

**Direction océanographie et dynamique des écosystèmes  
Laboratoire Environnement Littoral et Ressources Aquacoles Languedoc-Roussillon  
MARZIN Anahita, PIQUET Jean-Côme, ABADIE Eric, CROTTIER Anaïs, ROQUE d'ORBCASTEL  
Emmanuelle, FIANDRINO Annie**

**Date : 03/08/2018**

# ETUDE SANITAIRE DE LA ZONE N°34.39 « LOTISSEMENTS CONCHYLICOLES DE LA LAGUNE DE THAU » GROUPE III

**Département de l'Hérault**



Lagune de Thau (A. Marzin©Ifremer)

## Fiche documentaire

<b>Titre du rapport :</b> Etude sanitaire des lotissements conchylicoles de la lagune de Thau (34.39)	
<b>Référence interne :</b> ODE/UL/LER/LR/18.14  <b>Diffusion :</b> <input checked="" type="checkbox"/> libre (internet)  <input type="checkbox"/> restreinte (intranet) – date de levée d’embargo : AAA/MM/JJ  <input type="checkbox"/> interdite (confidentielle) – date de levée de confidentialité : AAA/MM/JJ	<b>Date de publication :</b> 2018-08-03  <b>Version :</b> 1.0.0  <b>Référence de l’illustration de couverture</b> A. Marzin  <b>Langue(s) :</b> Français
<b>Résumé/ Abstract :</b> <p>L’étude de zone des lotissements conchylicoles de la lagune de Thau (34.39) a été menée, à la demande du Comité Régional de la Conchyliculture en Méditerranée et du préfet de l’Hérault, pour étudier la possibilité de sectoriser la zone de production en sous-zones, au regard du risque microbiologiques (REMI). Une étude de dossier a été réalisée afin de recenser les principales sources de contamination. Celles-ci sont essentiellement d’origine anthropique et impactent différemment les secteurs envisagés. Des prélèvements de coquillages du groupe 3 ont été réalisés de mai 2017 à mai 2018 avec une fréquence bimensuelle. Au regard des critères du règlement (CE) n° 854/2004, les résultats des analyses microbiologiques (indicateur <i>Escherichia coli</i>) ont permis d’estimer la qualité microbiologique à B pour la zone de production 34.39 et à B pour les trois zones considérées séparément. Les points proposés pour le suivi ultérieur des zones sont les points les plus sensibles aux contaminations. Ils sont au nombre de trois dans la zone de Bouzigues, deux dans la zone de Mèze, trois dans la zone de Marseillan. En complément de cette nouvelle stratégie d’échantillonnage, trois scénarios de découpage en sous-zones ont été analysés. Une analyse de la variabilité spatio-temporelle des blooms de phytoplanctons toxiques a également été réalisée à la demande du Préfet de l’Hérault. A l’issue de cette analyse, des propositions en lien avec l’évaluation du risque lié aux phycotoxines sont présentées.</p>	
<b>Mots-clés/ Key words :</b> REMI, <i>E. coli</i> , contamination bactériologique des coquillages, ROCCH, contaminants chimiques, milieu marin, étude de zone, lagune de Thau, département de l’Hérault.	
<b>Comment citer ce document :</b> Anahita MARZIN, Jean-Côme Piquet, Eric Abadie, Anaïs Crottier, Emmanuelle Roque d’Orbcastel, Annie Fiandrino. Etude sanitaire de la zone n°34.39 « lotissements conchylicoles de la lagune de Thau »- Groupe III ODE/UL/LER/LR/18.11	
<b>Disponibilité des données de la recherche :</b>	
<b>DOI :</b>	

<b>Commanditaire du rapport :</b> Convention Etude DGAL-Ifremer 2016-2017
<b>Nom / référence du contrat :</b> <input type="checkbox"/> Rapport intermédiaire <input checked="" type="checkbox"/> Rapport définitif

<b>Projets dans lesquels ce rapport s'inscrit</b> (programme européen, campagne, etc.) :	
Surveillance Microbiologique : REMI (P305-0021)	
<b>Auteur(s) / adresse mail</b>	<b>Affiliation / Direction / Service, laboratoire</b>
CROTTIER Anaïs / anais.crottier@ifremer.fr	PDG-ODE-LITTORAL-LERLR
PIQUET Jean-Côme / jean.come.piquet@ifremer.fr	PDG-RBE-SGMM-LSEM
ABADIE Eric / eric.abadie@ifremer.fr	PDG-ODE-LITTORAL-LERLR
ROQUE d'ORBCASTEL Emmanuelle	PDG-ODE-LITTORAL-LERLR
FIANDRINO Annie / annie.fiandrino@ifremer.fr	PDG-ODE-LITTORAL-LERLR
Encadrement(s) :	
Destinataire :	
<b>Validé par :</b>	

## Table des matières

1. Introduction .....	7
2. Description générale de la zone de production .....	8
2.1 Situation géographique.....	8
2.2 Productions conchylicoles de la zone n°34.39 .....	9
2.3 Cours d'eau du bassin versant de la lagune de Thau .....	10
2.4 Occupation du sol .....	10
2.5 Caractéristiques climatiques.....	11
2.6 Circulation des masses d'eau et des contaminants.....	13
3. Contaminations microbiologiques et chimiques .....	15
3.1 Etude de dossier : identification des sources de contamination .....	15
3.2 Données de surveillances disponibles .....	25
3.3 Simulation des contaminations microbiologiques liées aux évènements pluvieux survenus entre 2008 et 2015 .....	35
3.4 Choix des points de prélèvement de l'étude de zone.....	41
3.5 Etude de zone (24 prélèvements sur 1 an) .....	41
3.6 Bilan et recommandations sur la stratégie de surveillance de la qualité microbiologique des lotissements conchylicoles de Thau .....	45
4. Conclusion générale de l'étude de zone .....	47
5. Analyse de la variabilité spatio-temporelle des blooms de phytoplanctons toxiques .....	48
5.1 Synthèse des résultats de l'étude de 2004 : Etude de la circulation d' <i>Alexandrium</i> dans la lagune de Thau .....	48
5.2 Suivis REPHY et REPHYTOX de la zone n°34.39 .....	49
5.3 Analyse des données historiques du REPHY .....	51
5.4 Conclusions et propositions pour la stratégie de surveillance du risque phycotoxinique.....	54
6. Bibliographie – Documents de référence.....	56
7. Annexes .....	58
Annexe 1 : Liste des oiseaux d'intérêt communautaire présents dans la zone Natura 2000 «Thau» .....	58
Annexe 2 : Résultats du suivi mensuel des contaminations fécales de l'eau de la lagune de Thau de 2002 à 2017 (DREAL-LR). Concentration en <i>E.coli</i> /100ml d'eau moyenne annuelle (minimum-maximum) .....	59
Annexe 3 : Estimations des apports en <i>E.coli</i> par exutoire par type de pluie (d'après SMBT, 2016) .....	60
Annexe 4 : Contaminants chimiques mesurés .....	61
Annexe 5 : Historique de la stratégie d'échantillonnage du suivi REMI de la zone n°34.39.....	64
Annexe 6 : Historique des épisodes d'efflorescences à <i>Alexandrium</i> et à PSP dans la zone n°34.39. ....	67

## Remerciements et contributions

Cette étude a été réalisée par le Laboratoire Environnement Ressources en Occitanie de l’Ifremer, en collaboration avec le Syndicat Mixte du Bassin de Thau (SMBT) qui a développé le modèle « bassin versant », a mis à disposition les résultats de simulation et a apporté son expertise sur les données produites sur le bassin versant de la lagune de Thau.

L’étude sanitaire a été réalisée à l’aide des informations et des données fournies par la DDTM DML34, la CCNBT, la DREAL, l’ARS,

L’étude de zone (phase de terrain) a bénéficié du soutien du Comité Régional de la Conchyliculture en Méditerranée. Cette étude a bénéficié d’un financement DGAL.



# 1. Introduction

A la demande du Comité Régional de la Conchyliculture en Méditerranée, le Préfet de l'Hérault a requis la réalisation d'une étude sanitaire en vue du découpage de la zone de production n°34.39 « Lotissements conchylicoles de la lagune de Thau » pour le groupe 3 (bivalves filtreurs non-fouisseurs) et du classement des zones résultantes.

La zone de production n°34.39 voit la qualité de son milieu se dégrader temporairement sous l'effet de deux sources principales de contamination :

- les apports en contaminants bactériens ou viraux lors de périodes de fortes pluies (à l'origine des crues sur le bassin versant). En dehors de ces périodes, des dysfonctionnements sur les ouvrages et réseaux d'assainissement peuvent également être à l'origine de contamination bactérienne.
- les blooms récurrents de l'espèce de phytoplancton toxique (*Alexandrium catenella*) en période automnale et printanière.

Des épisodes de dégradation sanitaire limités à certains secteurs de la zone de production ont conduit les professionnels à demander le découpage de la zone, dès 2004, afin de limiter les mesures de gestion. Cette question a fait l'objet d'un avis Ifremer rendu en décembre 2004 (Fiandrino and Jouan, 2004). Depuis, des travaux d'amélioration des ouvrages et des réseaux d'assainissement du bassin versant de la lagune de Thau ont été effectués et d'autres sont en cours. Le contexte sanitaire de la zone de production a donc évolué et justifie cette étude sanitaire dont l'objet est d'étudier à nouveau le caractère homogène ou hétérogène des masses d'eaux de la lagune vis-à-vis de la contamination induite par des bactéries témoin de contamination fécale ou par du phytoplancton toxique.

Basée sur les paramètres microbiologiques (*Escherichia coli*) et chimiques (Pb, Hg, Cd), l'étude de zone a pour objectifs :

- d'estimer la qualité microbiologique et chimique de la zone en vue de son découpage et des modifications du classement sanitaire associées par l'Administration conformément aux exigences du Règlement CE n° 854/2004<sup>1</sup> ;
- de déterminer la stratégie d'échantillonnage à adapter dans le cadre de la surveillance sanitaire régulière de cette zone.

L'étude sanitaire réalisée comprend :

- une étude de dossier dont l'objet est d'identifier les principales sources de contamination de la zone de production sur la base d'un recueil et de l'analyse des données disponibles.
- une analyse des données historiques du réseau de surveillance REMI (2006 à 2016) afin d'étudier les variabilités spatiales et temporelles des contaminations microbiologiques des coquillages de la zone.
- une étude hydrodynamique dont l'objet est d'évaluer la dispersion des *E. coli* au travers de la modélisation des sources d'apports sur le bassin versant et de leur devenir des contaminants dans les eaux de la lagune de Thau.
- une étude de zone, correspondant à un programme d'échantillonnage de 12 mois, qui a pour objet d'estimer la qualité initiale des sous-zones. La définition des points suivis au cours de l'étude de zone est déterminée sur la base des résultats de l'étude de dossier, de l'analyse des données historiques et de l'étude hydrodynamique.

En outre, à la demande du préfet de l'Hérault, une analyse des données historiques du réseau de surveillance REPHY (1998 à 2017) a été réalisée afin d'étudier les variabilités spatiales et temporelles des blooms de phytoplanctons toxiques. Les résultats de cette analyse et des propositions en lien avec l'évaluation du risque sanitaire lié aux phycotoxines sont présentés dans la dernière partie du présent rapport.

La DDTM est le maître d'ouvrage de l'étude de zone et l'Ifremer en est le maître d'œuvre, également chargé d'émettre un avis sur la qualité microbiologique et chimique de la zone de production. Cette étude et l'avis produit doivent permettre au Préfet de l'Hérault de statuer sur un éventuel découpage et un classement de zone des lotissements conchylicoles de la lagune de Thau.

<sup>1</sup> Règlement (CE) 854/2004 du Parlement Européen et du Conseil du 29 avril 2004 fixe les règles d'organisation des contrôles des produits d'origine animale destinés à la consommation humaine (J.O.C.E., L 139 du 30/04/2004).

## 2. Description générale de la zone de production

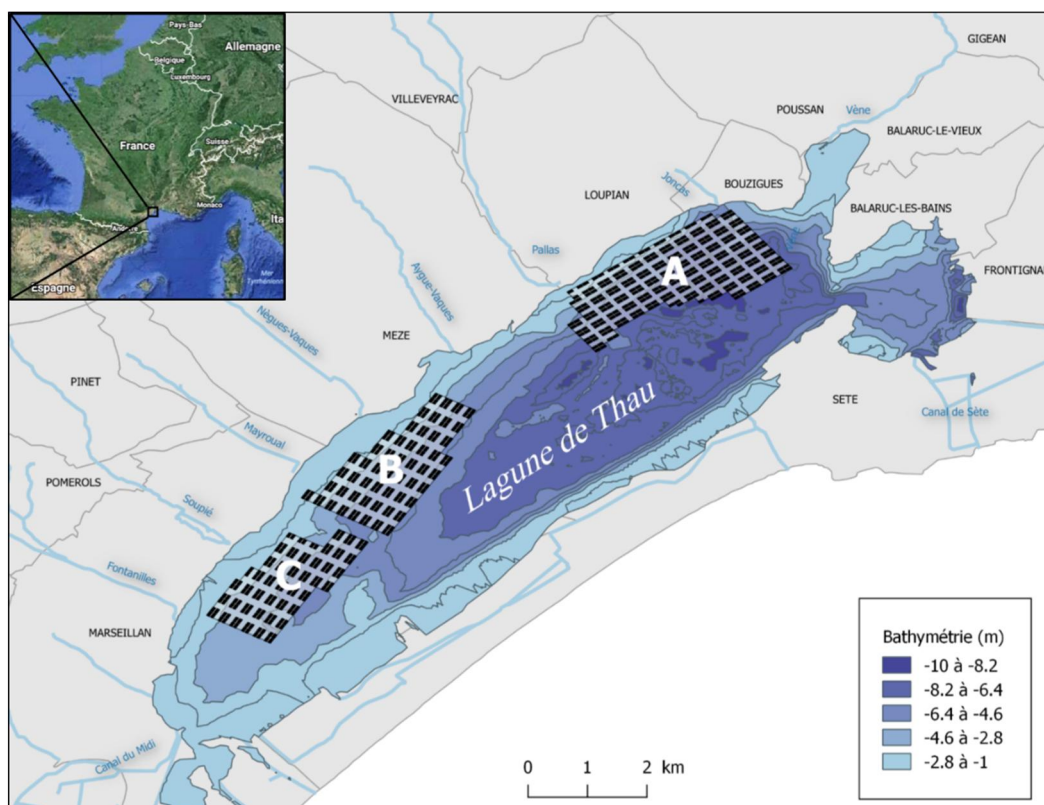
### 2.1 Situation géographique

La zone de production n°34.39 « lotissements conchylicoles de la lagune de Thau » est située sur la côte languedocienne à l'ouest de la ville de Sète (Carte 1). L'étang de Thau est une lagune d'environ 7 500 hectares dont la profondeur moyenne est de 4.5 mètres mais peut atteindre 10 mètres dans certains secteurs.

Les principaux apports d'eau douce sont assurés par les cours d'eau de son bassin versant estimé à 28 000 hectares. Ils sont soumis à un régime de pluies torrentielles en automne et au printemps, caractéristique du climat méditerranéen. De l'eau douce est également apportée par le canal du Midi qui débouche à l'extrémité ouest de la lagune.

Les échanges avec la mer se font principalement par les canaux de la ville de Sète à l'est, les échanges par le grau de Pisse-Saumes à l'ouest représentant moins de 10% des échanges totaux. Ces échanges d'eau entre la lagune et la mer sont la conséquence des différences de niveaux d'eau qui existent de part et d'autre des graus. Les variations de niveau côté mer sont principalement dues aux effets conjugués de la marée, de la pression atmosphérique et du vent (Burtchaell, 2000). Le vent, les apports d'eau douce et l'évaporation font varier les niveaux d'eau dans la lagune.

La circulation des masses d'eau dans la lagune est principalement gouvernée par le vent. Il agit à la surface du plan d'eau en poussant l'eau superficielle dans la direction du vent : il s'ensuit alors un basculement du plan d'eau autour de son niveau moyen et la mise en place, dans les secteurs les plus profonds, d'un courant de retour sur le fond opposé au courant de surface pour compenser le déficit en eau au niveau des côtes sous le vent. Le courant intégré sur la verticale est orienté dans le sens du vent dans les secteurs les moins profonds de la lagune et dans le sens opposé au vent dans les secteurs les plus profonds. La circulation des masses d'eau se fait alors en suivant des cellules de recirculation contraintes par la bathymétrie et la sinuosité du trait de côte. C'est en suivant cette circulation moyenne sur la verticale que les substances dissoutes apportées par les cours d'eau ou la mer se mélangent avec les eaux lagunaires.



Carte 1 : Situation géographique de la zone n°34.39. Les concessions conchylicoles sont réparties dans trois secteurs : A, le secteur de Bouzigues ; B, le secteur de Mèze ; C, le secteur de Marseillan.



La zone de production est incluse dans plusieurs périmètres de sites NATURA 2000 au titre de la directive oiseaux (ZPS), ainsi qu'au titre de la directive habitats (SIC) :

- FR9101411 : « Herbiers de l'Etang de Thau » (SIC) s'étend sur une superficie de 8320 ha et comprend la totalité de l'étang de Thau, les zones humides à proximité, ainsi qu'une partie du cordon dunaire qui le sépare de la Mer Méditerranée.
- FR9112018 : « Etang de Thau et lido de Sète à Agde » s'étend sur une superficie de 8320 ha, commune avec le SIC. Ce site accueille quinze espèces d'oiseaux migrateurs et nicheurs d'intérêt communautaire.

## 2.2 Productions conchylicoles de la zone n°34.39

Dès la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, les gisements d'huîtres de la lagune de Thau étaient récoltés pour la consommation humaine. De 1971 à 1998, la répartition des coquillages sur les tables est marquée par une réduction progressive de la culture des moules au profit de celle de l'huître creuse *Crassostrea gigas* importée du Japon au début des années 70 (Figure 1). Cette tendance est concomitante au démarrage de l'élevage de moules en mer dès la fin des années 80 (Vidal-Giraud, 1986). Depuis 2008, touchée par des mortalités importantes de juvéniles et d'adultes, la production d'huîtres a fortement chuté. En 2010, ces pertes de production pouvaient représenter jusqu'à 90% du cheptel et ont pu être reliées aux espèces de bactérie *Vibrio splendidus* et *Vibrio aesterianus* ainsi qu'à l'herpès virus OsHV-1 (Petton *et al.*, 2015). En outre, la prédation des coquillages d'élevage par les daurades lors de leur retour à la côte et dans la lagune d'avril à octobre représente chaque année environ 10% de perte pour les huîtres et 25% pour les moules (Gervasoni and Giffon, 2016).

