différents milieux lagunaires étudiés**

Selon les bassins versants considérés, les efforts de réduction doivent porter sur différentes sources d'apports. Cependant, les résultats du Réseau de Suivi Lagunaire, avec des niveaux d'eutrophisation constants d'année en année, montrent qu'il existe une certaine régularité des apports, indépendamment des variations climatiques interannuelles. Les apports susceptibles d'entretenir un niveau trophique identique d'année en année ne

peuvent être que les rejets des stations d'épuration, dont les apports ne dépendent pas des événements pluvieux dans la majorité des cas. Ces caractéristiques tendent à penser qu'une réduction des apports domestiques entraînerait un gain environnemental plus important qu'une réduction des apports agricoles pour les étangs.

### **1. Etang de l'Or**

Depuis maintenant 30 ans, avec le développement des activités humaines sur son bassin versant, l'étang de l'Or n'a cessé de se dégrader par rapport à l'eutrophisation. Cette dégradation est mise en évidence par le RSL ces 5 dernières années (Ifremer, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005). Les apports excessifs en nutriments issus de son bassin versant favorisent aujourd'hui le développement des microphytes (phytoplancton) au détriment des macrophytes. L'étang fonctionne actuellement comme un incubateur à phytoplancton, correspondant au stade ultime de déséquilibre trophique des milieux lagunaires. Cette prolifération du phytoplancton favorise le développement de cascails qui participe à la réduction de la circulation hydraulique, au comblement de l'étang et perturbe les activités de pêche.

L'évaluation des réductions des apports des bassins versants nécessaire pour passer potentiellement d'un état mauvais par rapport à l'eutrophisation à un état moyen suggère qu'une réduction drastique des apports eutrophisants est nécessaire (pour les apports des stations d'épuration et pour les apports du ruissellement des terres agricoles).

Les projections de réduction des apports suggèrent également qu'il n'y aurait pas de nette restauration de l'étang, même en utilisant des systèmes de traitement poussé pour le phosphore et l'azote au niveau des stations d'épuration. En effet, bien que les concentrations soient faibles en sortie de station d'épuration, les débits importants, du fait du nombre d'habitants sur le bassin versant, engendrent des flux en éléments nutritifs importants. La restauration de l'étang de l'Or par rapport à l'eutrophisation apparaît alors envisageable qu'en exportant du bassin versant, les importantes quantités de nutriments rejetés.

Une politique de déconnection des rejets des stations d'épuration, permettant d'exporter les éléments nutritifs en dehors du bassin versant, poserait cependant le problème de l'approvisionnement en eau douce de l'étang. Les rejets des stations d'épuration entretiennent en effet les débits des cours d'eau, notamment en période estivale. Il serait

alors nécessaire d'évaluer l'impact d'une déconnection du bassin versant des principales stations d'épuration sur la salinité de l'étang.

La gestion de l'état d'eutrophisation de l'étang de l'Or nécessitera de préciser également les apports en nutriments en provenance du Canal du Rhône à Sète. En effet, ce canal, alimenté par le Petit Rhône, reçoit également une partie des eaux du Vistre et du Vidourle (Comité de bassin RMC, 2000). Bien que les premières évaluations des apports en éléments nutritifs par ce canal suggèrent que ces apports apparaissent négligeables aujourd'hui à l'échelle du bassin versant de l'étang de l'Or (pers.com.), la mise en œuvre progressive des actions de réduction des apports du bassin versant dans la cadre du contrat d'étang, renforcera dans l'avenir la part relative du canal dans les apports en nutriments à l'étang.

## **2. Etangs du complexe palavasien**

Les résultats des projections de réduction des apports des bassins versants montrent que la mise en route de l'émissaire en mer de l'Agglomération de Montpellier devrait engendrer une importante réduction des apports en nutriments issus des bassins versants. Cependant, les extrapolations réalisées montrent que cette réduction ne risque pas d'aboutir à une nette restauration des étangs palavasiens Est (Méjean-Pérols, Grec, Arnel, Prévost). La poursuite des efforts de réduction des apports du bassin versant des étangs palavasiens apparaît donc nécessaire pour obtenir une restauration significative de ces étangs (le ruissellement des zones urbaines est notamment apparu comme une source non négligeable dans la gestion de l'état trophique de ces lagunes).

Concernant, les étangs de la partie Ouest du complexe palavasien, il n'a pas été possible d'effectuer des projections compte tenu de leurs positionnements sur la courbe de régression. Etant donné les différences d'état d'eutrophisation existantes pour ces étangs du complexe palavasien, la cinétique de restauration ne sera probablement pas similaire pour l'ensemble des étangs. Les étangs de la partie Ouest du complexe, plus éloignés des principales sources d'apports du bassin versant (le Lez et la Mosson) devraient voir leur état trophique s'améliorer plus rapidement. Cependant, certains étangs possèdent des stocks sédimentaires en nutriments très importants et risquent de voir leur restauration ralentie. La mise en œuvre de mesures accompagnatrices de réduction des apports des bassins versants permettrait d'accélérer les processus de restauration.

La restauration significative de la partie Ouest reste également conditionnée à la restauration des étangs palavasiens Est du fait des échanges existants avec le canal du Rhône à Sète. Le Réseau de Suivi Lagunaire permettra d'apporter des éléments de réflexion sur la cinétique et les processus de restauration des différents étangs du complexe lagunaire.

### **3. Etang de Thau**

L'étang de Thau était une lagune eutrophisée il y a une trentaine d'années. Les aménagements entrepris sur son bassin versant ont permis une réduction considérable des apports en nutriments (notamment la mise en place de l'émissaire en mer de la station d'épuration de Sète). Cette eutrophisation passée s'observe encore aujourd'hui dans le compartiment sédimentaire qui contient un stock important en nutriments résultant des apports passés du bassin versant (Ifremer et al, 2000).

Aujourd'hui, le RSL met en évidence une qualité des eaux bonne à moyenne vis-à-vis de l'eutrophisation et la forte capacité de cet écosystème à produire du phytoplancton, permettant une croissance rapide des coquillages en élevage (Ifremer, 2002, 2003).

Les résultats des simulations réalisées dans le cadre du défi « lagunes » montrent que l'augmentation de la population sur les communes du bassin versant pourrait entraîner une augmentation non négligeable des apports en azote et phosphore à l'étang. Dans l'avenir, les systèmes de lagunage, non prévus pour traiter spécifiquement l'azote et le phosphore, apparaîtraient alors insuffisants pour limiter les apports en nutriments à l'étang. L'augmentation des apports en éléments nutritifs serait alors un facteur favorable à la propagation de malaïgue lors de conditions climatiques particulières (absence de vent et températures élevées).

Les résultats des projections montrent que l'utilisation d'un traitement spécifique de l'azote et du phosphore, ou la déconnection du rejet de la station d'épuration de Poussan-Bouzigues, permettrait de compenser l'augmentation des flux due à la croissance démographique.

Les hypothèses d'accroissement de la population demande à être vérifiées. La veille de l'état d'eutrophisation mis en œuvre dans le cadre du Réseau de Suivi Lagunaire permettra dans les années à venir de disposer d'informations sur une éventuelle évolution de la

qualité trophique de l'étang. Ces éléments de réflexion permettront au Syndicat Mixte du Bassin de Thau d'adapter ses actions pour préserver la qualité de l'étang.