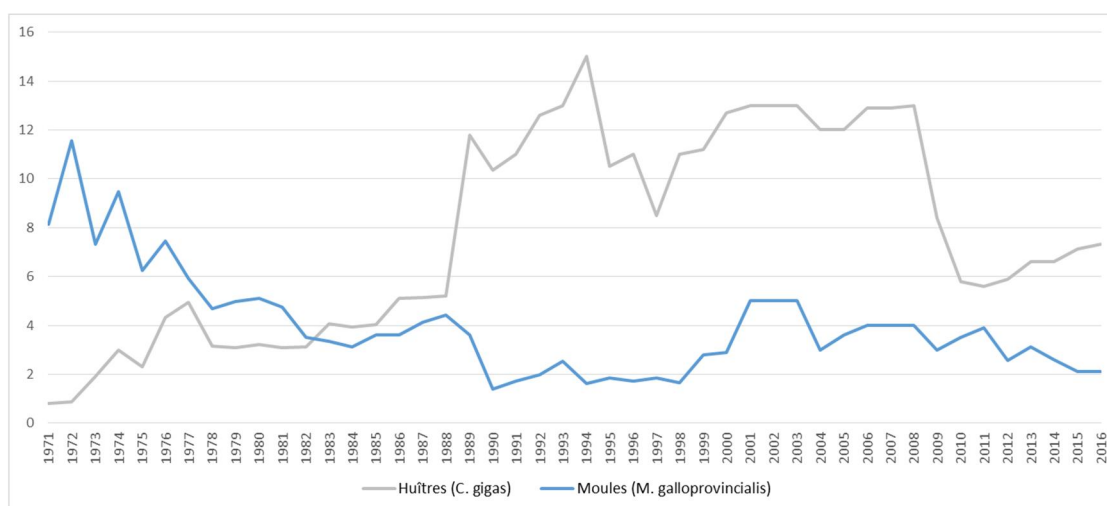


Figure 1 : Production conchylicole de la zone n°34.39 en millier de tonnes (DDTM34)

En 2016, la production d'huîtres et de moules dans la lagune s'élève respectivement à 7 327 et 2 117 tonnes. L'état a concédé 2 629 tables dont 370 ne sont pas exploitées<sup>2</sup>. La zone de production est constituée de trois secteurs (Carte 1) : le secteur de Bouzigues (secteur A), le secteur de Mèze (secteur B), le secteur de Marseillan (secteur C). Le nombre de tables exploitées par secteur est réparti comme suit : 1 272 tables à Bouzigues, 768 tables à Mèze et 589 tables à Marseillan. La répartition des deux espèces cultivées n'est pas uniforme pour les trois secteurs d'élevage.

La zone de production était de classe sanitaire A de 1996 à 2004<sup>3</sup> puis de classe sanitaire B depuis 2004<sup>4</sup> pour les coquillages bivalves filtreurs fouisseurs (groupe 2) et non fouisseurs (groupe 3).

<sup>2</sup> DDTM, DML34, communication personnelle.

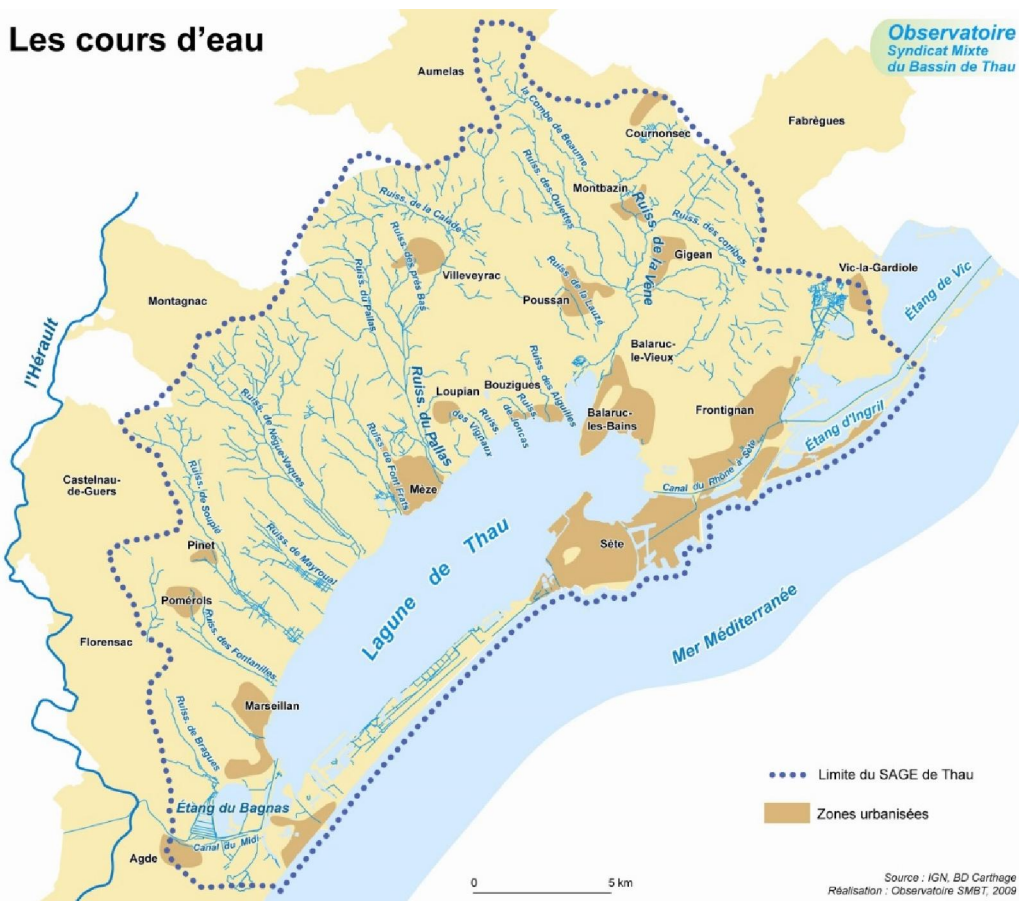
<sup>3</sup> Arrêté préfectoral n°96-1-027 bis du 5 janvier 1996

<sup>4</sup> Arrêté n°2004-01-1496 du 22 juin 2004 puis n°DDTM34-2015-05-04882 du 11 mai 2015

## 2.3 Cours d'eau du bassin versant de la lagune de Thau

La partie nord du bassin versant est drainée par une dizaine de cours d'eau (Carte 2) dont le régime est intermittent (à sec en été). Deux cours d'eau, la Vène et le Pallas, drainent près de la moitié de la superficie du bassin versant (La Jeunesse, 2001) et représentent 75% des apports en douce à la lagune.

Selon les critères de la Directive Cadre sur l'Eau, les cours d'eau qui présentent les qualités écologiques les plus dégradées sont le Soupié, le Pallas et la Vène (qualité moyenne à mauvaise, SAGE, 2015). Ces trois cours d'eau ont fait l'objet d'analyses de pesticides. La présence de 32 molécules a été observée dont les plus fréquentes à des concentrations élevées : l'AMPA, le Diuron et le Glyphosate.



Carte 2 : Cours d'eau du bassin versant de la lagune de Thau (source : SIBT)

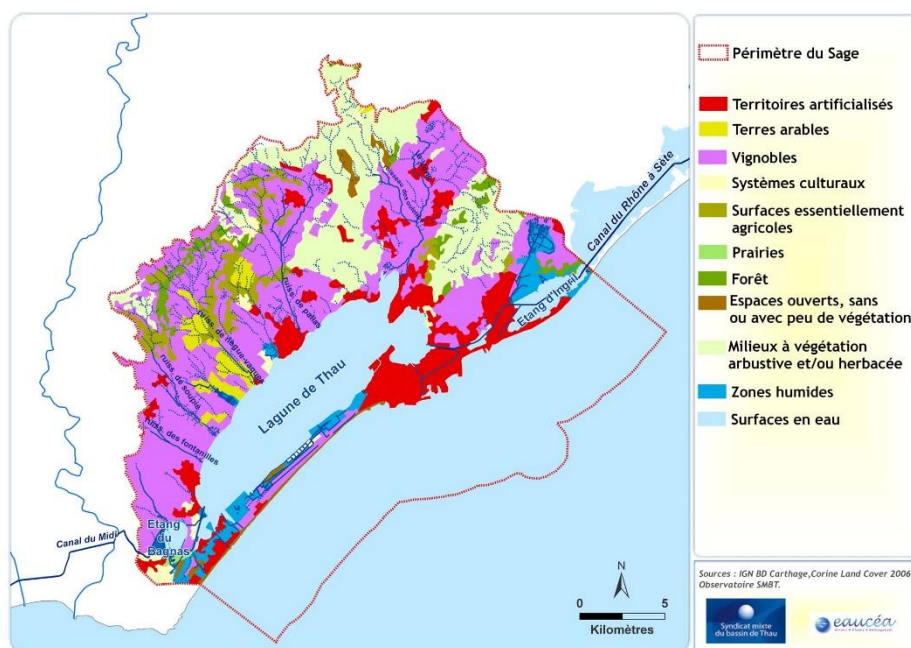
## 2.4 Occupation du sol

Les paysages du bassin versant de la lagune de Thau (280 km<sup>2</sup>) sont dominés par des plaines viticoles, des garrigues et des forêts (Carte 3).

Les espaces naturels, localisés essentiellement au nord-est, représentent 35% de la surface du bassin versant de la lagune de Thau (103 km<sup>2</sup>). Ils sont constitués majoritairement de garrigues qui couvrent les terrains calcaires karstiques (93 km<sup>2</sup>) et mélangées en certains endroits à la forêt de pins (Plus, 2001). Le Lido est recouvert par la végétation des marais salants et des sansouires (10 km<sup>2</sup>).

Malgré une forte décroissance de l'activité viticole depuis 1971, les vignes constituent les cultures principales du bassin versant qu'elles couvrent à près de 40% (109 km<sup>2</sup>). Les autres surfaces agricoles correspondent à des cultures de blé dur (7%), des vergers et des sols en jachère (10%) répartis en petites parcelles sur l'ensemble du bassin versant.

Enfin, les zones urbanisées sont concentrées principalement sur le pourtour nord-est de la lagune de Thau.



Carte 3 : Occupation des sols des bassins versants en 2006 (source SMTB)

## 2.5 Caractéristiques climatiques

La zone est affectée par un climat de type méditerranéen caractérisé par des hivers doux et des étés chauds, un ensoleillement important, des vents violents fréquents et de fortes pluies sur de courtes périodes.

### 2.5.1. Températures et précipitations

La pluviométrie moyenne annuelle au cours de la période 1971-2010 est de 561 mm. A des hivers et étés secs succèdent des printemps et automnes très arrosés (Figure 2), souvent sous forme d'orages (40 % du total annuel en 3 mois). Ces précipitations peuvent apporter en quelques heures 4 fois plus d'eau que la moyenne mensuelle en un lieu donné (épisode cévenol).

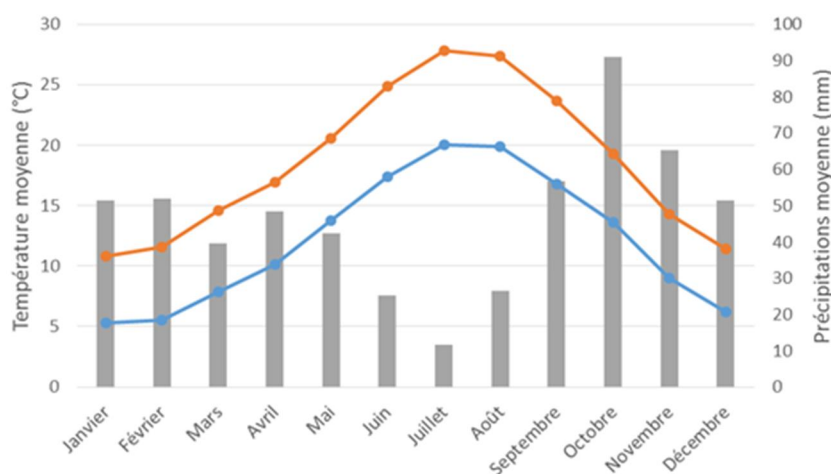


Figure 2 : Normales des précipitations et minimales et maximales des températures enregistrées de 1971-2010 à la station météorologique de Sète (Météo France).

Du fait de la faible profondeur de la lagune de Thau, ce climat se traduit par de fortes et rapides variations de température et de salinité de l'eau de la lagune. L'été, la température de l'eau atteint son maximum en août (28°C) pour une salinité proche de 40‰ (Figure 3). L'hiver, la température de l'eau peut descendre jusqu'à 4°C et la salinité jusqu'à 28‰ en certains points de l'étang.

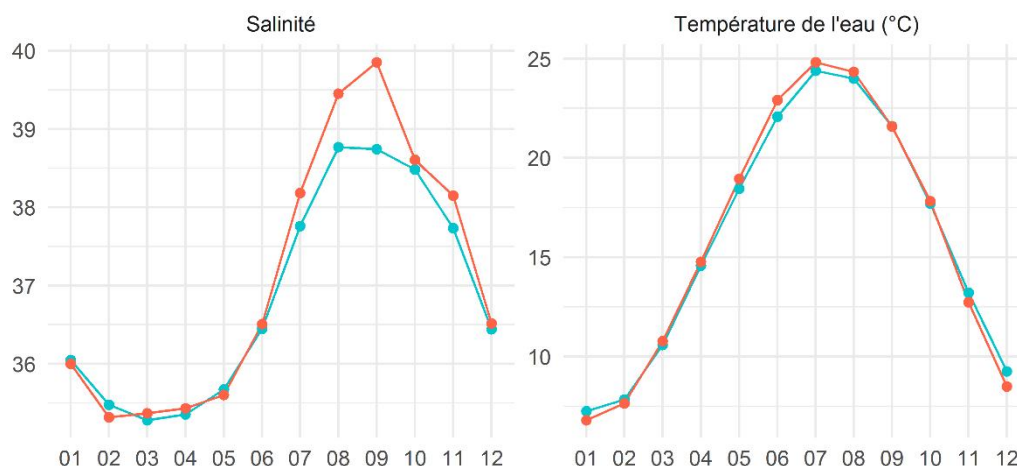


Figure 3 : Moyennes mensuelles de salinité et température de l'eau (2000-2016) aux points de suivi REPHY « Marseillan (a) » (en rouge) et « Bouzigues (a) » (en bleu)

### 2.5.2. Régimes de vents

L'analyse des vents enregistrés dans la lagune sur le secteur de Marseillan de 2008 à 2014 montre des périodes de vents établis plus fréquentes en hiver et en automne qu'en été et au printemps (Figure 4). Les événements de vents établis sont majoritairement courts et de faible intensité mais quelques événements longs et violents peuvent avoir lieu chaque année (Lagarde *et al.*, 2015).

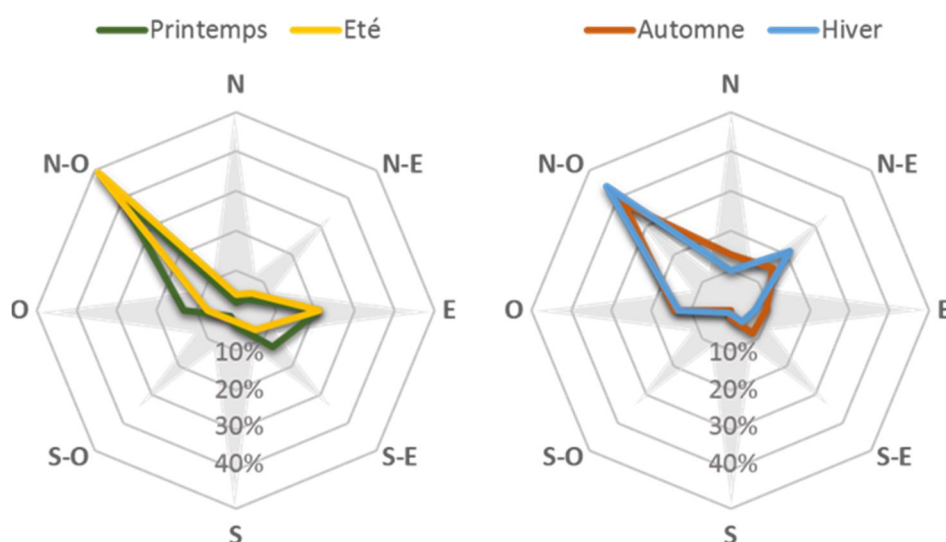


Figure 4 : Occurrence des vents par saison de 2008 à 2014 (figure adaptée d'après Lagarde *et al.*, 2015)

En moyenne, au cours de l'année :

- les vents de nord-ouest (tramontane) sont les plus fréquents (45% du temps)
- les vents de nord et nord-est (mistral) sont plus fréquents en automne et en hiver (30% du temps) qu'au printemps et en été (<10% du temps)
- les vents d'est (grec) sont plus fréquents au printemps et en été (20% du temps) qu'en automne et en hiver (10% du temps).
- les vents d'ouest (argade) sont plus rares en été (7%) que le reste de l'année (13%)
- les vents de sud-est sont souvent associés à des événements pluvieux (8%)
- les vents de sud (levant) et sud-ouest (labech) sont les moins fréquents (<5% du temps)

La lagune subit également des périodes de vents tournants. Celles-ci ont lieu entre deux périodes de vents différents ou au cours d'épisodes de « brise thermique ». Les événements de brise thermique durent généralement 2 jours avec une succession de vent de terre la nuit (nord) et de vent de mer le jour (sud).

## 2.6 Circulation des masses d'eau et des contaminants

Un modèle de simulation de la dynamique des masses d'eau en milieu lagunaire a été appliqué sur la lagune de Thau pour reproduire la circulation des masses d'eau sous l'action de différentes conditions météorologiques (MARS 3D). Initié dans le cadre du chantier « Lagunes Méditerranéennes » du Programme National d'Écologie Côtière (Lazure, 1992), il a été développé et utilisé par de nombreux projets scientifiques depuis. On appellera ce modèle dans la suite du document le modèle « lagune ».

### 2.6.1. Echanges avec la mer

Les travaux de modélisation (Fiandrino, *et al.*, 2012 ; Fiandrino *et al.*, 2017) montrent que la lagune de Thau est une lagune relativement confinée avec de faibles échanges avec la mer. Le volume de la lagune est d'environ 296 millions de m<sup>3</sup> avec un taux de renouvellement journalier est de l'ordre de 1,9 %.j<sup>-1</sup> (volume échangé chaque jour avec la mer par rapport au volume total de la masse d'eau) correspondant à un temps de renouvellement moyen de 50 jours.

Le temps de résidence des eaux dans la lagune est en moyenne de 110 jours (Figure 5, Fiandrino *et al.*, 2017). Le « Petit Etang » qui constitue une zone tampon entre le Grand étang et la mer présente les temps de résidence les plus courts. A titre de comparaison, le bassin d'Arcachon a un temps de résidence de 58 jours (Plus *et al.*, 2006) pour un volume total estimé de 384 Mm<sup>3</sup>.

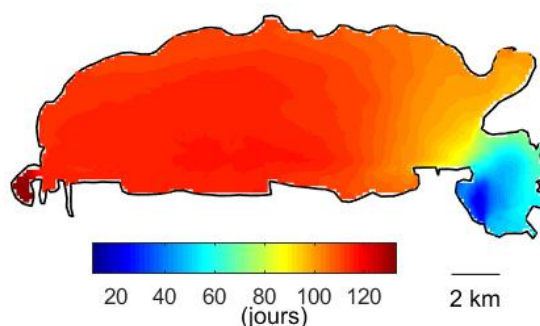


Figure 5 : Temps de résidence des eaux dans la lagune de Thau (source : Fiandrino *et al.*, 2017)

### 2.6.1. Circulation des masses d'eau dans la lagune

La circulation de l'eau dans la lagune est induite par le vent et contrainte par la bathymétrie. Si la direction du vent gouverne la structure de la circulation qui s'instaure dans la lagune, l'intensité du vent et la durée de l'événement gouvernent l'ordre de grandeur des flux d'eau.

Les vents de nord-ouest (Figure 6 - gauche), perpendiculaires à l'axe principal de la lagune, engendrent deux cellules de re-circulation : une cellule anticyclonique plaquée dans la zone la plus profonde de la lagune en sortie de la Crique de l'Angle, une cellule cyclonique qui occupe la majeure partie du grand Etang. Ces vents provoquent, en outre, une sortie d'eaux saumâtres vers la mer et une baisse du niveau d'eau dans la lagune

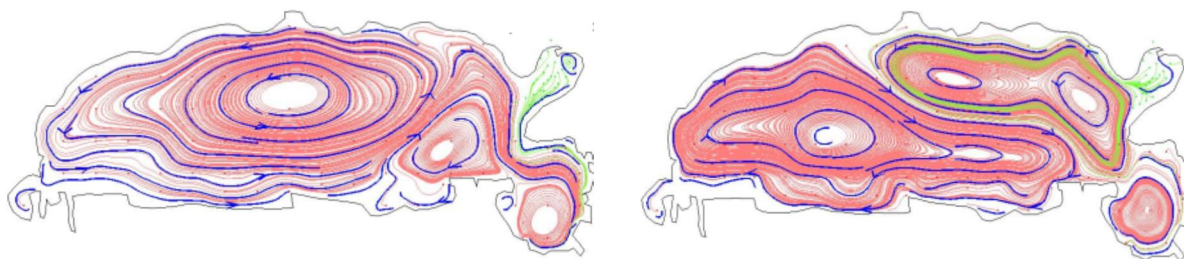


Figure 6 : Courants moyens induits par des vents de nord-ouest (à gauche) et de sud-est (à droite)

Les vents de sud-est (Figure 6 - droite), également perpendiculaires à l'axe principal de la lagune mais venant de la mer, ont tendance à « étirer » la cellule située sur la zone de Bouzigues le long de la rive nord de la lagune et à plaquer la cellule dans le grand étang vers le lido. Le sens de rotation de ces cellules est inversé par rapport à la situation précédente. Les vents forts de secteur sud entraînent des entrées d'eaux marines dans la lagune faisant augmenter son niveau.

En outre, l'inertie du système est faible et la mise en place ou la destruction de ces cellules de re-circulation est rapide : quelques heures sont suffisantes, après l'établissement du vent, pour que ces cellules s'établissent. De même, ces cellules sont détruites quelques heures après l'arrêt du vent établi qui les a engendrées.

La forte variabilité des vents se répercute directement sur l'instabilité de ces structures de circulation et limite ainsi notre capacité à anticiper le transport et la dispersion des substances dans la lagune.

### 2.6.3. Dispersion de substances dissoutes dans la lagune

Le modèle de circulation de la masse d'eau a été adapté pour étudier l'impact de différents régimes de vent sur la circulation des substances dans l'eau de la lagune (Cesmat *et al.*, 2010 ; Guillou, 2016 ; Fiandrino *et al.*, 2017 ; Lagarde *et al.*, soumis).

Ces études ont montré que :

- dans la lagune, la dilution et l'efficacité du mélange des substances dissoutes conservatives sont telles, qu'au bout d'une dizaine de jours, quelques soient les conditions de vents, les concentrations des substances, émises dans la lagune ou apportées par les exutoires, sont quasi-homogènes à l'échelle de la lagune (Guillou, 2016 ; Lagarde *et al.*, soumis),
- dans le cas d'apports par les rivières en crue lors d'évènements pluvieux, les forts débits favorisent le transport des contaminants loin des exutoires (Cesmat *et al.*, 2010 ; Guillou, 2016).

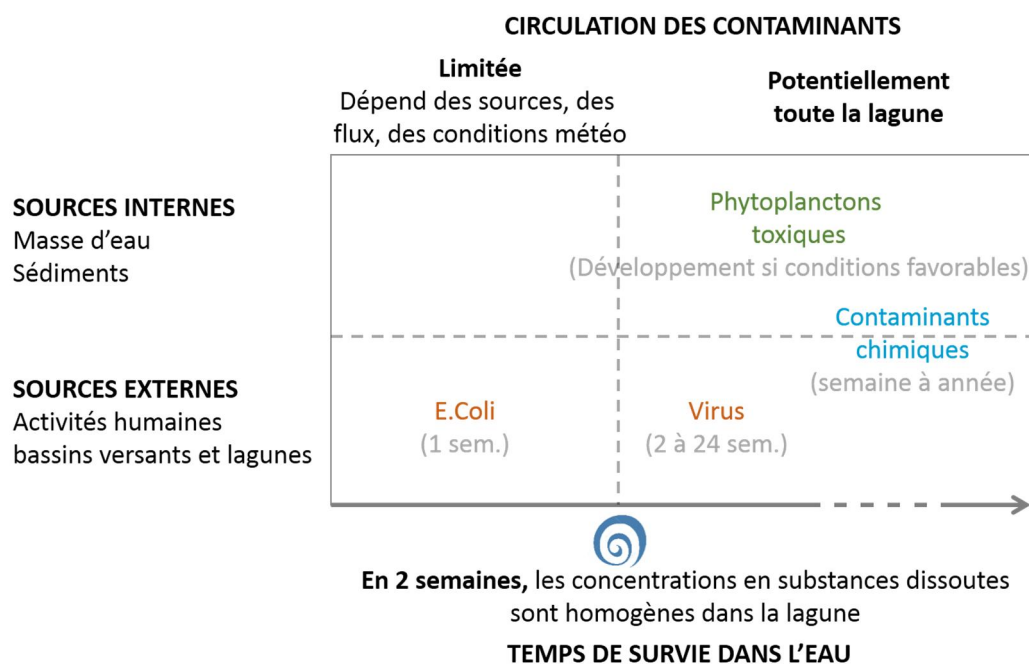


Figure 7 : Schéma synthétique de la circulation des contaminants dans la lagune de Thau

En fonction du temps de survie dans la colonne d'eau d'une substance dissoute donnée, sa probabilité d'être transportée par les courants et donc d'être dispersée dans la lagune est différente (Figure 7). Ainsi, pour les substances dissoutes avec une demi-vie dans la colonne d'eau inférieure à 15 jours, les zones où la contamination est la plus marquée sont les zones proches des sources de contamination. A l'inverse, des substances dissoutes avec une demi-vie supérieure à 2 semaines, telles que certains herbicides, peuvent être dispersées dans toute la lagune (Guillou, 2016).

### 3. Contaminations microbiologiques et chimiques

La qualité sanitaire des coquillages est directement liée à la qualité microbiologique et chimique des eaux littorales, qui elle-même résulte principalement des rejets en mer des activités humaines (domestiques, agricoles, etc.). La conchyliculture est donc fortement tributaire des activités anthropiques présentes sur le territoire.

Ce chapitre présente les sources potentielles de contaminations chimiques et microbiologiques de la lagune de Thau ainsi que les résultats des suivis existants des contaminations chimiques et microbiologiques de l'eau et des coquillages en élevage.

#### 3.1 Etude de dossier : identification des sources de contamination

Le programme d'étude « OMEGA Thau » avait pour but de comprendre les dynamiques de production, de transfert et d'accumulation des contaminations microbiologiques affectant les coquillages en élevage dans la lagune de Thau. Dans ce cadre, un inventaire précis et une hiérarchisation des sources de contamination microbiologique ont été établis (Couton *et al.*, 2007). Les principaux résultats de cette étude ont été intégrés à cette analyse et mis à jour quand des données plus récentes étaient disponibles.

##### 3.1.1. Densité de population et densité touristique

Le territoire de Thau est la deuxième zone d'attractivité du département de l'Hérault. De 1962 à 2012, la population résidente du bassin de Thau a plus que doublé passant de 58 126 habitants à 121 237 habitants. De 2007 à 2012, la population résidente des communes du bassin de Thau a augmenté de 5 à 15% et s'est stabilisée pour la commune de Frontignan. En 2012, plus de 60% de la population du bassin de Thau était concentré sur trois communes à l'Est de la lagune : Sète, Frontignan et Balaruc-les-Bains (Carte 4).

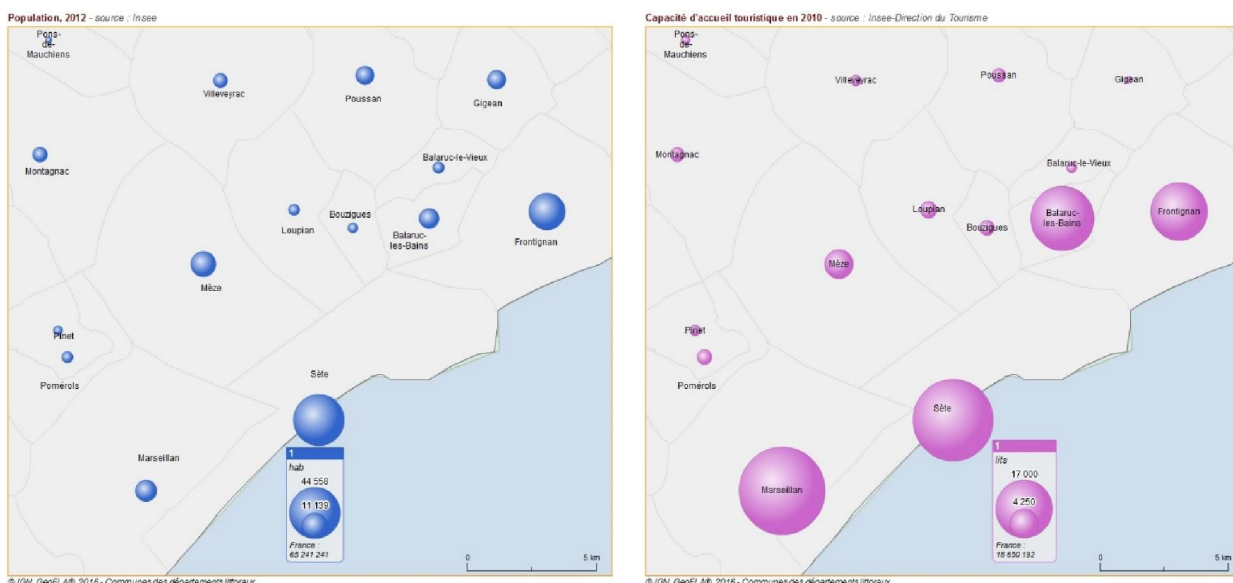


Figure 8 : Population résidente en 2012 et capacité d'hébergement en 2010 (source : Observatoire National de la Mer et du Littoral)

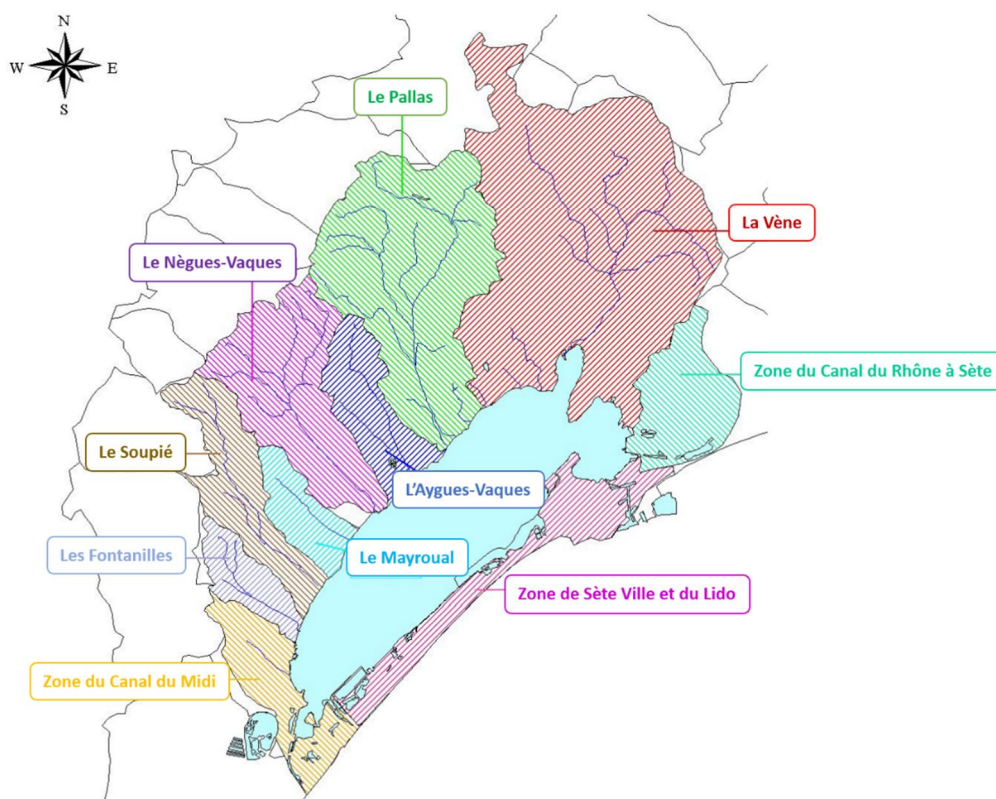
Avec près de quatre millions de visiteurs par an, l'Hérault est au quatrième rang des départements touristiques français. La population totale des communes du bassin de Thau triple en été (Tableau 1). Plus de 90% de la capacité d'accueil touristique est concentrée sur Marseillan, Sète, Balaruc-les-Bains et Frontignan (Carte 4).

Tableau 1 : Population résidente et saisonnière du bassin de Thau (source : Insee)

Commune	Population résidentielle		Densité (hab/km <sup>2</sup> )		Population saisonnière		Multiplication population (saison/hors saison)	
	2007	2012	2007	2012	2007	2012	2007	2012
Sète	40 000	44 270	167	185	60 000	58 196	2.5	2.3
Frontignan	21 181	22 942	668	723	33 181	29 535	2.6	2.3
Mèze	10 000	10 642	290	308	14 000	7 261	2.4	1.7
Marseillan	8 200	7 848	159	152	46 943	63 025	6.7	9.0
Balaruc-les-Bains	6 180	6 878	711	791	40 000	36 170	7.5	6.3
Gigean	4 756	6 118	287	369	10 856	444	3.3	1.1
Poussan	5 000	5 819	167	194	5 930	1 419	2.2	1.2
Villeveyrac	2 672	3 668	71	98	2 753	807	2.0	1.2
Montbazin	2 240	2 937	107	140	3 335	303	2.5	1.1
Balaruc-le-Vieux	1 796	2 544	300	425	5 390	886	4.0	1.3
Pomérols	1 958	2 226	178	202	2 937	2 074	2.5	1.9
Loupian	2 033	2 147	127	134	3 263	2 350	2.6	2.1
Bouzigues	1 500	1 736	500	579	2 000	1 907	2.3	2.1
Pinet	1 183	1 462	133	164	0	865	1.0	1.6
<b>Total</b>	<b>108 699</b>	<b>121 237</b>	<b>276</b>	<b>319</b>	<b>231 771</b>	<b>205 244</b>	<b>3.1</b>	<b>2.7</b>

### 3.1.2. Eaux de ruissellement des zones urbanisées

Le lessivage des eaux de pluie sur les bassins versants dont les sols sont artificialisés peut drainer des pollutions fécales jusqu'à la lagune directement ou via les cours d'eau du bassin versant. Le bassin versant de la lagune de Thau a été découpé en sous-bassins (Carte 4) afin de hiérarchiser et spatialiser les sources de contamination fécale en lien avec les caractéristiques du bassin versant (activités humaines, transports des contaminants par les cours d'eau...).



Carte 4 : Sous-bassins versants de la lagune de Thau (d'après OMEGA Thau, 2007)

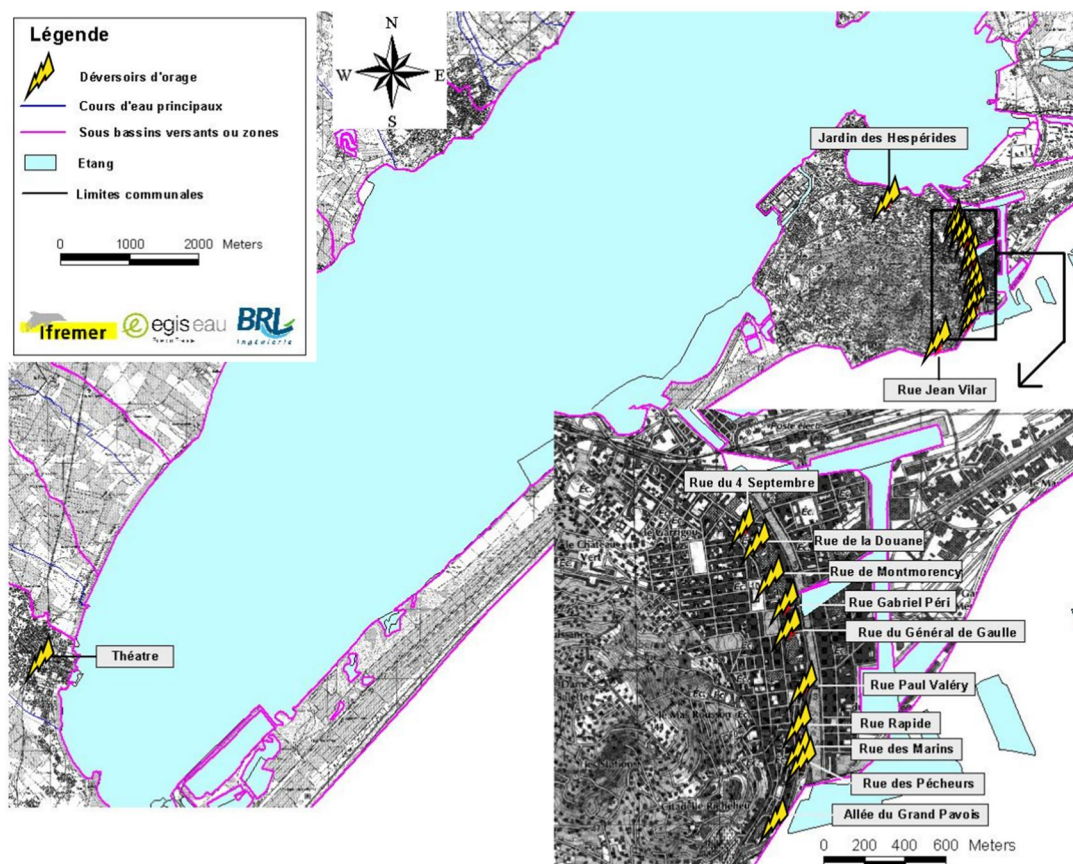


Parmi les 96 exutoires pluviaux identifiés sur le bassin versant de la lagune de Thau (Tableau 2), 13 sont des déversoirs d'orage (Carte 5), 54 rejettent directement dans la lagune et 42 dans les cours d'eau du bassin versant. Les apports en contaminants fécaux de ces exutoires ont été estimés en fonction de la surface et de la nature de la zone urbanisée (zone urbaine continue, discontinue ou zone industrielle et commerciale).