#### **4. Etang de Bages-Sigean**

En 2002, l'étang de Bages-Sigean présentait un gradient d'eutrophisation décroissant nord-sud. Ce gradient tendait à disparaître par la dégradation progressive de la partie Médiane et Sud de l'étang (Ifremer 2002, 2003).

La mise en service de la nouvelle station d'épuration de Narbonne a permis une réduction considérable des apports en nutriments et les premiers signes de restauration de l'étang ont été observés (Ifremer, 2005). L'eutrophisation, dû à des pressions anthropiques principalement urbaines dans le passé apparaissent aujourd'hui avoir une origine multiple.

Les résultats des projections réalisés dans le cadre du défi montrent que la mise aux normes des stations d'épuration de Port la Nouvelle et de Sigean permettrait de réduire significativement les apports en phosphore et azote. Ces aménagements sont donc de nature à poursuivre la restauration de l'état d'eutrophisation de l'étang.

L'enlèvement partiel du barrage à vannes du grau de Port la Nouvelle a permis de favoriser le renouvellement des masses d'eau et une plus importante exportation des nutriments en mer (Ifremer, 2004). A la demande des acteurs locaux, le modèle hydrodynamique développé sur l'étang de Bages-Sigean a permis également de tester l'ouverture de la sèche à l'Est de l'île de l'Aute (Ifremer, 2005). Les résultats de la modélisation montrent que l'ouverture de cette sèche (même avec des hypothèses économiquement irréalisables), ne permettrait pas d'améliorer de façon significative le renouvellement des eaux de l'étang. Le confinement des différents bassins de l'étang de Bages-Sigean apparaît donc structurel et la gestion de l'état trophique de l'étang nécessite une réduction des apports des bassins versants, notamment dans les zones de l'étang fortement confinées.

Ainsi, bien que certains apports en nutriments ne soient plus importants d'un point de vue quantitatif à l'échelle du bassin versant, du fait du degré de confinement de certains secteurs de l'étang (en particulier la partie Nord), l'impact de ces apports peut avoir des conséquences sur l'état trophique localement. Il apparaît donc nécessaire de réduire les apports en nutriments dans ces zones où le taux de renouvellement des eaux est réduit.

Les apports de la Roubine, provenant du fleuve l'Aude par l'intermédiaire du Canélou, ne sont dorénavant plus négligeables à l'échelle du bassin versant pour la gestion de la qualité trophique de l'étang (BRL, 1996). La gestion de ces apports apparaît donc désormais nécessaire pour poursuivre la restauration de l'étang.

Le RSL mettait en évidence en 2004 que le phosphore excédentaire dans les eaux de l'étang apparaît désormais avoir une origine interne du fait des processus de relargage sédimentaire (Ifremer, 2005). Ces observations devront être confirmées lors des prochaines campagnes de suivi. Cependant, maintenant que les principales sources d'apports ont été réduites ou sont en cours de traitement, des mesures accompagnatrices de réduction des stocks en nutriments sédimentaires permettraient d'accélérer le processus de restauration de l'ensemble des compartiments (macrophyte, eau et sédiment) de l'étang de Bages-Sigean.

### **5. Etang de Canet Saint-Nazaire**

La lagune de Canet Saint-Nazaire, l'une des moins profondes du Languedoc-Roussillon est le réceptacle d'un bassin versant 53 fois plus grand que sa propre surface. Sa capacité d'assimilation des apports issus de son bassin versant apparaît donc faible. Cette lagune, présentant un fonctionnement biogéochimique particulier, se distingue ainsi des autres lagunes du Languedoc-Roussillon (Ifremer, 2004).

Les résultats des projections réalisées suggèrent qu'il apparaît nécessaire de réduire drastiquement les apports à l'étang dans le but d'envisager sa restauration par rapport à l'eutrophisation. Les aménagements et l'importante surface du bassin versant de l'étang font que l'eutrophisation, le comblement et l'instabilité hydrologique sont des phénomènes étroitement liés (Ifremer, 2005). La restauration de l'état trophique de cet étang nécessite alors la mise en œuvre d'une gestion quantitative et qualitative des apports des tributaires d'étang sur l'ensemble du bassin versant.

Une meilleure gestion du barrage à vannes permettrait également de mieux contrôler les échanges avec la mer et de favoriser une exportation des nutriments en mer.

Une procédure de type contrat d'étang ou SAGE serait un outil précieux pour la définition d'objectifs permettant d'envisager la restauration de cet étang fortement dégradé par l'eutrophisation.

# CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

—

La démarche développée dans le cadre du défi « eutrophisation des lagunes littorales du Languedoc-Roussillon » a permis d'estimer les principales pressions en nutriments qui s'exercent sur cinq milieux lagunaires dont la gestion de l'eutrophisation est identifiée comme prioritaire par l'ensemble des acteurs locaux.

Du fait de l'accroissement important de la population en Languedoc-Roussillon, les rejets des stations d'épuration sont apparus comme une source majeure d'apports en nutriment. Les apports d'origine agricole apparaissent également important sur certains bassins versants de milieux lagunaires étudiés.

La démarche utilisée a ainsi permis de définir et de caractériser les principales sources susceptibles de jouer un rôle majeur dans l'eutrophisation des milieux lagunaires et d'évaluer l'importance des efforts nécessaires afin de restaurer significativement la qualité d'eutrophisation des lagunes. La gestion de l'état d'eutrophisation des milieux lagunaires du Languedoc-Roussillon nécessite prioritairement une réduction drastique des apports des bassins versants. Les moyens d'actions pour limiter ces sources d'apports existent et nécessitent donc d'être mis en oeuvre et généralisés.

L'amélioration des connaissances sur le fonctionnement des écosystèmes lagunaires permettra dans l'avenir de mieux cibler et prioriser les actions à mettre en oeuvre, notamment dans le cadre des différents contrats d'étang en cours sur les lagunes.

La mise à jour des estimations en fonction des aménagements qui seront réalisés sur les bassins versants et le diagnostic annuel de l'eutrophisation réalisé dans le cadre du Réseau de Suivi Lagunaire permettront d'améliorer l'outil d'aide à la gestion de l'état d'eutrophisation des lagunes méditerranéennes développé dans cette étude. Cette amélioration nécessitera également le développement et le calibrage de modèles intégrés à l'échelle des bassins versants des lagunes.

La prise en compte de la problématique eutrophisation dans l'ensemble des documents de planification territoriale, notamment par rapport au risque que représente l'accroissement de la population pour la préservation et la restauration des lagunes littorales, apparaît alors primordial afin de garantir la qualité des lagunes et les activités socio-économiques qui en sont fortement dépendantes. L'étude d'indicateur permettant d'évaluer la capacité de charge des bassins versants, en fonction des moyens de traitements des eaux existants, pourrait être un outil précieux concourant à l'adéquation entre les pressions exercées sur les bassins versants et la capacité d'acceptation des milieux lagunaires.

La restauration significative des milieux lagunaires nécessitera probablement de passer conjointement par un « cocktail d'actions », à la fois sur le bassin versant (réduction des apports des bassins versants, action de restauration et mise en valeur des milieux aquatiques) et sur le milieu lagunaire, compte tenu notamment des stocks importants de nutriments contenus dans le compartiment sédimentaire des écosystèmes lagunaires eutrophisés depuis de nombreuses années. Ces stocks sont en effet susceptibles, par des phénomènes de relargage sédimentaire, d'entretenir l'eutrophisation des milieux lagunaires, sans qu'il soit aujourd'hui possible d'estimer ce temps de restauration. L'évaluation des réserves de nutriments sédimentaires mobilisables permettrait d'apprécier la pertinence et la nature des interventions directes sur les milieux.