Quelle que soit la saison, les exutoires pluviaux dont les apports sont les plus importants sont ceux de Frontignan centre, des canaux de Sète, du centre-ville de Balaruc-les-Bains (les Canilles), de la zone du Pallas à Mèze, du sud-Ouest de Balaruc-les-Bains (le Pech Méja) et du port de plaisance de Marseillan (Couton *et al.*, 2007).

Tableau 2 : Caractéristiques des bassins versants de ruissellement pluvial (source : OMEGA Thau, 2007)

Nom du bassin versant	Surface totale (km <sup>2</sup> )	Surface artificialisée	Nb d'exutoires pluviaux	Nb exutoires directs lagune	Apport en E.coli estimée au cours d'une pluie de 20mm (log10 E.coli)
La Vène	107	9%	30	16	13.6
Zone Sète Ville et Lido	8	92%	25	15	13.4
Zone du canal du Rhône à Sète	18	31%	2	1	13.4
Le Pallas	56	4%	11	3	13
L'Aygues-Vaques	14	12%	6	4	12.9
Zone du canal du Midi	6	26%	12	11	13
Les Fontanilles	9	10%	2	1	12.6
Le Soupié	19	2%	4	1	12.2
Le Nègues-Vaques	32	0%	3	1	-
Le Mayroual	7	0%	1	1	-
<b>Total</b>	<b>276</b>	<b>11%</b>	<b>96</b>	<b>54</b>	



Carte 5 : Déversoirs d'orage du bassin versant de la lagune de Thau (source : OMEGA Thau, 2007)

### 3.1.3. Description des STEU et du réseau d'assainissement

Les dysfonctionnements des réseaux d'assainissement peuvent être à l'origine de déversements d'eau usée dans les cours d'eau du bassin versant. Les risques liés aux pannes de postes de relèvement ou aux ruptures de canalisation peuvent être évalués en fonction de leur position géographique (distance à l'exutoire) et de leurs caractéristiques. Sur le bassin de Thau, ce type d'apports est négligeable en période estivale sèche en raison d'un débit nul aux exutoires des cours d'eau.

#### 3.1.3.1. Stations de traitement des eaux usées

En 2016, le bassin versant de la lagune de Thau compte sept stations de traitement des eaux usées (STEU) en service (Carte 6). Elles utilisent principalement le système de lagunage. Les caractéristiques techniques des stations sont exposées dans le Tableau 3 (SMBT, 2016).



Carte 6 : Stations de traitement des eaux usées du bassin versant de la lagune de Thau

- La station d'épuration de Marseillan - Les Pradels est la plus importante. Elle collecte et traite l'ensemble des eaux usées de Marseillan ville et Marseillan plage. Les rejets transitent par un canal de contournement sur 15 km le long du lido avant d'arriver dans la lagune au niveau d'une station de pompage au Listel.
- La station de Méze traite les eaux des communes de Méze et de Loupian. Ses rejets arrivent dans la lagune au niveau de la crique de la Conque.
- Les lagunages de Pinet-Pomérols, Villeveyrac et Montbazin traitent des volumes équivalents. Le rejet du lagunage de Pinet-Pomérols s'effectue dans le ruisseau du Soupié, celui du lagunage de Villeveyrac dans le ruisseau du Pallas, et celui de Montbazin dans la Vène.
- Les stations de Bessille et de Bonnel-Plagnol sont les plus petites stations d'épuration du bassin versant. Celle de Bessille fonctionne seulement en été et ses rejets s'effectuent dans le ruisseau de Nègue-Vaques.

Tableau 3 : Caractéristiques principales des stations de traitements des eaux usées du bassin versant de la lagune de Thau (source : OMEGA Thau, 2007 ; SMBT, 2016)

Station de traitement	Maitre d'ouvrage	Cours d'eau	Distance à l'étang (km)	Capacité nominale (EH)		Débit de référence (m <sup>3</sup> /j)	Mise en service	Filière de traitement de l'eau et des boues
				2007	2016			
Marseillan-Pradels	Thau-agglo	Canal circ. lido	8.2	12 000	76 667	7 700	2008	Lagunage aéré
Mèze	CCNBT	Etang-Thau	0.36	20 900	20 000	5 100	1980	Décantation physique ; Lagunage naturel
Poussan-Bouzigues	CCNBT	Vène	0.8	8 700			Fermée 2010	
Pinet-Pomérols	SIA Pinet-Pomérols	Soupié	2.3	3 000	7 000	1 500	1976	Décantation physique; Lagunage naturel
Gigean	Thau-agglo	Vène	2.5	6 000			Fermée 2013	
Montbazin	CCNBT	Vène	7	2 240	4 500	2 210	1986	Lagunage aéré ; Lagunage de finition
Villeveyrac	CCNBT	Pallas	10	3 500	3 500	820	2005	Décantation physique ; Lagunage naturel
Bessille	Montagnac	Nègues-Vaques	10.1	415	415	62	1989	Lagunage naturel
Bonnel-Plagnol	CAM	Vène	9.66		400	240	2011	Filtres Plantés

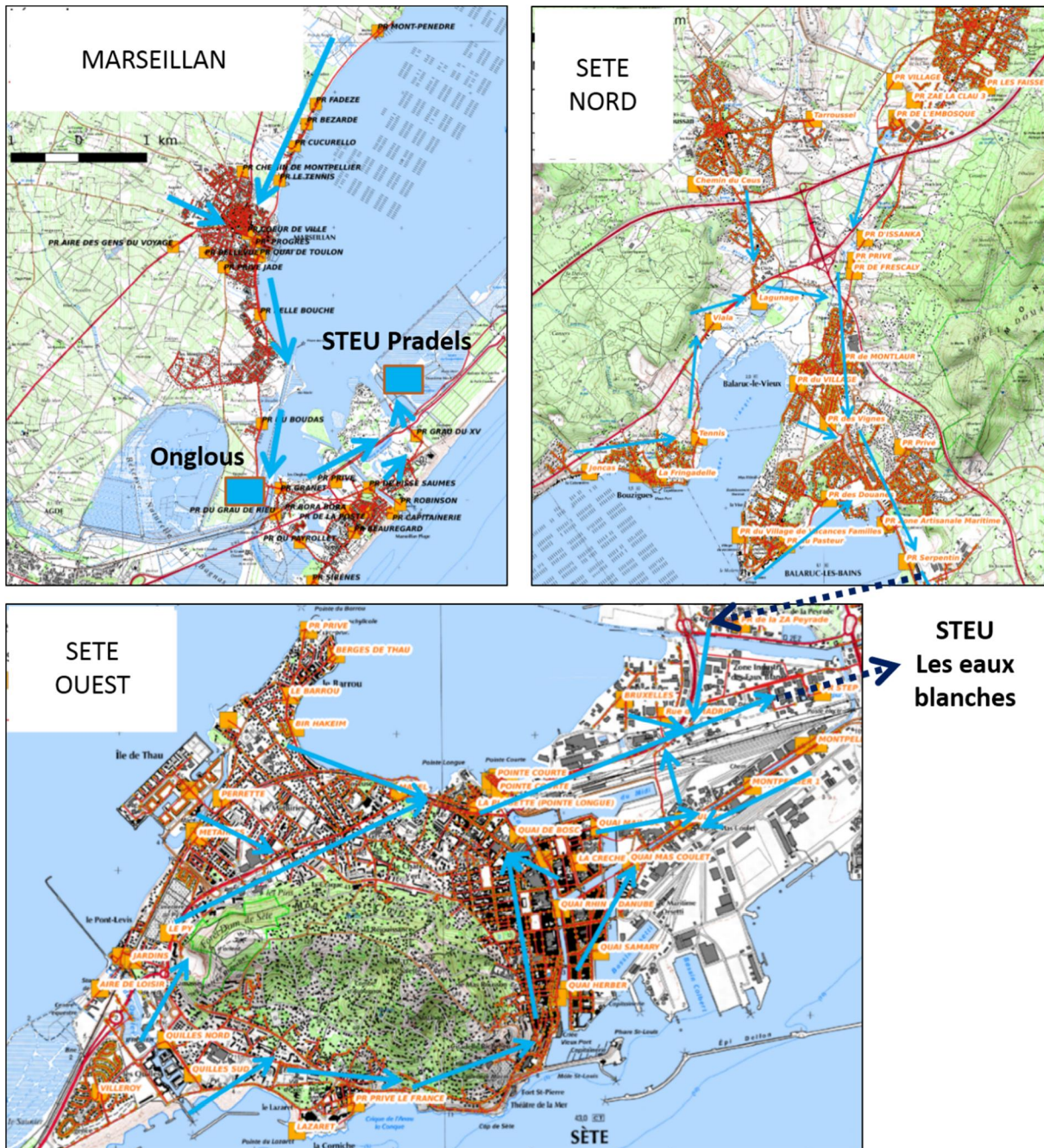
De fortes évolutions ont eu lieu sur le réseau d'assainissement depuis une dizaine d'années afin d'améliorer la qualité sanitaire de la lagune de Thau et d'adapter les installations au nombre d'habitants. Suite au raccordement du lagunage des Onglous, le lagunage de Marseillan - les Pradels est passé d'une capacité de 12 000 EH à 76 000 EH. D'importantes modifications des filières et des rendements de traitement des eaux ont été apportées à la station de Mèze. La station d'épuration de Gigean qui rejetait dans la Vène et la station de lagunage de Poussan-Bouzigues qui rejetait dans l'étang des Moulières ne sont plus en service depuis 2013 et 2010. Les capacités nominales des lagunages de Pinet-Pomérols et de Montbazin ont plus que doublé de 2007 à 2016.

### 3.1.3.2. Réseaux de collecte des eaux usées

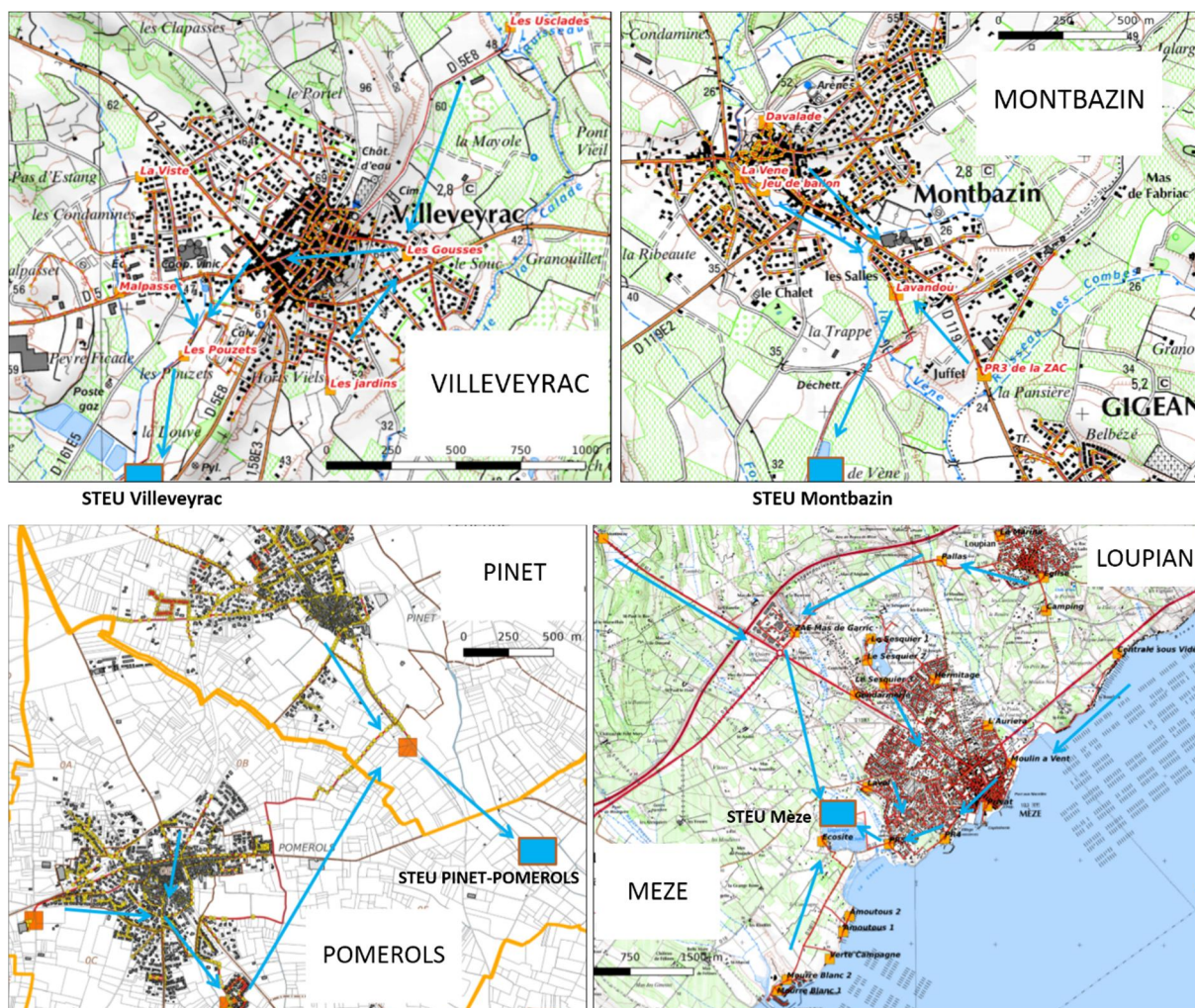
Le réseau de collecte des eaux usées représente environ 450 km de canalisations et 115 postes de relèvement (Tableau 4, Carte 8 et Carte 9). Les communes de Balaruc-le-Vieux, Balaruc-les-bains et Gigean sont desservies par un réseau de collecte de type séparatif (qui ne reçoit pas les eaux pluviales). Une partie du réseau qui dessert les communes de Sète (1/3 du linéaire) et de Marseillan (1/10<sup>ème</sup> du linéaire) est de type unitaire et peut être saturée par les eaux pluviales lors d'épisode cévenol. Les débordements du réseau et les déversements d'eaux usées dans les cours d'eau constituent des sources potentielles de contaminations fécales pour la lagune de Thau.

### 3.1.3.3. Installations d'assainissement non collectif (ANC)

Dans les zones non raccordées ou non raccordables au réseau de collecte des eaux usées, les habitations doivent être équipées d'un dispositif d'assainissement autonome. Celui-ci se compose d'un dispositif de prétraitement et d'un dispositif de traitement. Suivant la nature du sol et le type de traitement, l'évacuation des effluents se fait par le sol ou par rejet vers le milieu hydraulique superficiel. Un dispositif de traitement incomplet, inadapté ou non entretenu peut engendrer des rejets non traités ou prétraités dans la lagune. Ce type de dysfonctionnement peut également survenir dans le cas d'un sol gorgé d'eau dans lequel l'infiltration n'est plus possible.



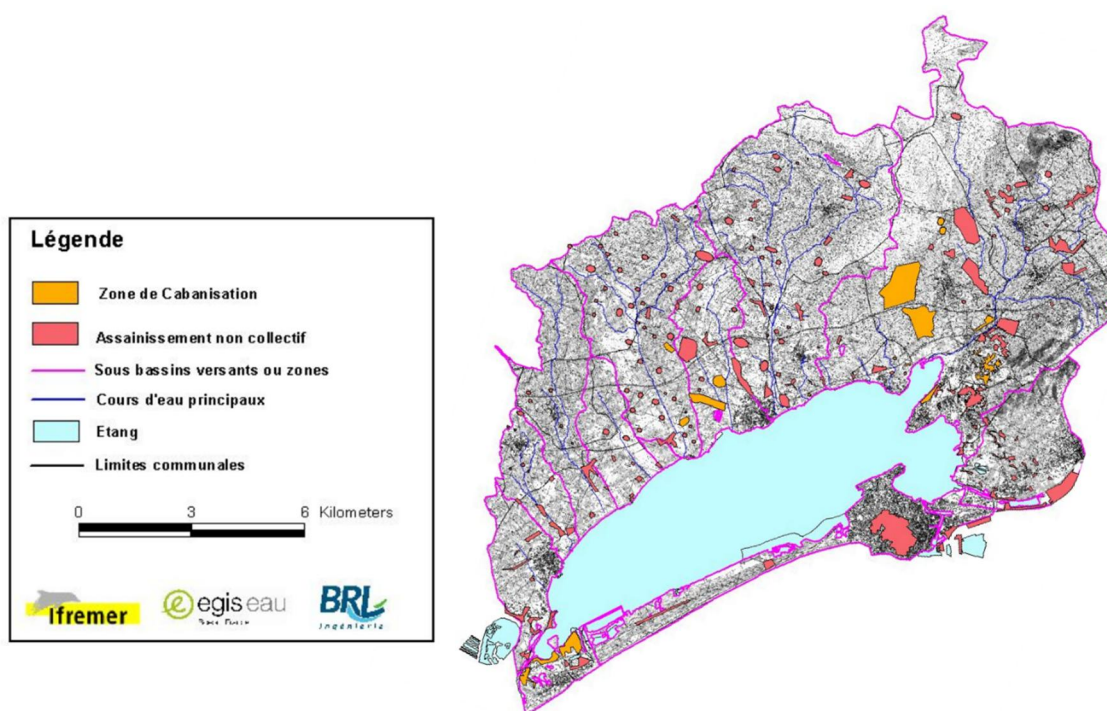
Carte 7 : Schémas de fonctionnement des réseaux de collecte des eaux usées des communes de Marseille, Bouzigues, Poussan, Isanka, Balaruc-les-Bains, Balaruc-le-vieux et Sète (source : SMTB, 2016). Les carrés orange représentent les postes de relèvement et les carrés bleus, les stations de traitement des eaux usées.



Carte 8 : Schémas de fonctionnement des réseaux de collecte des eaux usées des communes de Villeveyrac, Montbazin, Pinet, Pomérols, Mèze et Loupian (source : SMBT, 2016). Les carrés orange représentent les postes de relèvement et les carrés bleus, les stations de traitement des eaux usées.

Tableau 4 : Caractéristiques des réseaux de collecte des eaux usées (source : SMBT, 2016 basé sur des données INSEE 2010)

Commune	Population raccordée	Aire de collecte (km <sup>2</sup> )	Linéaire du réseau (km)	Volume du réseau (m <sup>3</sup> )	Nb postes de relèvement	Altitude max (m)
Balaruc-les-bains	7 338	4.8	60	3 983	8	65
Bouzigues	1 257	0.8	11	495	4	45
Isanka	9	0.03	0.02	1.1	1	22
Gigean	4 777	0.9	27	1 233	2	95
Loupian	1 915	1.6	18	659	5	37
Marseillan plage	745	2.6	20	1 340	10	7
Marseillan ville	5 827	3.9	45	2 683	13	20
Mèze	9 458	0.9	54	2 346	19	66
Montbazin	2 089	1.2	13	548	5	68
Peyrade	4 720	4.1	14	678	4	53
Pinet	1 191	1.4	11	428	1	46
Pomérols	2 067	2.2	13	542	1	48
Poussan	4 263	7.8	26	1 027	5	63
Sète	37 698	1.5	129	15 705	34	95
Villeveyrac	2 691	1.6	19	820	7	81
<b>Total</b>	<b>81 325</b>	<b>34</b>	<b>449</b>	<b>31 810</b>	<b>115</b>	<b>95</b>



Carte 9 : Zones en assainissement non collectif du bassin versant de la lagune de Thau (source : OMEGA Thau, Phase 1 – Etape 1, 2007)

Tableau 5 : Nombre d'installations d'assainissement autonome, contrôlées et non conformes des communes du bassin versant de la lagune de Thau en 2009 et 2015 (source : SMBT, 2016)

Commune	Nb installations		Nb installations contrôlées		Nb installations contrôlées non conformes	
	2009	2015	2009	2015	2009	2015
Balaruc-les-Bains	342	457	196	282	39	77
Balaruc-le-Vieux	157	201	53	156	10	36
Bouzigues	65	40	31	39	9	
Gigean	15	41	12	30	1	4
Loupian	77	58	29	55	8	
Marseillan	294	423	113	301	22	85
Mèze	389	349	185	332	33	
Montbazin	70	67	35	59	9	
Poussan	247	300	127	253	37	
Sète	1 060	1 200	540	1 040	78	391
Villeveyrac	134	82	58	78	23	
<b>Total</b>	<b>2 850</b>	<b>3 218</b>	<b>1 379</b>	<b>2 625</b>	<b>268</b>	

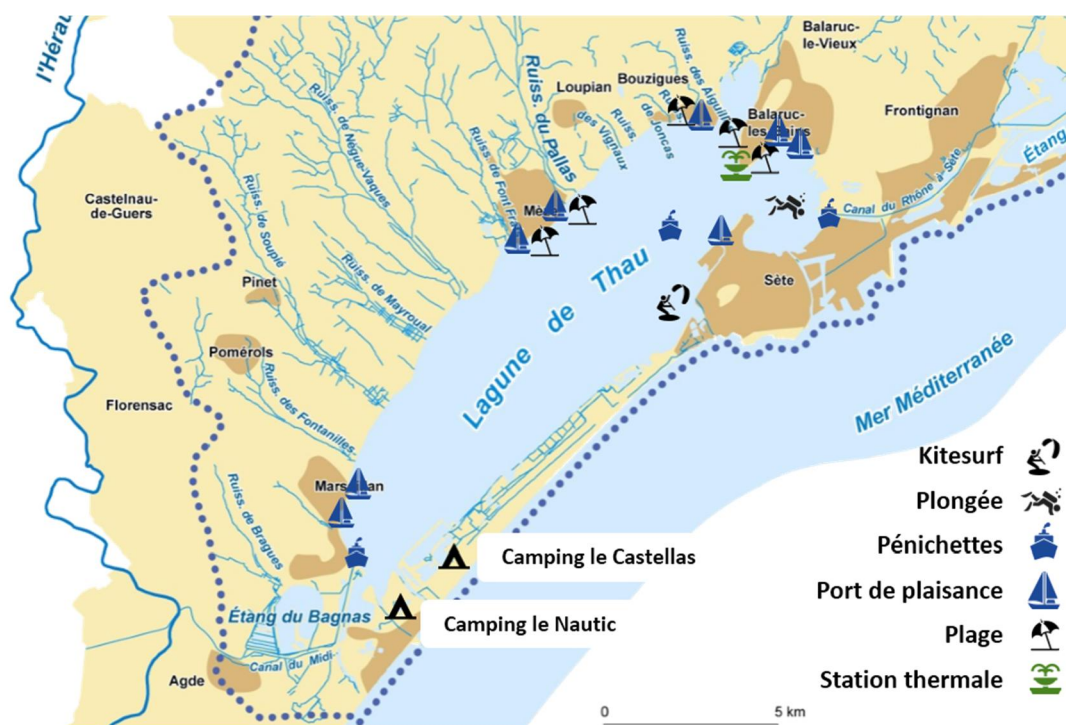
### 3.1.3. Infrastructures et activités touristiques

La filière touristique sur le territoire de Thau comprend le tourisme littoral « classique », le tourisme de santé lié à l'activité thermale de Balaruc-les-Bains, le tourisme plaisancier et de croisière. Les données suivantes sont majoritairement issues du Document d'objectifs des sites Natura 2000 de Thau (SMBT, 2011). Les infrastructures notables liées au tourisme proche de la zone de production sont listées et les principales caractéristiques sont identifiées, l'objectif étant de savoir si celle-ci peuvent potentiellement être à l'origine de contaminations microbiologiques ponctuelles d'origine humaine ou animale. Parmi les infrastructures notables figurent :

#### ❖ 33 campings

Les campings des communes de la lagune de Thau ont une capacité totale d'accueil de 5 870 emplacements (source : recensement Insee 2016). La majorité des structures sont raccordées au réseau d'assainissement des communes. Seuls onze campings sont en assainissement autonome, représentant au total une capacité d'accueil de 1 393 emplacements (Carte 10). Depuis 2007, le Castellans a été raccordé au réseau de collecte de Marseillan. Seul le camping « Le Nautic » (78 emplacements, équivalent 234 lits) situé en bordure d'étang sur la commune

de Marseillan est suffisamment proche pour avoir un impact direct sur la qualité microbiologique de l'eau de la lagune. Le flux en *E.coli* généré par ce camping en période estivale a été estimé à 12.6 unités log<sub>10</sub>/jour.



Carte 10 : Activités et infrastructures touristiques de la lagune de Thau" (d'après le Document d'objectifs des sites Natura 2000 « Etang de Thau », 2011)

#### ❖ une station thermale

Balaruc-les-Bains est la deuxième station thermale en France et la seule sur la façade méditerranéenne (37 000 curistes et 675 000 journées de cure par an).

#### ❖ des zones de mouillage et des ports

Les ports et appontements dans la lagune de Thau ainsi que les canaux de Sète accueillent essentiellement de petites unités à moteur (< 8 m) pour la pratique de la pêche ou de la promenade. Quelques voiliers de plus grande taille (> 7 m) sont présents dans les ports de Marseillan, Mèze Bouzigues et Balaruc-les-Bains (Suttel). La lagune de Thau compte environ 4 400 emplacements réglementés et non réglementés :

- 5 ports de plaisance « classiques » (Frontignan, Port Saint-Clair, Bouzigues, Marseillan plage, Marseillan ville) : 1 529 emplacements
- ports mixtes pêche/plaisance (Mèze port principale et Nacelles et Marseillan Tabarka) : 430 emplacements
- ports non-réglementés (Ile de Thau, Pointe Courte à Sète, Port du Taurus à Mèze, Suttel à Balaruc-les-Bains) : 789 emplacements
- appontements non-réglementés (canaux de Sète, Parc Aquatechnique à Sète, Etang d'Ingril, Canal du Midi à Marseillan) : 1 547 emplacements
- zones de mouillages non réglementées (Anse du Barrou à Sète, Crique de l'Angle à Balaruc) : 85 emplacements.

#### ❖ une navigation fluviale importante

La lagune de Thau est le siège d'un trafic important de pénichettes transitant entre le canal du Midi et le canal du Rhône à Sète. Les pénichettes doivent traverser la lagune par un chenal de navigation comme l'indique l'arrêté n° 55/2009 du 15 mai 2009 du préfet maritime. Ce trafic correspond à :

- environ 8 000 passages/an, dont une partie s'arrête dans les ports de l'étang
- 3 000 à 3 500 bateaux par an font escale dans les ports
- soit 3 500 à 4 000 nuitées

Les ports de la lagune de Thau sont équipés pour la récupération des eaux grises et noires mais les rejets d'eaux usées par les navires de plaisance et les pénichettes en transit restent une source de contamination fécale souvent évoquée et dont l'impact est difficile à quantifier. Le port de Suttel à Balaruc-les-Bains (18 personnes à l'année) ne possède pas de blocs sanitaires et présente probablement un risque de pollution microbiologique.

#### ❖ des plages

Cinq plages sont identifiées sur le littoral de la lagune à Mèze, Balaruc-les-Bains et Bouzigues (Carte 10).

#### ❖ des centres nautiques et des zones de pratiques des sports nautiques

- 11 clubs et centres nautiques municipaux ou privés offrent des prestations d'activités nautiques légères (dériveur, planche à voile, kitesurf, kayak, aviron, etc.) et habitables (monotypes, croiseurs)
- 6 sites de pratique de kitesurf sont identifiés : Onglous et Maldormir à Marseillan, Pont-levis du Lido à Sète, le centre nautique et la conque des salins à Mèze, la plage du casino à Balaruc les Bains
- 11 clubs de plongée sous-marine (environ 1 400 plongées par an).

### 3.1.4. Avifaune sauvage

Les fèces des oiseaux marins sont connues pour être des vecteurs de pathogènes humains tels que *Salmonella spp.* (Duarte, *et al.*, 2002 ; Palmgren *et al.*, 2006) ou *Campylobacter spp.* (Levesque *et al.*, 2000 ; Dobbin *et al.*, 2005). La présence d'oiseaux sur la lagune de Thau a été estimée à 1 530 couples nicheurs avec des populations variant de 7 000 individus en période estivale à près de 25 000 individus en période hivernale (DOCOB, 2011 ; OMEGA Thau, 2007). La lagune et plus particulièrement la crique de l'Angle, les salins de Villeroy et du Castellas accueillent de 500 flamants roses en été à 2 200 individus en hiver (comptages Wetlands International d'octobre à mars de 2005 à 2009).



Figure 9 : Avifaune pouvant impacter les lotissements conchylicoles de la lagune de Thau

Les tables conchylicoles de la zone n°34.39 sont utilisées comme haltes migratoires ou reposoirs et en tant que dortoir (Figure 9). Les espèces inventoriées sur les structures d'élevage sont les grands cormorans, les goélands leucophés, les mouettes rieuses (10 000 la nuit) et mélanocéphales (600 à 800 mouettes mélanocéphales et jusqu'à 4500 individus lors de forts épisodes de vent marin).



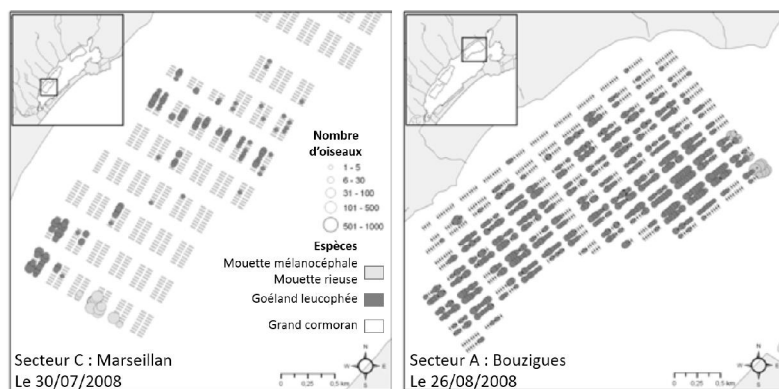


Figure 10 : Exemple de comptages d'oiseaux sur l'étang de Thau, d'après (Derolez et al., 2009)

En résumé, malgré les améliorations des installations d'assainissement, par temps de pluie, les principales sources de contamination microbiologique semblent être d'origine humaine et transférées à la lagune de Thau via les cours d'eau. Elles sont essentiellement liées aux dysfonctionnements des réseaux d'assainissement et des postes de relèvement, ainsi qu'au lessivage des sols par les eaux de pluie. Un travail de simulation des apports des sources de contamination fécales par temps de pluie de 2008 à 2015 est présenté dans la section 3.3.

Par temps sec, les principales sources de contamination semblent être l'assainissement individuel non collectif non conforme (particulier et camping), la cabanisation et ainsi que les pollutions d'origine aviaires.

## 3.2 Données de surveillances disponibles

### 3.2.1. Surveillance du milieu récepteur des rejets de la STEU de Mèze (CCNBT)

Depuis 2013, la Communauté de Commune du Nord du Bassin de Thau opère un suivi de la qualité microbiologique de la crique de la Conque au droit de l'exutoire du lagunage de Mèze (point P8 du suivi de la DREAL, Carte 13) et dans une zone proche.

Quatre fois par an (mars, juin, septembre, décembre), les concentrations en contaminants fécaux (*E.coli* et entérocoques fécaux) sont mesurées dans l'eau (2 points) ainsi que la présence de salmonelle et la concentration en *E.coli* dans des moules (5 points sur la Carte 11).

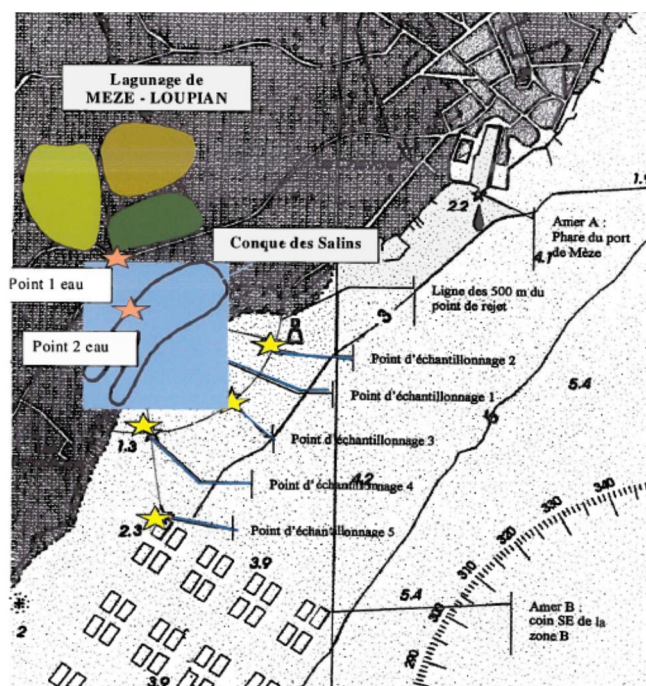
Au « point 1 eau » (sortie du lagunage), les résultats des analyses de 2013 à 2016 sont tous inférieurs à 1000 *E.coli*/100ml d'eau et un seul résultat est supérieur à 370 germes d'entérocoques fécaux/100ml.

Au « point 2 eau » (exutoire du lagunage dans la Conque des salins), sur les 28 prélèvements d'eau, 3 montrent des concentrations supérieures à 1000 *E.coli*/100ml d'eau et 8 des concentrations en entérocoques fécaux supérieures à 370 germes/100ml d'eau.

Dans les coquillages, aucune analyse n'a révélé la présence de salmonelle ni de dépassement du seuil de 4600 *E.coli*/100g de CLI. De 2013 à 2016 :

- trois dépassements du seuil de 230 *E.coli*/100g de CLI ont été observés au cours des mois de mars 2014, 2015 et 2016 au « point d'échantillonnage 5 » (330 *E.coli*/100g de CLI) ;
- un dépassement a été observé au « point 3 » au mois de mars 2015 (330 *E.coli*/100g de CLI).

Ces résultats montrent que pour un fonctionnement normal du lagunage, les rejets de la STEU de Mèze dans la lagune de Thau n'engendrent pas de contamination des coquillages de la zone de production au-dessus du seuil réglementaire de 4600 *E.coli*/100g de CLI.

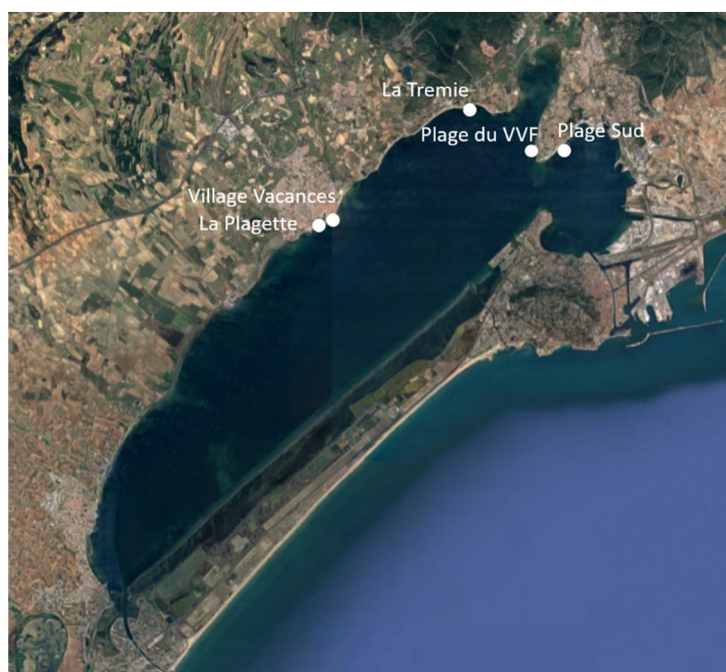


Carte 11 : Points de suivi de la Crique de la Conque (CCNBT)

### 3.2.2. Surveillance de la qualité des eaux de baignade

Durant la saison balnéaire, l'ARS de l'Occitanie assure le suivi sanitaire des eaux de baignade en mesurant la concentration en *Escherichia coli* et en entérocoques intestinaux.

Dans la lagune de Thau, cinq zones de baignade sont surveillées : les plages du « VVF » et la « Plage Sud » situées sur la commune de Balaruc-Les-Bains, la plage « La Tremie » située sur la commune de Bouzigues et les plages « La Plagette » et du « Village Vacances » situées sur la commune de Mèze (Carte 12).



Carte 12 : Points de suivi des zones de baignade

Un classement intégrant les résultats des quatre dernières années est réalisé chaque année selon la directive européenne 2006/7/CE (Tableau 6). Les qualités insuffisantes des cinq plages de 2013 à 2015 sont expliquées par de mauvais résultats entre 2012 et 2013.

On observe une amélioration de la qualité sanitaire des eaux de baignade depuis 2014. Il convient de noter que les données de la surveillance de la baignade couvrent uniquement les mois estivaux.