Bien qu'aujourd'hui, la dynamique de restauration des milieux lagunaires par rapport à l'eutrophisation reste du domaine de la recherche, il semble nécessaire de développer des programmes d'accompagnement à la restauration par la mise en œuvre de programme d'intervention sur les lagunes, notamment au niveau du compartiment sédimentaire pour atténuer l'effet retard des réserves.

Ces mesures accompagnatrices ne doivent cependant pas être un moyen de pallier à la réduction prioritaire des apports en nutriments issus des bassins versants. Ces mesures seront alors réellement efficaces et permettront d'envisager le respect des délais et des obligations de résultats institués par la Directive Cadre sur l'Eau au niveau européen.

# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

—

- AE (1994). Mise à niveau des stations d'épuration. Etudes inter-agences n°38. 149 p + annexes.
- AE RMC (2003). Evaluation des flux d'apports polluants à la Méditerranée. SIEE. 107 p. + annexes.
- Albigès C., Pierre D., Saggiolo M. (1991). Evaluation des apports en azote et phosphore des bassins versants (données statistiques et bibliographiques). Application aux étangs du département de l'Hérault. 35 p + annexes.
- AQUASCOP (2001). Optimisation des outils d'évaluation de la qualité de l'eau en azote, phosphore et pesticides. 5 tomes.
- AQUASCOP, CEMAGREF (1979). Zones humides du Languedoc-Roussillon. Rapport pour l'ADA. 1, 189 p.
- AQUASCOP, CEMAGREF (1979). Zones humides du Languedoc-Roussillon. Rapport pour l'ADA. 2, 239 p.
- Bendoricchio G., Calligaro L., Carrer G. M. (1999). Consequences of diffuse pollution on the water quality of rivers in the watershed of the lagoon of Venice (Italy). Wat. Sci. Tech. 39. n°3 : 113-120.
- BCEOM (1990). Etude par modélisation mathématique de l'hydrosystème et du mouvement de la pollution. Etangs de l'Arnel, du Prévost, du Grec et de Méjean-Pérois. Etude pour SIVOM Méjean, Lattes-Palavas. 40 p + annexes.
- Benneton J. P. (1984). Eutrophisation des plans d'eau. Inventaire des principales sources de substances nutritives azotées et phosphorées. Etude bibliographique. Laboratoire central des ponts et chaussées. 68 p.
- BRL (1996). Bilan des apports toxiques et trophiques dans les étangs du Narbonnais. Projet de Parc Naturel Régional du Pays Narbonnais. 160 p. + annexes.
- BRL (1999). Définition d'un plan de gestion des apports trophiques du canal de la robine dans l'étang de Bages-Sigean. 61 p + annexes.
- CEBEDEAU (1972). Croisière-analyse sur le tronçon Monsin-Genk du canal Albert (Liège-Anvers). Centre Belge d'Etude et de Documentation des Eaux. n° 345-346.
- CEPRALMAR, AQUASCOP (1984). Etangs côtiers du Languedoc-Roussillon. Situation actuelle. 1, 294 p.

- CEMAGREF, USTL, Faculté de pharmacie (1991). Efficacité de la réduction de la masse des nutriments dans la prévention des malaïgues. Application aux étangs palavasiens. Document de synthèse des travaux. 28 p.
- Chambre d'Agriculture du Gard (2005). Les engrais verts en Vistrenque. 16 p.
- Chapelle A., Mesnage V., Mazouni N., Deslous-Paoli J-M., Picot B. (1994). Modélisation des cycles de l'azote et du phosphore dans les sédiments d'une lagune soumise à une exploitation conchylicole. *Oceanologica Acta*. 17. n°6 : 609-620.
- Cloern, J.E. (2001). Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 210 : 223-253.
- Comité de Bassin RMC (1996). Mode d'emploi. Glossaire et index. 42 p.
- Comité de Bassin RMC (2000). Les rivières eutrophisées prioritaires du SDAGE. Stratégies d'actions. Note technique SDAGE n°3. 51 p.
- CORPEN (1998). Programme d'action pour la maîtrise des rejets de phosphore provenant des activités agricoles. Groupe « programme d'action phosphore ». 84 p.
- Dupré N (2002). Rôle des rejets des stations d'épuration dans l'eutrophisation des lagunes du Languedoc-Roussillon. Exemple du complexe palavasien. Rapport de DES. Université Montpellier II. 202 p.
- Dupré N (2003). Les apports des bassins versants en relations avec l'état d'eutrophisation des lagunes du Languedoc-Roussillon. Application à l'étang de l'Or. Rapport de DESS. Université Montpellier I, II, III. 122 p + annexes.
- ENGREF (1997). L'assainissement des communes touristiques du littoral et de sports d'hivers : critères de choix des traitements. Synthèse bibliographique. 14 p.
- EEA (2001). Eutrophication in Europe's coastal waters. 86 p.
- Faccioli F. (1996). The morphological restoration of the Venice Lagoon. *Quaderni trimestriali, Consorzio Venezia Nuova, Italie, suppl.* 3-4: 1-24.
- Fonseca M.S., Kenworthy W.J., Phillips R.C. (1982). A cost-evaluation technique for restoration of seagrass and other plant communities. *Environm. Cons.* 9(3) : 237-241.
- Frisoni G.-F. (1987). L'influence du bassin versant sur le fonctionnement des lagunes méditerranéennes. Concepts d'eutrophisation et de confinement. Exemple d'application : l'étang de Sanga Giulia (Corse). *Bull. Ecol.* 18 : 169-175.
- Gacia E., Duarte C.M. (2001). Sediment retention by a Mediterranean *Posidonia oceanica* meadow : the balance between deposition and resuspension. *Est. Coast. Shelf Sci.* 52: 505-514.
- Gorgeon A. (1993). Mobilité de l'azote et du phosphore à l'interface eau-sédiment dans deux écosystèmes lagunaires languedociens : Etang de Méjean, étang de Thau. Mémoire de DEA, Université Montpellier I. 78 p + annexes.
- HYDRATEC, AQUASCOP (1989). Etude du fleuve Lez. Milieu prioritaire. Analyse de la situation actuelle. 99 p + annexes.
- Ifremer (2001). L'eutrophisation des eaux marines et saumâtres en Europe, en particulier en France. Rapport Ifremer pour la Commission Européenne-DG.ENV.B1. 59 p.