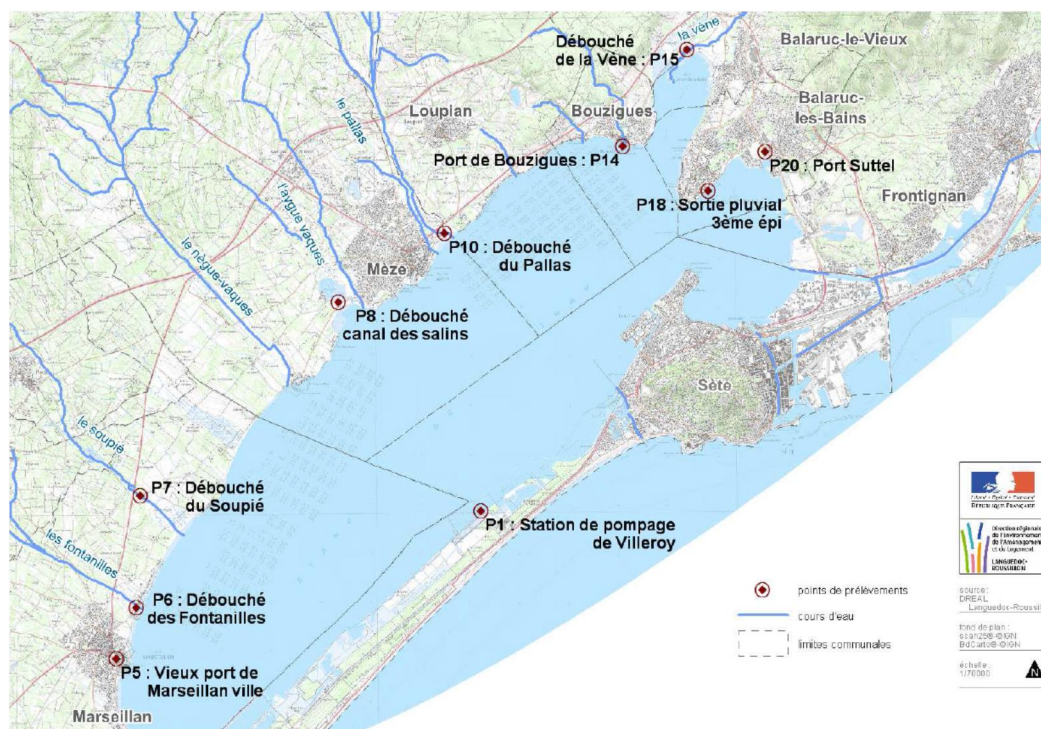
Tableau 6 : Qualité des eaux de baignade de la lagune de Thau selon la directive 2006/7/CE.

Commune	Point de prélèvement	2013	2014	2015	2016
Balaruc-Les-Bains	Etang de Thau – Plage du VVF	insuffisante	insuffisante	insuffisante	bonne
	Etang de Thau – Plage Sud	insuffisante	insuffisante	insuffisante	bonne
Bouzigues	Etang de Thau – La Tremie	insuffisante	insuffisante	insuffisante	excellente
Mèze	Etang de Thau – La Plagette	insuffisante	insuffisante	insuffisante	excellente
	Etang de Thau – Village Vacances	insuffisante	insuffisante	insuffisante	excellente

### 3.2.3. Surveillance des contaminations fécales de l'eau de la lagune et des cours d'eau (DREAL)

La police de l'eau de la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) opère un suivi mensuel de la qualité bactériologique de l'eau de la lagune de Thau et des cours d'eau du bassin versant en dix points critiques (Carte 13). Trois points sont situés dans un port (Marseillan ville, Bouzigues et Suttel). Le point P1 est situé à l'exutoire des rejets de la station de pompage de Villeroy et le point P18 à l'exutoire du réseau d'évacuation des eaux pluviales à Balaruc-les-Bains.

Les autres points de suivi sont situés aux exutoires des principaux cours d'eau alimentant la lagune. Les cours d'eau sont des vecteurs de transfert des pollutions microbiologiques du bassin versant en temps de pluie et des accumulateurs par temps sec.



Carte 13 : Points de prélèvement d'eau du suivi bactériologique mensuel opéré par la DREAL-LR

Les résultats des suivis mensuels montrent une amélioration de la qualité bactériologique de l'eau aux points de suivi P1, P8, P10, P14, P20 depuis 2011 (Figure 11). La qualité bactériologique de l'eau aux débouchés de la Vène, du Soupié, des Fontanilles et dans le port de Marseillan-Ville reste moyenne malgré une légère amélioration depuis 2011. La qualité de l'eau au niveau de l'exutoire du pluvial au point P18 reste moyenne malgré une nette diminution des concentrations en *E.coli*.

Bien que la qualité de l'eau aux exutoires suivis semble s'améliorer depuis 2011, les contaminations fécales sont encore fréquentes et réparties sur le pourtour de la lagune (Figure 12).

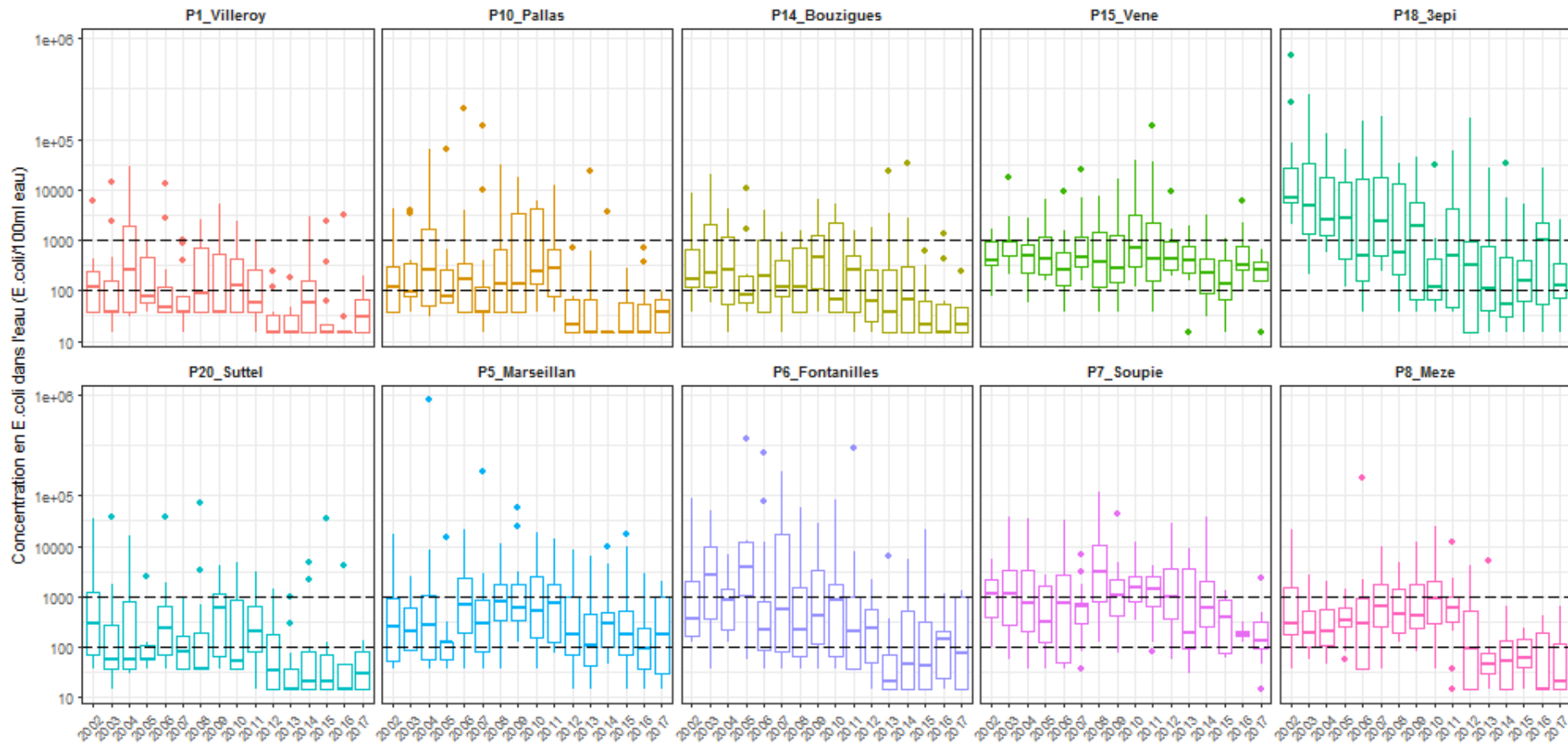


Figure 11 : Suivi mensuel des contaminations fécales de l'eau de la lagune de Thau (DREAL-LR) : évolution des concentrations en E.coli de 2002 à 2017 (table des résultats en Annexe 2). Graphique en boîte à moustache : le rectangle représente le 1<sup>er</sup> et 4<sup>ème</sup> quartiles, il est coupé par la médiane, les segments vont du 5<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> centiles

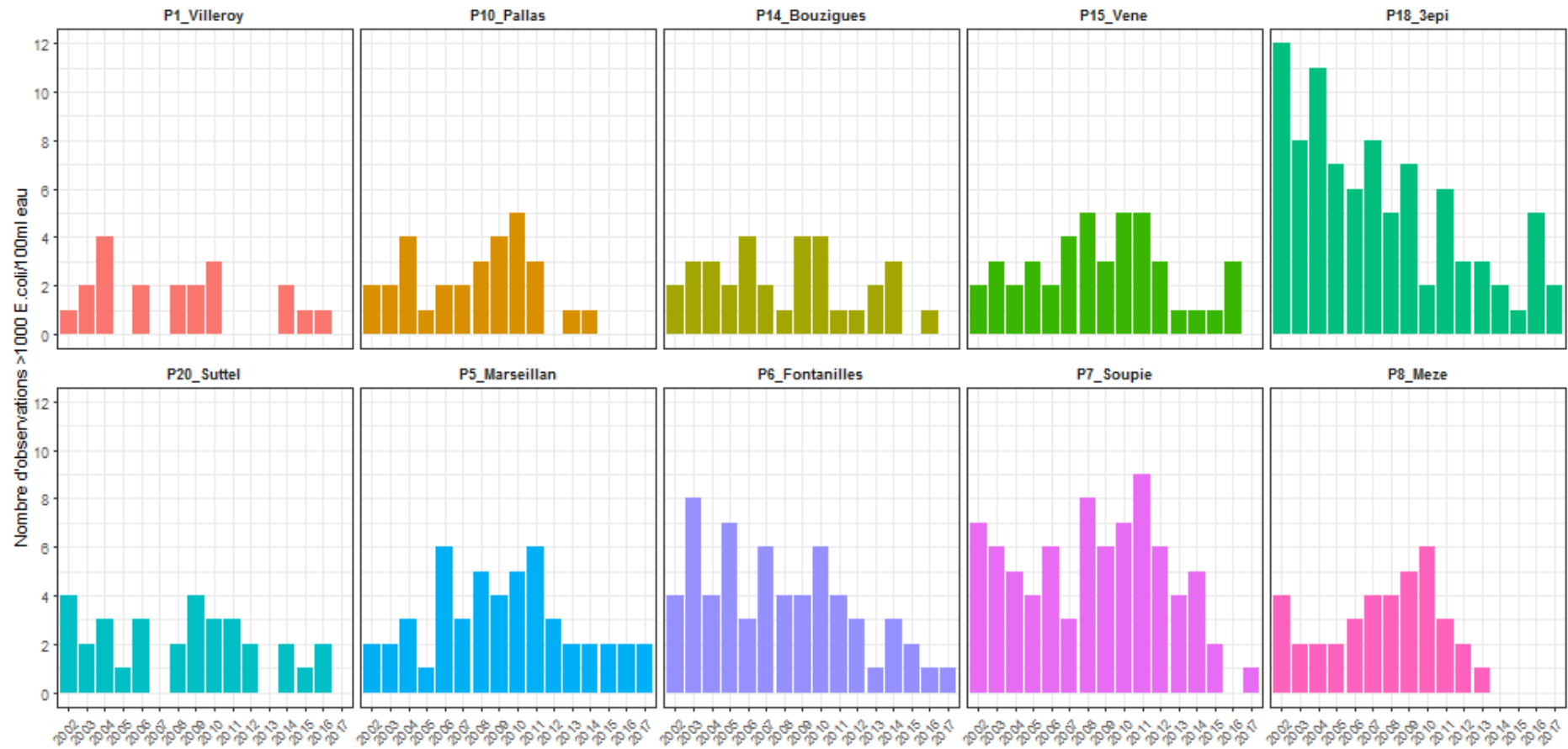


Figure 12 : Suivi mensuel des contaminations fécales de l'eau de la lagune de Thau (DREAL-LR) : évolution du nombre de dépassements du seuil de 1000 E.coli/100ml par an de 2002 à 2017

### 3.2.4. Réseau de surveillance de la contamination chimique des coquillages : le ROCCH

Depuis le début des années 1980, les niveaux en contaminants chimiques dans la chair des moules sont suivis en deux points dans la zone de production n°34.39 : les points « Thau 1 » (104-P-034) et « Thau 4 » (104-P-037).

Les coquillages des points « Thau 1 » et « Thau 4 » présentent des niveaux de contamination chimique et des évolutions comparables sur la période étudiée (Figure 13). Une diminution des niveaux de contamination de la chair des coquillages en cadmium et en plomb est observée sur la période.

Les résultats obtenus sur tous les points de la lagune de Thau sont conformes aux seuils sanitaires réglementaires<sup>5</sup> vis-à-vis des métaux Cadmium (1 mg/kg), Plomb (1.5 mg/kg) et Mercure (0.5 mg/kg). En outre, les niveaux sont inférieurs (mercure et plomb) ou proches (cadmium) des médianes nationales calculées sur les 5 derniers années sur les moules (Crottier *et al.*, 2018).

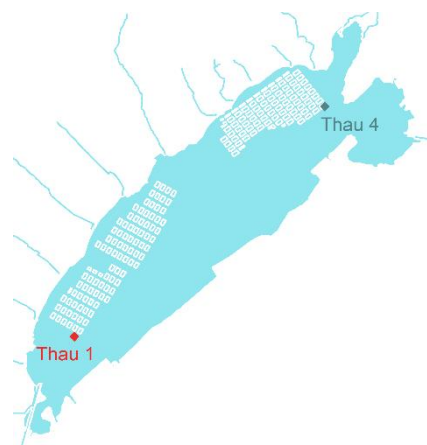
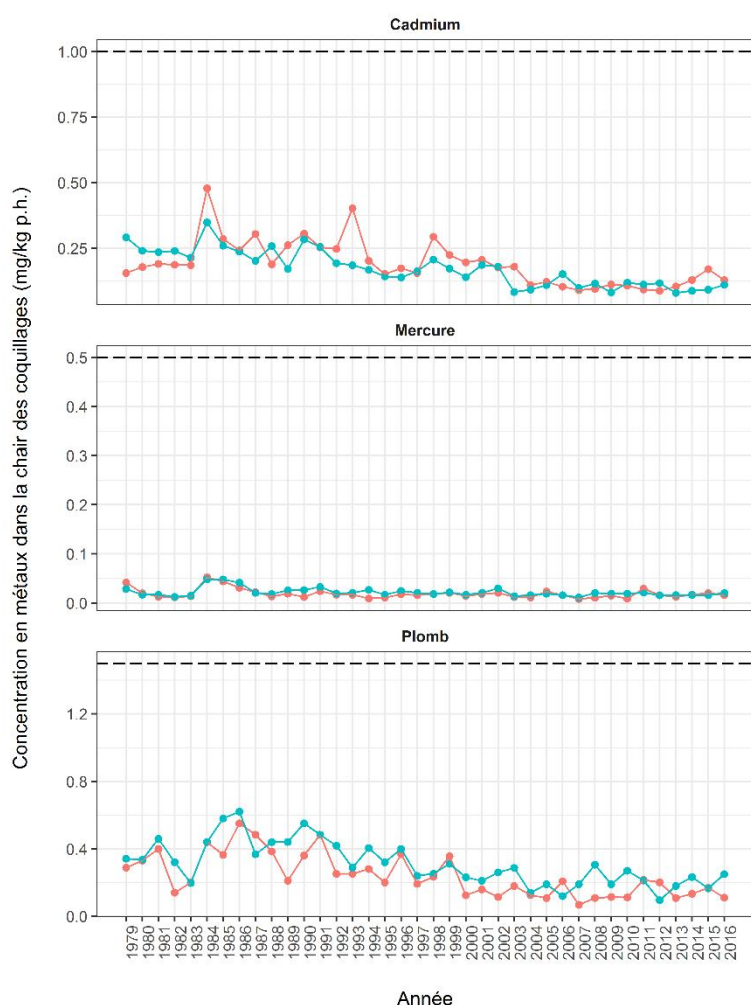


Figure 13 : Evolution des concentrations en métaux lourds dans les moules de 1979 à 2016 (ROCCH)

### 3.2.5. Réseau de surveillance de la qualité microbiologique des coquillages : le REMI

#### 3.2.5.1. Suivi REMI des lotissements conchylicoles de la lagune de Thau

La qualité microbiologique des coquillages filtreurs non fouisseurs (groupe 3) de la zone n°34.39 est suivie en 9 points depuis 1989 (Figure 14, 8 points « Huître » et 1 point « Moule »). Un historique de la stratégie d'échantillonnage du REMI pour la zone n°34.39 est présenté en Annexe 5.

<sup>5</sup> Règlement CE n°1881/2006 modifié par le règlement CE n°1259/2011



Figure 14 : Points de suivi REMI de la zone de production n°34.39 "Lotissements conchylicoles de Thau"

### 3.2.5.2. Tendence d'évolution de la qualité microbiologique de la zone n°34.39

#### ***Evolution de la qualité microbiologique des coquillages filtreurs non fouisseurs de la zone n°34.39***

L'application des règles de classement du règlement CE n°854/2004<sup>6</sup> en vigueur et de l'arrêté du 6/11/2013<sup>7</sup> aux résultats du suivi REMI indique une qualité microbiologique moyenne des coquillages filtreurs non fouisseurs de la zone n°34.39 (classement B) depuis 2004 (Figure 15). Chaque année, le classement prend en compte les résultats de la surveillance régulière mensuelle des neuf points pour les trois dernières années (résultats hors alerte). Par exemple, pour le classement de 2004, les résultats de 2002 à 2004 sont pris en compte.

#### ***Evolution de la qualité microbiologique des coquillages des trois secteurs de lotissements conchylicoles***

Entre 2004 et 2017, les qualités microbiologiques estimées pour chaque secteur (Marseillan, Mèze, Bouzigues) sont identiques à celle estimée pour la zone n°34.39 (moyenne, B). Chaque année, le classement prend en compte les résultats de la surveillance régulière mensuelle des points inclus dans un secteur donné pour les trois dernières années. Par exemple, pour le classement du secteur des lotissements conchylicoles de Marseillan, les résultats des points « Marseillan Large » et « La Fadèze » sont pris en compte.

#### ***Evolution de la qualité microbiologique des coquillages à chaque point de suivi REMI***

Les qualités microbiologiques estimées aux points REMI sont globalement moyennes sur la période 2004 à 2016 (Tableau 7). Cependant, depuis 2014, la qualité microbiologique des huîtres des points « Port de Loupian (b) », « Mourre Blanc Large », « Mèze zone b » et « La Fadèze » est estimée bonne (A) certaines années sans que cela ne se stabilise dans le temps. Ces résultats sont encourageants au regard de l'amélioration de la qualité microbiologique de la zone et montrent la variabilité interannuelle de la qualité de la zone (événements pluvieux, dysfonctionnements non déclarés,...).