- Ifremer (2001). Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc-Roussillon : Bilan des résultats 2000. Rapport RSL-01/2001. 82 p.
- Ifremer (2002). Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc-Roussillon : Bilan des résultats 2001. Rapport RSL-02/2002. 366 p + annexes.
- Ifremer (2003). Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc-Roussillon : Bilan des résultats 2002. Rapport RSL-03/2003. 523 p.
- Ifremer (2004). Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc-Roussillon : Bilan des résultats 2003. Rapport RSL-04/2004, 523 p.
- Ifremer, (2005). Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc-Roussillon : Bilan des résultats 2004. Rapport RSL-05/2005, 424 p.
- Ifremer, Créocéan, Université Montpellier II (2000). Mise à jour d'indicateurs du niveau d'eutrophisation des lagunes méditerranéennes. Rapport marché public n°989051. 1 et 2, 412 p.
- INSEE (2001). Repères pour l'économie du Languedoc-Roussillon. Document de travail n°3. octobre 2001. INSEE Languedoc-Roussillon. 6 p.
- INSEE (2002). Repères pour l'économie du Languedoc-Roussillon. Synthèse. n°3. mars 2002. INSEE Languedoc-Roussillon. 35 p.
- Kawasaki Y., Iituka T., Goto H., Terawaki T., Watanabe Y., Kikuti K. (1988). Study on the technique for *Zostera* bed creation. Central Res. Inst. electric Power Industry, Japon, Rep. n° U-14: 1-231.
- Kjerfve B. (1994). Coastal lagoon processes. Elsevier Oceanography Series. 577 p.
- Lagasquie, M.P. (1999). Modélisation de l'autoépuration bactérienne des rivières. Application au bassin versant du Célé dans le but de la définition de zones vulnérables à la pollution bactérienne. Rapport pour l'Agence de l'Eau Adour Garonne. 32 p.
- La Jeunesse I. (2001). Etude intégrée dynamique du phosphore dans le système bassin versant-lagune de Thau (Mer Méditerranée, Hérault). Thèse, Université Orléans. 289 p.
- Moutin T. (1992). L'étude du cycle du phosphate dans les écosystèmes lagunaires. Thèse, Université de Montpellier II. 251 p.
- Moutonnet, P., Guiraud, G., Marol, C. (1989). Le tensiomètre et la teneur en nitrates de la solution de sol. Milieux poreux et transferts hydriques (26) 11-30.
- Moutonnet, P., Guiraud, G., Marol, C. (1990). Dispositif de mesure de la charge hydraulique et de la concentration ionique du sol. Demande de brevet français du 6/12/90, FR 9015299; demande d'extension à 7 pays européens sous n° 91403282.6.
- Nixon S.W., Pilson M.E.Q. (1983). Nitrogen in estuarine and coastal marine ecosystems. Nitrogen in the marine environment. 16 : 565-647.
- Payraudeau S. (2002). Modélisation distribuée des flux d'azote sur des petits bassins versants méditerranéens. Thèse ENGREF. 289 p.
- Phillips G., Jackson R., Bennet C., Chilvers A. (1994). The importance of sediment phosphorus release in the restoration of very shallow lakes (The Norfolk Broads, England) and implications for biomanipulation. Hydrobiologia. 275/276 : 445-456.

- Picouet C. (1995). Micropolluants métalliques et organiques, et sels nutritifs dans un écosystème lagunaire. Complexe lagunaire de Bages-Sigean, Ayrolle, Campagnol, Gruissan (Aude). Mémoire de DEA, Université Montpellier I. 111 p + annexes.
- Loye-Pilot M.D., Martin J.M., Morelli J., (1990). Atmospheric input of inorganic nitrogen to the Western Mediterranean. *Biogeochemistry*, 9 : 117-134.
- Meinesz A., Verlaque M. (1979). Note préliminaire concernant quelques expériences de repiquage de *Caulerpa prolifera* et de *Zostera noltii* dans la zone de rejet de l'effluent thermique de la centrale électrique de Martigues-Ponteau (golfe de Fos, France). *Rapp. P.V. Réunion. Commiss. internat. Explor. sci. Médit.* 25-26: 209-212.
- Région Languedoc-Roussillon (2000). Guide méthodologique de gestion des lagunes méditerranéennes. Les eaux. Document pour le programme européen Life. 1, 188 p.
- Région Languedoc-Roussillon (2000). Guide méthodologique de gestion des lagunes méditerranéennes. Les espèces. Document pour le programme européen Life. 2, 188 p.
- Région Languedoc-Roussillon (2000). Guide méthodologique de gestion des lagunes méditerranéennes. Les aménagements. Document pour le programme européen Life. 4, 109 p.
- Région Languedoc-Roussillon (2000). Guide méthodologique de gestion des lagunes méditerranéennes. L'administratif et le juridique. Document pour le programme européen Life. 5, p 201.
- SMGEO (2000). Etang de l'Or. Contrat de baie. Dossier d'agrément définitif. 111 p + annexes.
- 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 Interne DEL/98.04/Sète*. 33 p.
- Souchu P., Gasc A., Collos Y., Vaquer A., Tournier H., Bibent B., Deslous-Paoli J-M. (1998). Biogeochemical aspects of bottom anoxia in a Mediterranean lagoon (Thau, France). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 164 : 135-146.
- Université de Savoie (1993). Impact des aménagements des rivières sur les capacités auto-épuratrices des cours d'eau - Étude bibliographique n° 24. Agence de l'Eau et Ministère de l'Environnement. 143 p.
- Valiela I., Bowen J.L., Kroeger K.D. (2002). Assessment of models for estimation of land-derived nitrogen loads to shallow estuaries. *Applied Geochemistry*. 17 : 935-953.
- Vaultot D., Frisoni G-F. (1986). Phytoplanktonic productivity and nutrients in five Mediterranean lagoons. *Oceanol. Acta*. 9 (1) : 57-63.
- Viaroli P., Bartoli M., Bondavalli C., Naldi M. (1995). Oxygen fluxes and dystrophy in a coastal lagoon colonized by *Ulva rigida* (Sacca di Goro, Po river delta, northern Italy). *Fresenius Envir Bull.* 4 : 381-386.
- Vollenweider, R.A. (1976). Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 33 : 53-83.

- Wilke M. (1997). Etude des phénomènes d'eutrophisation dans plusieurs lagunes du Languedoc-Roussillon : effets des facteurs abiotiques. Diplôme Universitaire de Recherche en Sciences, Université Perpignan. 162 p.
- Wilke M., Boutière H. (1997). Cent ans de recherche, de travaux et de projets sur l'étang de Canet, ses rives et son bassin versant. 151 p.

# TABLES DES ILLUSTRATIONS

—

## Figures

-

Figure 1 : Description simplifiée d'une lagune faiblement eutrophisée.....	14
Figure 2 : Description simplifiée d'une lagune eutrophisée.....	14
Figure 3 : Description simplifiée d'une lagune fortement eutrophisée. ....	16
Figure 4 : Résultats 2004 de l'état d'eutrophisation de la colonne d'eau des lagunes littorales du Languedoc-Roussillon.....	17
Figure 5 : Estimations des apports annuels en phosphore issus des rejets des stations d'épuration sur le bassin versant de l'étang de l'Or.....	47
Figure 6 : Estimations des apports annuels en azote issus des rejets des stations d'épuration sur le bassin versant de l'étang de l'Or.....	48
Figure 7 : Estimations des apports diffus en phosphore issus de différentes sources sur le bassin versant de l'étang de l'Or. ....	49
Figure 8 : Estimations des apports diffus en azote issus de différentes sources sur le bassin versant de l'étang de l'Or. ....	50
Figure 9 : Bilan des estimations des apports en phosphore effectuées sur le bassin versant de l'étang de l'Or.....	50
Figure 10 : Bilan des estimations des apports en azote effectuées sur le bassin versant de l'étang de l'Or.....	51
Figure 11 : Estimations des apports annuels en phosphore issus des rejets des stations d'épuration sur le bassin versant des étangs du complexe palavasien.....	52
Figure 12 : Estimations des apports annuels en azote issus des rejets des stations d'épuration sur le bassin versant des étangs du complexe palavasien.....	53
Figure 13 : Estimations des apports diffus en phosphore issus de différentes sources sur le bassin versant des étangs du complexe palavasien.....	54
Figure 14 : Estimations des apports diffus en azote issus de différentes sources sur le bassin versant des étangs du complexe palavasien.....	55
Figure 15 : Bilan des estimations des apports en phosphore effectuées sur le bassin versant des étangs du complexe palavasien. ....	56

Figure 16 : Bilan des estimations des apports en azote effectuées sur le bassin versant des étangs du complexe palavasien.....	56
Figure 17 : Estimations des apports annuels en phosphore issus des rejets des stations d'épuration sur le bassin versant de l'étang de Thau.....	57
Figure 18 : Estimations des apports annuels en azote issus des rejets des stations d'épuration sur le bassin versant de l'étang de Thau.....	58
Figure 19 : Estimations des apports diffus en phosphore issus de différentes sources sur le bassin versant de l'étang de Thau.....	59
Figure 20 : Estimations des apports diffus en azote issus de différentes sources sur le bassin versant de l'étang de Thau.....	60
Figure 21 : Bilan des estimations des apports en phosphore effectuées sur le bassin versant de l'étang de Thau. ....	61
Figure 22 : Bilan des estimations des apports en azote effectuées sur le bassin versant de l'étang de Thau. ....	61
Figure 23 : Estimations des apports annuels en phosphore issus des rejets des stations d'épuration sur le bassin versant de l'étang de Bages-Sigean.....	62
Figure 24 : Estimations des apports annuels en azote issus des rejets des stations d'épuration sur le bassin versant de l'étang de Bages-Sigean.....	63
Figure 25 : Estimations des apports diffus en phosphore issus de différentes sources sur le bassin versant de l'étang de Bages-Sigean. ....	64
Figure 26 : Estimations des apports diffus en azote issus de différentes sources sur le bassin versant de l'étang de Bages-Sigean. ....	65
Figure 27 : Bilan des estimations des apports en phosphore effectuées sur le bassin versant de l'étang de Bages-Sigean.....	65
Figure 28 : Bilan des estimations des apports en azote effectuées sur le bassin versant de l'étang de Bages-Sigean. ....	66
Figure 29 : Estimations des apports annuels en phosphore issus des rejets des stations d'épuration sur le bassin versant de l'étang de Canet Saint-Nazaire .....	67
Figure 30 : Estimations des apports annuels en azote issus des rejets des stations d'épuration sur le bassin versant de l'étang de Canet Saint-Nazaire .....	68
Figure 31 : Estimations des apports diffus en phosphore issus de différentes sources sur le bassin versant de l'étang de Canet Saint-Nazaire.....	69
Figure 32 : Estimations des apports diffus en azote issus de différentes sources sur le bassin versant de l'étang de Canet Saint-Nazaire.....	70
Figure 33 : Bilan des estimations des apports en phosphore effectuées sur le bassin versant de l'étang de Canet Saint-Nazaire. ....	70
Figure 34 : Bilan des estimations des apports en azote effectuées sur le bassin versant de l'étang de Canet Saint-Nazaire. ....	71
Figure 35 : Comparaison des estimations des apports annuels en phosphore sur les différents bassins versants étudiés.....	72
Figure 36 : Comparaison des estimations des apports annuels en azote sur les différents bassins versants étudiés. ....	73

Figure 37 : Comparaison des estimations des apports annuels en phosphore par unité de volume d'eau de lagune pour les différents milieux lagunaires étudiés.....	74
Figure 38 : Comparaison des estimations des apports annuels en azote par unité de volume d'eau de lagune pour les différents milieux lagunaires étudiés.....	75
Figure 39 : Concentrations moyennes estivales 2004 (juin, juillet et août) en phosphore total mesurées dans l'eau en fonction des estimations des apports en phosphore issus du bassin versant pour les différentes lagunes étudiées. ....	76
Figure 40 : Concentrations moyennes estivales 2004 (juin, juillet et août) en azote total mesurées dans l'eau en fonction des estimations des apports en azote issus du bassin versant pour les différentes lagunes étudiées .....	77
Figure 41 : Etat d'eutrophisation potentiel de l'étang de l'Or en fonction des différents scénarii de restauration et des seuils du RSL pour le phosphore total dans l'eau .....	80
Figure 42 : Etat d'eutrophisation potentiel de l'étang de l'Or en fonction des différents scénarii de restauration et des seuils du RSL pour l'azote dans l'eau .....	81
Figure 43 : Etat d'eutrophisation potentiel des étangs Est du complexe palavasien en fonction des différents scénarii de restauration et des seuils du RSL pour le phosphore dans l'eau.....	83
Figure 44 : Etat d'eutrophisation potentiel des étangs Est du complexe palavasien en fonction des différents scénarii de restauration et des seuils du RSL pour l'azote dans l'eau .....	84

## Tableaux

-

Tableau 1 : Principales caractéristiques morphologiques et hydrologiques de l'étang de l'Or.....	18
Tableau 2 : Principales caractéristiques morphologiques des étangs palavasiens.....	19
Tableau 3 : Principales caractéristiques morphologiques et hydrologiques de l'étang de Chau .....	21
Tableau 4 : Principales caractéristiques morphologiques et hydrologiques de l'étang de Bages-Sigean .....	22
Tableau 5 : Principales caractéristiques morphologiques et hydrologiques de l'étang de Canet.....	23
Tableau 6 : Estimations des ratios d'exportation de phosphore et d'azote par type d'occupation du sol.....	34
Tableau 7 : Estimations des apports en phosphore total et en azote Kjeldahl issus des rejets des industries sur le bassin versant de l'étang de Or .....	48
Tableau 8 : Estimations des apports en phosphore total et en azote Kjeldahl issus des rejets des industries sur le bassin versant des étangs du complexe palavasien .....	53

Tableau 9 : Estimations des apports en phosphore total et en azote Kjeldahl issus des rejets des industries sur le bassin versant de l'étang de Thau .....	58
Tableau 10 : Estimations des apports en phosphore total et en azote Kjeldahl issus des rejets des industries sur le bassin versant de l'étang de Bages-Sigean.....	63
Tableau 11 : Estimations des apports en phosphore total et en azote Kjeldahl issus des rejets des industries sur le bassin versant de l'étang de Canet Saint-Nazaire .....	68
Tableau 12 : Evaluation du pourcentage de réduction des apports en phosphore qu'il serait nécessaire pour atteindre une qualité moyenne (état jaune du RSL) par rapport à l'eutrophisation.....	78
Tableau 13 : Evaluation du pourcentage de réduction des apports en azote qu'il serait nécessaire pour atteindre une qualité moyenne (état jaune du RSL) par rapport à l'eutrophisation.....	79
Tableau 14 : Evaluation des réductions des apports en phosphore et azote en fonction de différentes hypothèses d'aménagements sur le bassin versant de l'étang de l'Or.....	80
Tableau 15 : Evaluation des réductions des apports en phosphore et azote en fonction de différentes hypothèses d'aménagements sur le bassin versant des étangs Est du complexe palavasien. ....	82
Tableau 16 Evaluation des réductions des apports en phosphore et azote en fonction de différentes hypothèses d'aménagements sur le bassin versant des étangs Ouest du complexe palavasien.....	82
Tableau 17 : Evaluation des réductions des apports en phosphore et azote en fonction de différentes hypothèses d'aménagements sur le bassin versant de l'étang de Thau. ....	85
Tableau 18 : Evaluation des réductions des apports en phosphore et azote en fonction de l'hypothèse d'aménagements sur le bassin versant de l'étang de Bages-Sigean. ....	85
Tableau 19 : Evaluation des réductions des apports en phosphore et azote en fonction de différentes hypothèses d'aménagements sur le bassin versant de l'étang de Canet Saint-Nazaire.....	86
Tableau 20 : Normes relatives aux rejets des stations d'épuration.....	92