<sup>6</sup> Règlement (CE) n° 854/2004 du 29 avril 2004, modifié par le règlement (CE) n°2285/2015, fixant les règles spécifiques d'organisation des contrôles officiels concernant les produits d'origine animale destinés à la consommation humaine.

<sup>7</sup> Arrêté du 6 novembre 2013 relatif au classement à la surveillance et à la gestion sanitaire des zones de production et des zones de reparcage des coquillages vivants.

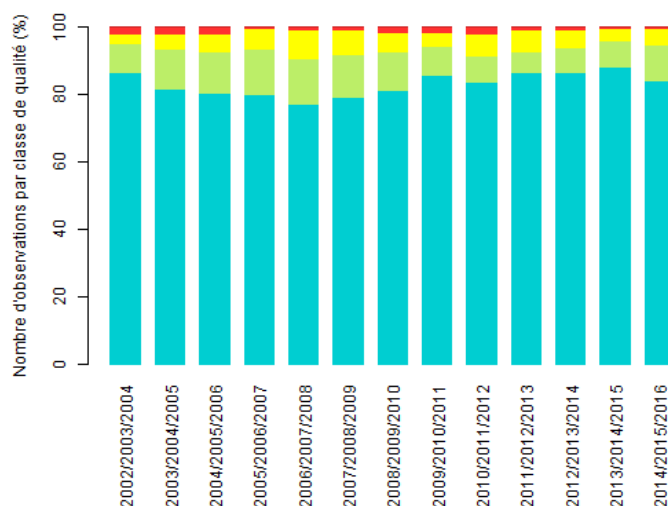


Figure 15 : Pourcentage des résultats de la surveillance régulière REMI par classe de contamination fécale dans les coquillages de la zone n°34.39 (*E.coli*/100g de CLI). En bleu, [0-230] ; en vert, [230-700] ; en jaune, [700-4600] ; en rouge, [4600-46000]. Aucun résultats >46000 *E.coli*/100g de CLI sur la période.

En outre, des tests statistiques de tendance sur dix ans (Crottier *et al.*, 2018), montrent une tendance significative à l'amélioration de la qualité microbiologique des huîtres des points « Mèze zone b » et « La Fadèze ». La qualité microbiologique des coquillages des sept autres points n'a pas évolué de manière significative.

Tableau 7 : Evaluation de la qualité microbiologique des coquillages par point de suivi REMI

Secteurs	Points REMI	Coq.	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
			2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Bouzigues	Bouzigues (a)	Moules	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	Bouzigues (c)	Huîtres	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	Port de Loupian (b)	Huîtres	B	B	B	A	B	B	B	B	B	B	A	A	B		
	Mèze zone a	Huîtres	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Mèze	Mourre Blanc Large	Huîtres	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A	A	
	Mèze zone b	Huîtres	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A	
	Montpenèdre (b)	Huîtres	B	B	B	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	
Marseillan	La Fadèze	Huîtres	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A	A	B		
	Marseillan Large	Huîtres	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

### 3.2.5.3. Synthèse des dépassements et fermetures associées

De 2004 à mai 2018, 26 épisodes de contamination avec des résultats supérieurs au seuil sanitaire de 4600 *E.coli*/100g de CLI ont été observés dans les coquillages de la zone n°34.39 (Tableau 8). Dix de ces épisodes ont été observés après de fortes pluies (alerte préventive météorologique). Ces contaminations au-dessus du seuil sont généralement non persistantes et ne concernent qu'un seul point REMI (17/25 épisodes).

Aucun dépassement simultané sur les trois secteurs n'a été mesuré au cours de cette période. Des dépassements dans deux secteurs à la fois ont été observés pour quatre épisodes de contamination faisant suite à de fortes pluies.

Deux dépassements touchant uniquement le secteur de Mèze ont été mesurés contre neuf ne touchant que les points du secteur de Bouzigues. Les dépassements touchant uniquement le secteur de Marseillan concernent toujours le point « Marseillan large » (10/26 épisodes).

Les points « La Fadèze », « Montpenèdre (b) » et « Port de Loupian (b) » détectent rarement des contaminations au-dessus du seuil sanitaire et ne détectent jamais seuls une contamination au-dessus du seuil.



L'analyse des données historiques REMI montrent qu'il est pertinent de réviser la stratégie d'échantillonnage REMI de la zone n°34.39 (positionnement des points de suivi). En effet, suite aux travaux visant à réduire les sources de pollutions microbiologiques sur le bassin versant, les points REMI actuels ne semblent pas positionnés dans les zones les plus critiques.

Les résultats montrent également que les trois secteurs sont rarement touchés en même temps au-dessus du seuil sanitaire. Au cours d'épisodes de contamination moyens, les sources d'apport en contaminants microbiologiques sont différentes d'un secteur à l'autre.

Cependant en cas d'évènement d'apports majeurs liés à des épisodes pluvieux très importants plusieurs secteurs peuvent être touchés en même temps. Il convient en outre de noter que l'indicateur de contamination fécale *E.coli* survit moins longtemps dans le milieu que certains pathogènes (*Salmonella*, norovirus, Hépatite A, etc...) qui peuvent par conséquent être plus largement disséminés dans le milieu.

Tableau 8 : Synthèse des dépassements du seuil sanitaire de 4600 E.coli/100g de CLI dans les coquillages de la zone n°34.39 (en bleu, les points du secteur de Bouzigues; en vert, du secteur de Mèze; en marron, du secteur de Marseillan)

	Episode	Points avec dépassement	Début	Fin	Type alerte	Pluie 72h (mm)	Fermeture/mesures préfectorales	Début	Fin	TIAC
2004	Conta. 1	Marseillan large	05/04/2004	13/04/2004	Conta. détect.	2.5	Purification	19/04/2004	14/05/2004	
	Conta. 2	Bouzigues (c) Port de Loupian (b) Marseillan large La Fadèze	14/09/2004	20/09/2004	Météo	74	Purification	17/09/2004	?	
2005	Conta. 3	Bouzigues (a) Mèze zone a Mourre blanc large Mèze zone b	07/09/2005	12/09/2005	Météo	131	Fermeture	08/09/2005	13/09/2005	
	Conta. 4	Bouzigues (c)	14/11/2005	17/11/2005	Météo	73	Fermeture	15/11/2005	18/11/2005	
2006	Conta. 5	Mourre blanc large	30/01/2006	03/02/2006	Météo	157.5	Fermeture	17/02/2006	23/03/2006	Février (Pluies fin janvier)
	Conta. 6	Marseillan large	04/04/2006	05/04/2006	Conta. détect.	0				
	Conta. 7	Bouzigues (a) Port de Loupian (b)	14/09/2006 18/09/2006	02/10/2006 25/09/2006	Météo	51		15/09/2006	10/10/2006	
2007	Conta. 8	Marseillan large	12/02/2007	19/02/2007	Pollution	0.6	Interdiction mouvement de coquillage	13/02/2007	?	
	Conta. 9	Mèze zone b	06/08/2007	07/08/2007	Conta. détect.	0				
2008	Conta. 10	Bouzigues (c) Mèze zone a	04/08/2008 05/08/2008	05/08/2008 11/08/2008	Conta. détect.	0	Fermeture	07/08/2008	14/08/2008	
2009										Février (Pluies fin janvier)
2010	Conta. 11	Marseillan large	01/02/2010	03/02/2010	Conta. détect.	0				
	Conta. 12	Marseillan large	01/03/2010	02/03/2010	Conta. détect.	0				
	Conta. 13	Bouzigues (a)	06/04/2010	07/04/2010	Conta. détect.	4				
	Conta. 14	Mèze zone a	05/07/2010	06/07/2010	Conta. détect.	0				
2011										Décembre (Pluies fin décembre)
	Conta. 15	Marseillan large	03/01/2011	17/01/2011	Météo	0.5	Fermeture/ouverture purification >48H	06/01/2011	16/02/2011	Janvier-Février (Suite épidémie)
	Conta. 16	Montpénèdre (b) Mèze zone b La Fadèze	02/11/2011	07/11/2011	Météo	48.5	Fermeture	03/11/2011	15/11/2011	
2012	Conta. 17	Bouzigues (c) Mèze zone a	03/09/2012 05/09/2012	05/09/2012 10/09/2012	Conta. détect.	0.5	Fermeture	07/09/2012	19/09/2012	
	Conta. 18	Mèze zone a	05/11/2012	07/11/2012	Conta. détect.	0.5				
2014	Conta. 19	Marseillan large Bouzigues (c)	22/01/2014 22/01/2014	10/02/2014 27/01/2014	Météo	28.7	Fermeture	23/01/2014	08/02/2014	
	Conta. 20	Bouzigues (c)	03/11/2014	04/11/2014	Conta. détect.	0				
	Conta. 21	Bouzigues (c) Marseillan large	26/11/2014	01/12/2014	Météo	48.7	Fermeture	27/11/2014	11/12/2014	
2016	Conta. 22	Bouzigues (a)	15/09/2016	20/09/2016	Météo	71				
							Fermeture partiel St Felix	20/12/2016	04/01/2017	Fin décembre (Pollution St-Félix)
2017							Fermeture totale	04/01/2017	17/01/2017	Début janvier (Norovirus)
	Conta. 23	Marseillan large	09/02/2017	10/02/2017	Conta. détect.	0				
	Conta. 24	Marseillan large	09/03/2017	20/03/2017	Pollution	0	Fermeture totale	14/03/2017	23/03/2017	
	Conta. 25	Marseillan large	03/04/2017	10/04/2017	Conta. détect.	0	Fermeture partielle Marseillan	23/03/2017	14/04/2017	
2018	Conta. 26	Marseillan large	08/01/2018	15/01/2018	Conta. détect.	0				
							Fermeture totale	09/03/2018	22/03/2018	(Norovirus)

### 3.3 Simulation des contaminations microbiologiques liées aux évènements pluvieux survenus entre 2008 et 2015

Les épisodes de contamination microbiologique des lotissements conchylicoles de la lagune de Thau liés aux évènements pluvieux survenus entre 2008 et 2015 ont été simulés afin de :

- hiérarchiser les sources de contamination fécale de la zone n°34.39 par temps de pluie,
- identifier les points les plus à risque au sein des zones conchylicoles,
- déterminer des points de suivi pour l'étude de zone.

#### 3.3.1. Les modèles de simulation

Dans le cadre du programme d'étude « OMEGA Thau », le Syndicat Mixte du Bassin de Thau a développé un modèle de simulation des écoulements des eaux des réseaux hydrographiques, pluviaux et d'assainissement (modèle « bassin versant », SMBT, 2010). Cet outil est utilisé ici pour simuler les apports en *E.coli* des bassins versants de la lagune de Thau au cours des évènements pluvieux de 2008 à 2015. La version du modèle utilisée pour l'étude intègre les évolutions du réseau d'assainissement depuis 2008 ainsi que les résultats d'auto-surveillance des STEU de 2008 à 2015. Le modèle « bassin versant » est présenté en détail dans les annexes techniques du plan de réduction des rejets – Edition 2016 (SMBT, 2016).

Les résultats du modèle « bassin versant » sont utilisés pour forcer le modèle MARS-3D « lagune » afin de simuler le devenir des contaminations microbiologiques dans les eaux de la lagune de Thau et d'évaluer les risques de contamination des coquillages des lotissements conchylicoles de la zone n°34.39 (Figure 16).

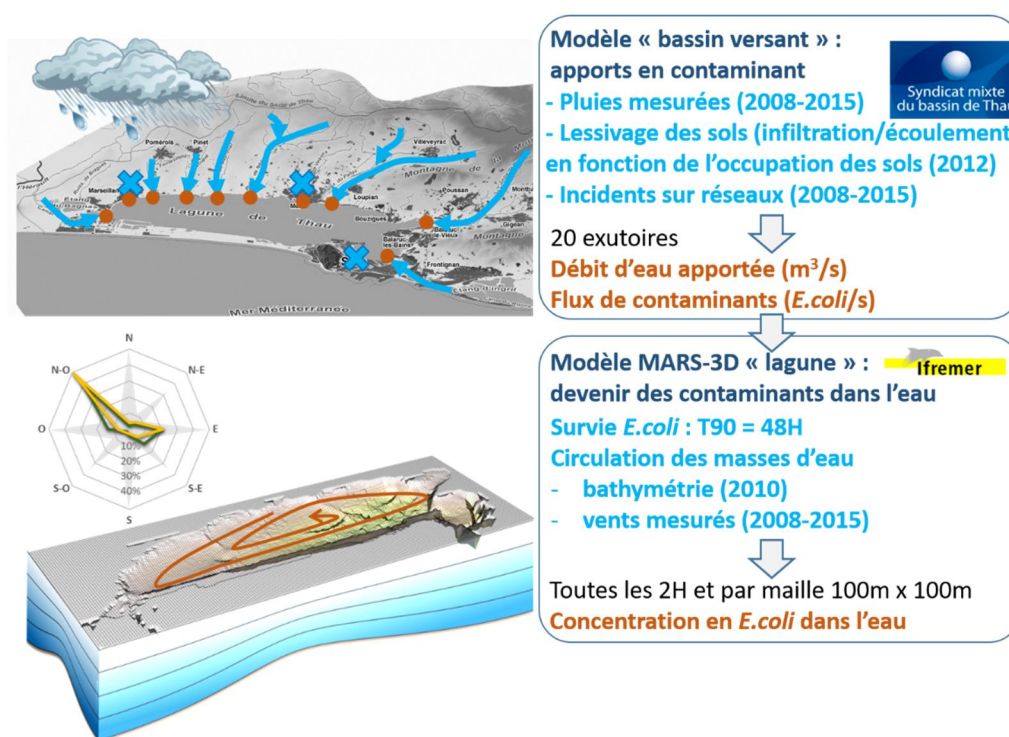


Figure 16 : outils de simulation des contaminations microbiologiques des eaux de la lagune de Thau lors d'évènements pluvieux 2008 à 2015 (en bleu, les données utilisées dans les modèles ; en marron, les données simulées par les modèles).

#### 3.3.2. Evènements pluvieux simulés

Un évènement pluvieux est caractérisé par une quantité d'eau précipitée au-dessous de laquelle la pluie est considérée comme nulle (1 mm) et une durée minimum de non pluie permettant de considérer l'évènement antérieur comme indépendant du suivant (1 jour). Ainsi, entre 2008 et 2015, 229 évènements pluvieux sont survenus. Ces évènements ont eu lieu majoritairement en mars, avril, novembre et décembre ce qui est cohérent avec les périodes de pluie habituelles de la région. Les années 2008 et 2014 ont été les plus pluvieuses sur la période considérée et les années 2009, 2012 et 2015 les années les plus sèches (Figure 17 - gauche). La durée

moyenne des évènements est de deux jours. La plupart des évènements sont de faible intensité (163 évènements avec moins de 2mm/24h, Figure 17 - droite).

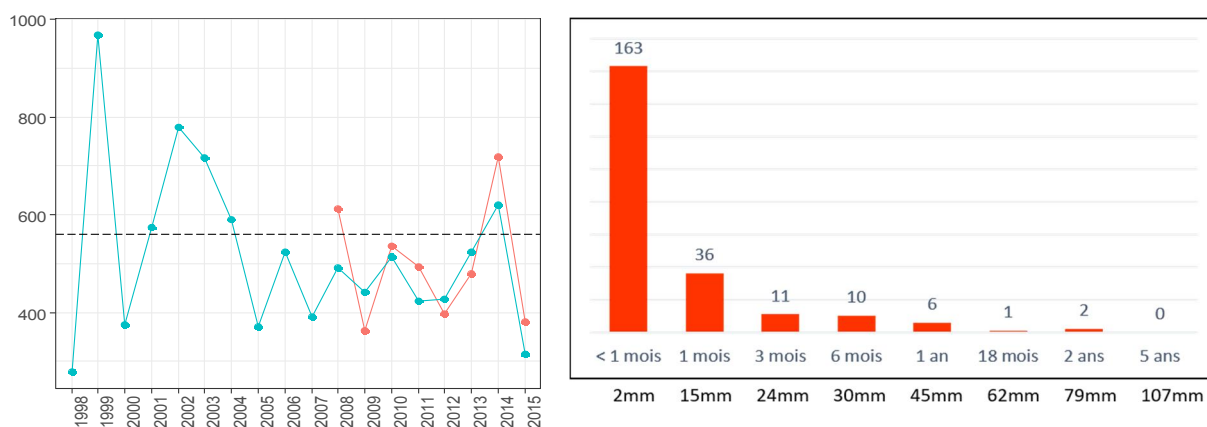


Figure 17 : Cumul de pluie annuel (à gauche) (en bleu, enregistré au sémaphore de Sète ; en rouge, à Marseillan-Ville). Nombre d'évènements par type de pluie (à droite) (fréquence probable d'apparition et intensité en mm/24H).

### 3.3.3. Apports en *E.coli* à la lagune de Thau

Le modèle « bassin versant » a été utilisé pour simuler les apports en eau ( $m^3/s$ ) et en contaminant microbologique (*E.coli*/s) au niveau de 20 exutoires de 2008 à 2015 (Figure 18).



Figure 18 : Les vingt exutoires débouchant dans la lagune de Thau pour lesquels les apports en contaminant microbologique (*E.coli*) par temps pluvieux ont été simulés de 2008 à 2015

Un Flux Admissible Microbologique (FAM) a été défini pour chaque exutoire dans le SAGE du bassin de Thau (voir détails dans l'encadré ci-dessous). Le FAM est le flux en *E.coli* au-delà duquel les coquillages des lotissements conchylicoles sont susceptibles d'être contaminés au-dessus du seuil réglementaire de 4600 *E.coli*/100g de CLI. Il caractérise la sensibilité des coquillages des lotissements conchylicoles à une contamination microbologique apportée par un exutoire donné. La comparaison des flux en *E.coli* simulés par temps de pluie avec les FAM des exutoires informe sur le risque microbologique lié à chaque exutoire (Figure 19).

### Encart : Les Flux Admissibles Microbiologiques (FAM, Projet OMEGA Thau, 2008)

Dans le cadre du Schéma d'Aménagement pour la Gestion de l'Eau (SAGE) du bassin de Thau, les modèles « bassin versant » et « MARS-3D lagune » ont été utilisés pour définir les niveaux de rejets microbiologiques des bassins versants compatibles avec une activité conchylicole. Ainsi, pour chaque exutoire, un flux admissible en *E.coli* permettant de respecter le seuil de qualité sanitaire microbiologique de la zone conchylicole a été déterminé.