# ANNEXES

—

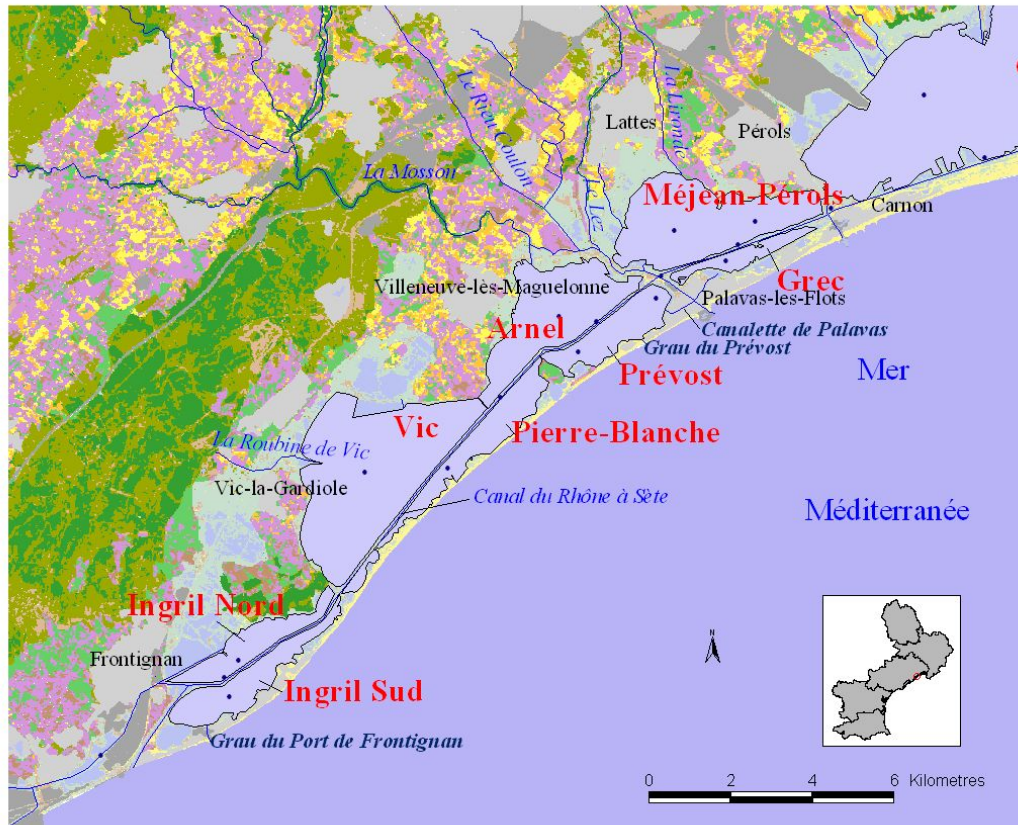
**Annexe I** : Présentation des lagunes étudiées dans le cadre du défi « lagunes »

- Carte 1 : Etang de l'Or
- Carte 2 : Etangs du complexe palavasien
- Carte 3 : Etang de Thau
- Carte 4 : Etang de Bages-Sigean
- Carte 5 : Etang de Canet Saint-Nazaire

**Annexe II** : Inventaire des stations d'épuration suivies dans le cadre du défi « lagunes »



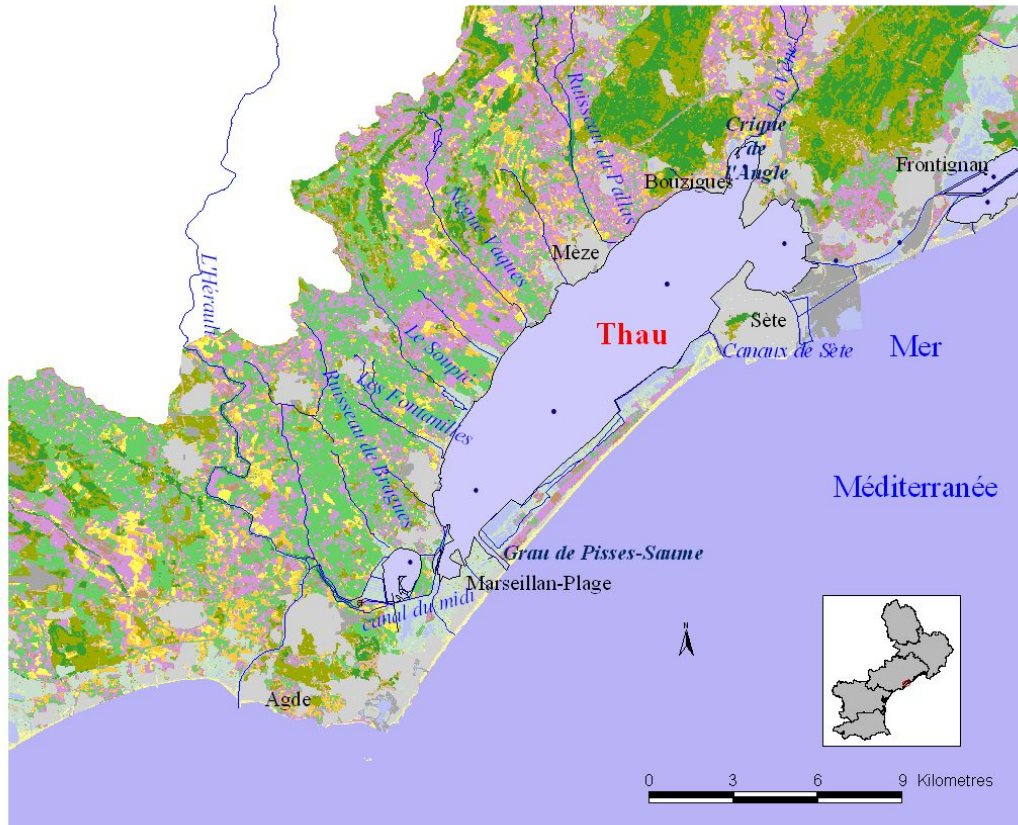
**Annexe I :**  
**Carte 2 : Etangs du complexe palavasien**



Source : BD GEOZOOM, version 1.0, AME & DREN, 2001 ; BD CARTO, version 2, IGN, 1997.



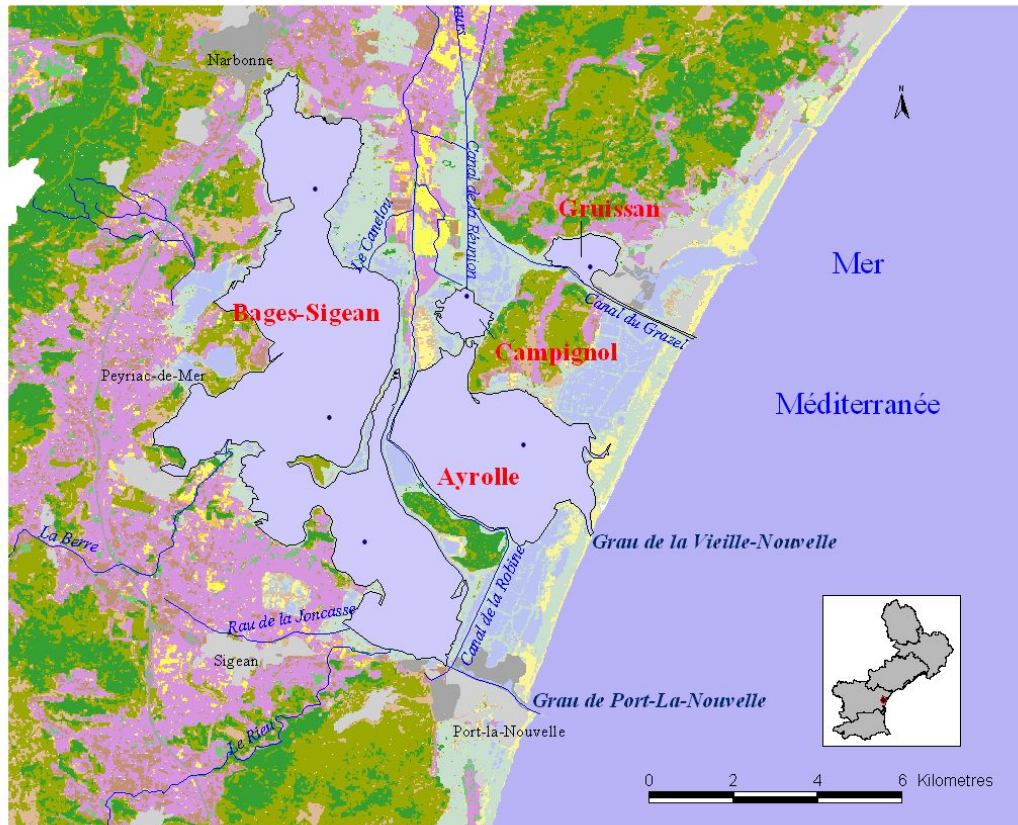
**Annexe I :**  
**Carte 3 : Etang de Thau**



Source : BD GEOZOOM, version 1.0, A.M.E. & D.I.R.E.N., 2001 ; BD CARTO, version 2, I.G.N., 1997.



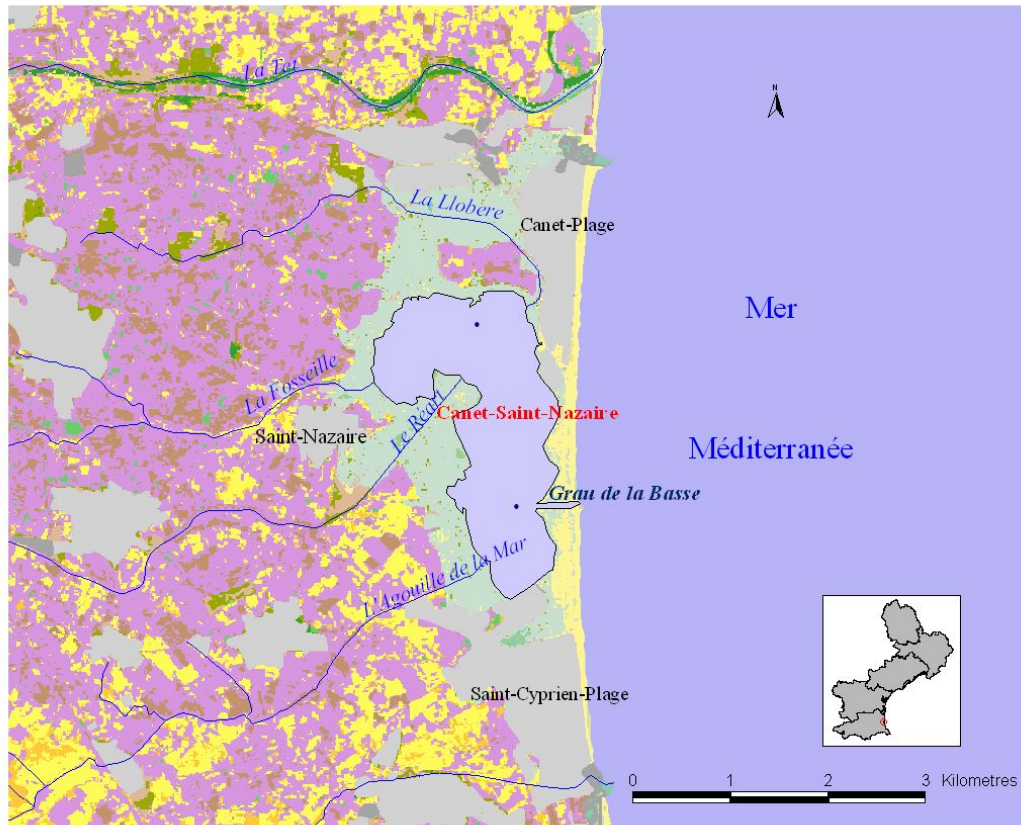
**Annexe I :**  
**Carte 4 : Etang de Bages-Sigean**



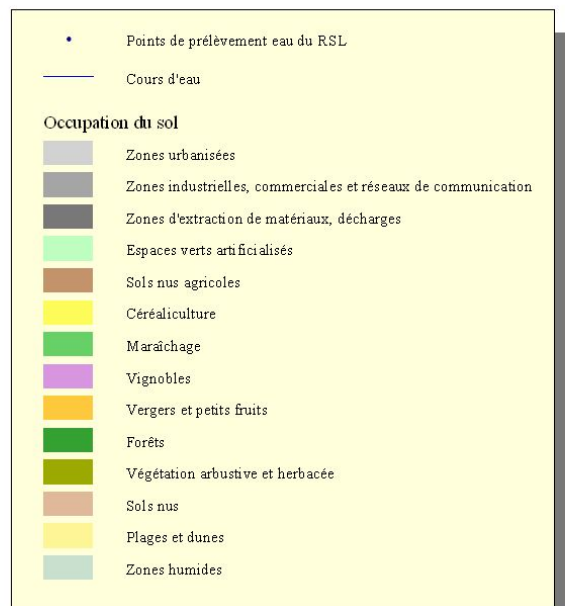
Source : BD GEOZOOM, version 1.0, A.M.E. & D.R.E.M., 2001 ; BD CARTO, version 2, IGN, 1997.



## Annexe I : Carte 5 : Etang de Canet Saint-Nazaire



Source : BD GEOZOOM, version 1.0, A.M.E. & D.B.E.N., 2001 ; BD CARTO, version 2, I.G.N., 1997.



## Annexe II : Inventaire des stations d'épuration suivies dans le cadre du défi « lagunes »

Bassin versant	Stations	Capacité nominale	Milieu récepteur	Type de traitement
Bages-Sigean	Narbonne Ville	100 000	Canal de la Roubine	BA
Bages-Sigean	Port La Nouvelle	25 000	Etang de Bages-Sigean	PC
Bages-Sigean	Sigean de mer	6 000	Joncasse	BA
Bages-Sigean	Peyriac	3 000	Etang de Bages-Sigean	BA
Bages-Sigean	Narbonne La Nautique	1 800	Etang de Bages-Sigean	Lag
Bages-Sigean	Montredon Des Corbieres	1 300	Rec de Veyret	BA
Bages-Sigean	Roquefort Des Corbieres	1 200	Rieu	BA
Bages-Sigean	Portel des Corbières	1 200	Berre	BA
Bages-Sigean	Durban Corbieres	1 000	Berre	BA
Bages-Sigean	Bages	1 000	Etang de Bages-Sigean	BA
Bages-Sigean	Villeneuve Les Corbieres	770	Berre	BA
Bages-Sigean	Villeseque Des Corbieres	770	Font	BA
Bages-Sigean	Bages-Prat De Cest	500	Ruisseau de la platrière	BA
Bages-Sigean	Fraisse Des Corbieres	500	ruisseau de Fraisse	BA
Bages-Sigean	Embres Et Castelmaure	500	Ruisseau de la platrière	BA
Bages-Sigean	Saint Jean de Barrou	400	Barrou	BA
Bages-Sigean	Fontjoncouse	200	Fontaine	BA
Bages-Sigean	Albas	100	Infiltration dans le sol	DD
Canet Saint-Nazaire	Elne	15 000	Aguille de la Mar	BA
Canet Saint-Nazaire	Cabestany	12 000	Ruisseau des Champs	BA
Canet Saint-Nazaire	Salleilles	6 500	Réart	BA
Canet Saint-Nazaire	Bages	5 300	Aguille de la Mar	BA
Canet Saint-Nazaire	Villeneuve De La Raho	5 000	Aguille de la Mar	BA
Canet Saint-Nazaire	Pollestres	4 700	Réart	BA
Canet Saint-Nazaire	Villemolaque Autoroute	3 500	Ruisseau de Coumedègue	PC
Canet Saint-Nazaire	Corneilla Del Vercol	2 500	Aguille de la Mar	BA
Canet Saint-Nazaire	Ponteilla	2 400	Canterrane	BA
Canet Saint-Nazaire	Trouillas	2 000	Canterrane	BA
Canet Saint-Nazaire	Villemolaque Passa	2 000	Rivière de Passa	BA
Canet Saint-Nazaire	Fourques	2 000	Réart	BA
Canet Saint-Nazaire	Montescot	1 800	Aguille de la Mar	BA
Canet Saint-Nazaire	Theza	1 800	Aguille de la Mar	LB
Canet Saint-Nazaire	Ponteilla Nyls	350	Canterrane	BA
Canet Saint-Nazaire	Oms Village	350	Canterrane	BA
Canet Saint-Nazaire	Llauro	300	Ruisseau de Mona	BA
Canet Saint-Nazaire	Torderes	250	Ruisseau de Mona	DD + F
Canet Saint-Nazaire	Llauro Camping	250	Ruisseau de Mona	BA
Canet Saint-Nazaire	Calmeilles	150	Canterrane	BA
Or	La Grande Motte	110 000	Canal du Rhône à Sète	D + BA
Or	Mauguio (Carnon - Perols)	34 000	Etang du Maire	BA
Or	Lunel	33 000	Dardaillon Ouest	BA
Or	Saint Aunes	23 000	Salaison	BA
Or	Mauguio-Bourg	10 800	Etang de l'Or	BA + Lag
Or	Castries	7 000	Cadoule	BA
Or	Marsillargues	6 600	Capouillère	BA
Or	Vendargues	6 000	Ruisseau de la Balaurie	BA
Or	Baillargues	6 000	Merdanson	BA
Or	Lunel Viel	3 000	Dardaillon Ouest	BA
Or	Saint Just et St Nazaire De Pezan	3 000	Dardaillon	BA
Or	Mudaison	3 000	Bérange	BA
Or	Lansargues	2 850	Viredonne	BA
Or	Saint Bres	2 200	Ruisseau de la Roque-Basse	Lag
Or	Sussargues	2 000	Valantibus	LB + Lag
Or	Valergues	2 000	Berbian	LB + Lag
Or	Saint Genies Des Mourgues	2 000	Viredonne	BA
Or	Saint Christol	1 530	Ruisseau de la Rivière	BA
Or	Saint Drezerly	1 500	Bérange	BA
Or	Candillargues	1 200	Bérange	BA + Lag
Or	Restinclières	850	Ruisseau de la Chaussée	BA
Or	Verargues	650	Ruisseau du Champs Mau	Lag
Or	Saint Vincent De Barbeyrargues	400	Rivière de Cassagnoles	Lag

BA : Boues activées ; PC : Physico-chimique ; Lag : Lagunage ; LB : Lits Bactériens ; D : Digestion ; DD : Digestion – Décantation ; F : Filtration ; BF : Bio-filtration.

**Annexe II : Inventaire des stations d'épuration suivies dans le cadre du défi  
« lagunes » (suite)**

Bassin versant	Stations	Capacité nominale	Milieu récepteur	Type de traitement
Palavasien	Céreiède	260 000	Lez	BA
Palavasien	Palavas Les Flots	50 000	Etang du Grec	BA + PC
Palavasien	Saint Gely Du Fesc	14 800	Rivière de Pézouillet	BA
Palavasien	Villeneuve Les Maguelonne	12 000	Moson	BA
Palavasien	Frontignan Plage	10 000	Etang d'Ingril	Lag
Palavasien	Lattes Centre	8 000	Roubine	Lag
Palavasien	Saint Georges D'Orques	5 500	Rivière du Lassédéron	Ba + Lag
Palavasien	Pignan	5 250	Brue	BA
Palavasien	Fabregues	5 000	Rivière du Coulazou	BA + Lag
Palavasien	Laverune	5 000	Lassédéron	BA
Palavasien	Saint Clement Rouargue	5 000	Lez	BA
Palavasien	Mireval	4 000	Etang de Vic	BA + Lag
Palavasien	Lattes Maurin	3 500	Rieu Coulon	BA
Palavasien	Montarnaud	3 000	Ruisseau les Mages	BA
Palavasien	Cournonterral	3 000	Rivière du Coulazou	BA
Palavasien	Saint Clement (SCI Trifontaine)	2 000	Lironde	BA
Palavasien	Vic La Gardiole	1 500	La Robine	Lag
Palavasien	Murviel Les Montpellier	1 500	Ruisseau sec	Lag
Palavasien	Saussan	1 500	Brue	BA
Palavasien	Saint Clement (Patus des Granges)	1 350	Lez	LB + Lag
Palavasien	Vailhauques	1 000	Mosson	BA + Lag
Palavasien	Les Matelles	600	Karst	BA
Palavasien	Lattes - Puech Radier	210	Ruisseau de Grameret	BA
Palavasien	Saint Jean De Cuculles	150	Ruisseau de Yorgues	Lag
Thau	Meze	20 000	Etang de Thau	Lag
Thau	Marseillan Les Pradels	10 000	Canal de circonvallation	Lag
Thau	Poussan	8 700	Etang de Thau	Lag
Thau	Gigean	6 000	Vène	Lag
Thau	Pinet - Pomerols	3 000	Ruisseau de Marche	D + Lag
Thau	Villeveyrac	2 500	Ruisseau des près Bas	D + Lag
Thau	Montbazin	2 240	Vène	Lag
Thau	Cournonsec	1 500	Ruisseau sec	BA

BA : Boues activées ; PC : Physico-chimique ; Lag : Lagunage ; LB : Lits Bactériens ; D : Digestion ; DD : Digestion – Décantation ; F : Filtration ; BF : Bio-filtration.