Les processus de contamination des coquillages sont complexes et dépendent des niveaux de contamination dans l'eau, de l'activité de filtration des coquillages qui varient selon l'espèce, les conditions environnementales (température, turbidité), les courants. Toutefois, en première approximation, il est possible d'estimer la contamination en *E.coli* des coquillages filtreurs à partir de la concentration en *E.coli* de l'eau dans laquelle ils vivent, via un coefficient d'enrichissement (*Fe*). Par temps pluvieux, celui-ci est pris constant et égal à 5 pour les coquillages filtreurs et non fousseurs comme l'huître et la moule (Derolez *et al.*, 2013).

$$[E.coli]_{coquillage} = [E.coli]_{eau} \times Fe$$

En suivant cette relation, le seuil réglementaire de contamination des coquillages d'une zone conchylicole de classe sanitaire B (4 600 *E.coli*/100g CLI) est traduit en seuil limite de contamination de l'eau (4 600/5 = 920 *E.coli*/100ml d'eau).

Pour chacun des 20 exutoires de la lagune de Thau, un Flux Admissible Microbiologique a été défini comme le flux d'*E.coli* en-dessous duquel, quelles que soient les conditions de vents, il n'y a pas de dépassement du seuil de contamination de l'eau de la zone conchylicole. Les FAM sont exprimés en nombre de bactéries *E.coli* /jour dans une échelle logarithmique.

Ils sont utilisés comme indicateurs du niveau de risque microbiologique dans le SAGE du Bassin de Thau.

Les apports journaliers simulés pour les pluies de 2008 à 2015 ne dépassent jamais les FAM pour 5 exutoires : Canal du Midi, Mayroual, Aygues-Vaques, Port de Mèze, Canal du Rhône à Sète.

A noter qu'aucun FAM n'est défini pour le Serpentin mais les apports journaliers simulés sont relativement faibles comparativement aux exutoires du même secteur.

Les apports journaliers simulés pour les pluies de 2008 à 2015 au niveau des exutoires du Nègues-Vaques, Sesquier, Bourbou, et Barrou dépassent rarement les FAM. Les dépassements simulés correspondent aux années les plus pluvieuses de la période (2008, 2010, 2014).

A l'inverse, pour 10 exutoires, des dépassements des FAM sont simulés plusieurs jours par an chaque année : Port de Marseillan, Fontanilles, Soupié, Pallas, Joncas, Moulière, Vène, Plage de Balaruc, Canal royal, Ile de Thau. Parmi eux, les Fontanilles et le Canal royal à Sète sont les plus critiques (Figure 19).

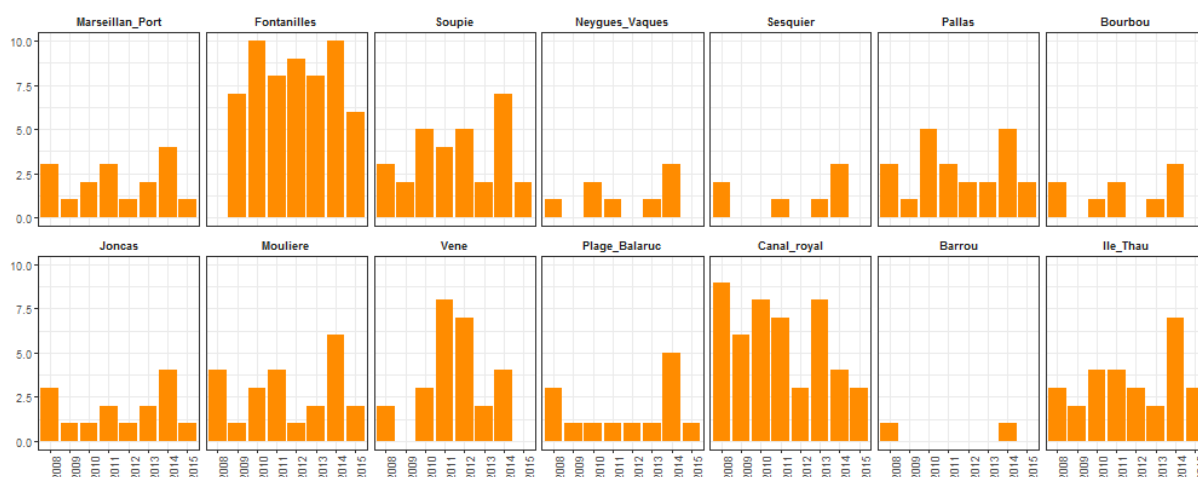


Figure 19 : Nombre de jours par an où le flux *E.coli* simulé est supérieur au FAM par exutoire. Les exutoires sans aucun dépassement simulé ne sont pas représentés

### 3.3.4. Contaminations microbiologiques des lotissements conchylicoles de la zone n°34.39

Le modèle MARS-3D « lagune » a été utilisé pour simuler le devenir des contaminations microbiologiques issues du bassin versant par temps de pluie dans la lagune de Thau. Au cours des événements pluvieux et des jours suivants, la concentration en *E.coli* dans l'eau de la lagune de Thau est sauvegardée toutes les deux heures pour chaque maille de la grille de calcul (de 100 m x 100 m de résolution horizontale). L'analyse des contaminations en *E. coli* est faite uniquement sur les mailles où des tables conchylicoles sont présentes (Figure 20).

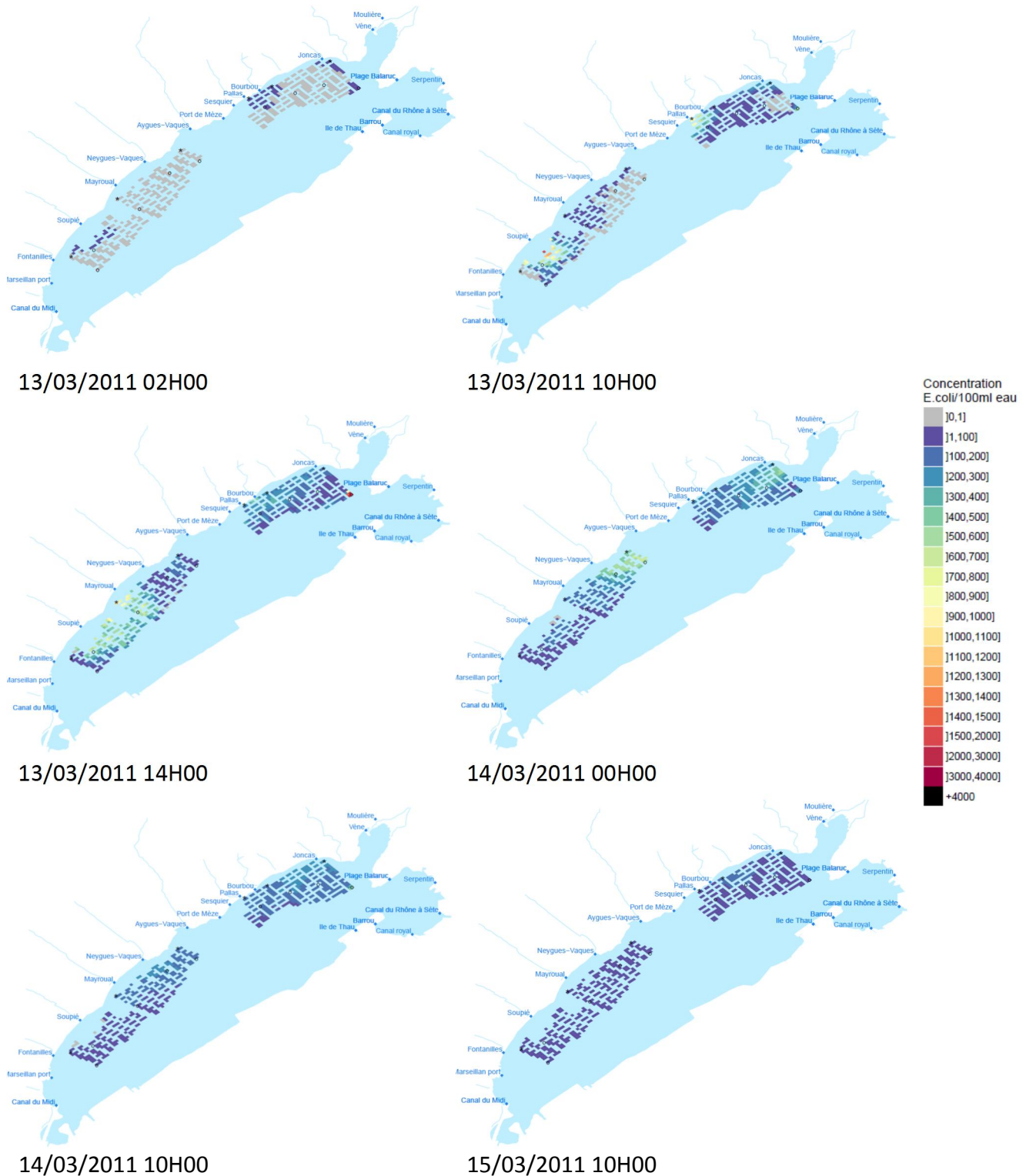


Figure 20 : Exemple de simulation d'un événement pluvieux. Concentration en *E.coli*/100ml d'eau par maille de 100mX100M au cours de l'évènement du 12 au 14 mars 2011 (pluie de 40mm le 12/03/2011 et de 50mm le 13/03/2011).

### Impact des épisodes pluvieux sur la contamination des coquillages de la zone n°34.39

Dans le SAGE du Bassin de Thau, une concentration supérieure à 920 *E.coli*/100ml dans l'eau est présumée impacter la qualité sanitaire des coquillages au-delà du seuil sanitaire de 4600 *E.coli*/100g de CLI (facteur d'enrichissement de 5 dans les coquillages par rapport à l'eau, voir encadré ci-dessus). En utilisant ce seuil, deux indicateurs ont été calculés afin de comparer l'impact potentiel des contaminations microbiologiques issues du bassin versant sur la qualité sanitaire des coquillages en chaque point (maille) de la zone de production 34.39.

Le nombre d'heures où la concentration en *E.coli* dans l'eau est supérieure au seuil de 920 *E.coli*/100ml a été calculé pour chaque maille (Figure 21). Cet indicateur donne une information sur la fréquence avec laquelle une maille donnée dans les zones de production a été touchée au-delà du seuil défini dans le SAGE au cours des événements pluvieux de 2008 à 2015.



Figure 21 : Nombre d'heures de contamination au-dessus de 920 *E.coli*/100ml d'eau au cours des simulations des événements pluvieux de 2008 à 2015

Les résultats des simulations montrent que les contaminations microbiologiques liées à de fortes pluies impactent différemment les secteurs de la zone n°34.39. Les secteurs de Marseillan et de Bouzigues sont plus fréquemment contaminés à des niveaux susceptibles d'engendrer des alertes sanitaires que le secteur de Mèze. Les points les plus fréquemment impactés en cas de fortes pluies sont l'extrême Ouest du secteur de Marseillan et l'extrême Est du secteur de Bouzigues. Ces résultats sont cohérents avec les exutoires ayant les apports les plus critiques par temps de pluie : Fontanilles, la Vène et le Canal royal à Sète.

Ces résultats sont également cohérents avec l'analyse des résultats du REMI. Certains points de suivi REMI actuels sont situés dans des zones rarement touchées par des contaminations liées aux pluies (« Mourre-Blanc large », « Mèze zone b », « Montpenèdre b »). Excepté le point « Bouzigues (a) », les points REMI actuels (les ronds sur la Figure 21) ne sont pas situés dans les zones les plus à risque au regard des contaminations microbiologiques liées à de fortes pluies.

Le deuxième indicateur est la concentration maximale en *E.coli* simulée au cours des événements pluvieux de 2008 à 2015 pour chaque maille. Cet indicateur donne une information sur les points de la zone de production qui ont été le plus fortement contaminés au cours de la période simulée (Figure 22).

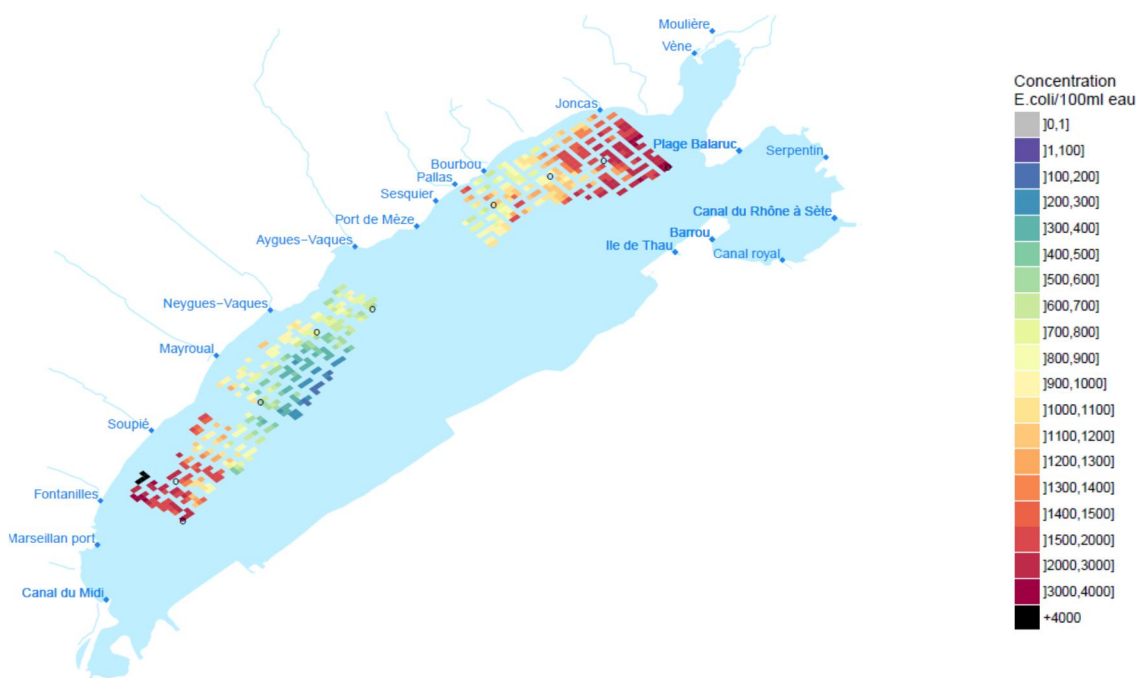
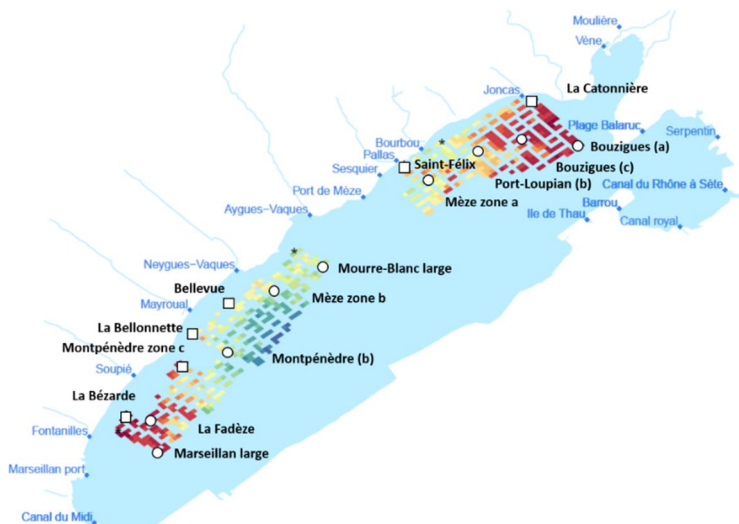


Figure 22 : Contamination maximale simulée par maille par temps de pluie entre 2008 et 2015

Les deux indicateurs donnent des résultats cohérents. Les points les plus fortement touchés sont aussi ceux qui sont le plus fréquemment touchés. Les secteurs de Marseillan et de Bouzigues sont les plus touchés alors que le secteur de Mèze est moins fréquemment et moins fortement touché par les contaminations liées à de fortes pluies.

### Points avec le plus haut risque de contamination microbiologique par fortes pluies

Les points de la zone de production à plus haut risque de contamination microbiologique de la colonne d'eau sont à la fois les points les plus fortement touchés et les plus fréquemment touchés par les contaminations apportées à la lagune par temps de pluie. Le croisement des informations fournies par les deux indicateurs a été utilisé pour proposer six points critiques dans les trois secteurs de lotissements conchylicoles. Ces points (carrés blancs sur la Figure 23) ont été suivis durant l'étude de zone en complément des neuf points REMI actuels.



Nom des points	Longitude (d°dec.)	Latitude (d°dec.)	Colonne	Rang	Table
la Bézarde	3.54714	43.36615	28	14	3
Marseillan large	3.55559	43.35691	29	3	8
la Fadèze	3.55403	43.36546	27	9	8
Montpénèdre zone c	3.56311	43.37787	23	10	6
la Bellonnette	3.56479	43.38650	21	15	6
Montpénèdre (b)	3.57298	43.38298	21	8	6
Bellevue	3.57458	43.39473	18	13	4
Mèze zone b	3.58553	43.39841	16	8	2
Mourre Blanc large	3.59794	43.40360	13	3	6
Saint-Félix	3.61844	43.42911	11	17	4
Mèze zone a	3.62509	43.42657	10	12	6
Port de Loupian (b)	3.63779	43.43270	6	11	8
Bouzigues (c)	3.64969	43.43614	3	9	6
la Catonnière	3.65268	43.44545	1	15	2
Bouzigues (a)	3.66410	43.43488	1	2	1

Figure 23 : Localisation, coordonnées GPS et référencement dans le schéma des structures, des six points à plus haut risque de contamination par temps de pluie et des neuf points REMI actuels



## 3.4 Choix des points de prélèvement de l'étude de zone

Tenant compte des sources de contamination sur les bassins versants et des résultats de simulation de l'impact de ces sources sur la qualité des eaux de la lagune lors d'évènements pluvieux, six points ont été positionnés en plus des neuf points REMI actuels. Ces points supplémentaires, 2 par secteurs conchyliques, se situent dans les secteurs d'élevage de coquillages les plus exposés au risque de contaminations microbiologiques (Figure 23).

L'échantillonnage pour le suivi de la contamination microbiologique a été conduit en 6 points sur le secteur de « Bouzigues », 5 points sur le secteur de « Mèze » et 4 points sur le secteur de « Marseillan » sur la période de mai 2017 à mai 2018 à une fréquence bimensuelle sur le taxon « Moule » au point « Bouzigues (a) » et sur le taxon « Huître » sur les autres points.

Les points de suivi ROCCH « Thau 1 » et « Thau 4 » (Figure 13 - droite) ont été échantillonnés en février 2016 pour le suivi de la contamination chimique.

## 3.5 Etude de zone (24 prélèvements sur 1 an)

### 3.5.1. Contamination chimique

L'évaluation du niveau de contamination chimique d'une zone est basée sur la contamination en mercure total, cadmium et plomb, exprimée en milligramme par kilogramme de chair humide de coquillage. Les méthodes utilisées sont des méthodes d'analyses par absorption atomique sans flamme pour le plomb et le cadmium, et par fluorescence atomique pour le mercure. Ces analyses ont été réalisées au sein du Département Biogéochimie Ecotoxicologie de l'Ifremer à Nantes.

#### 3.5.1.1. Critères d'évaluation des niveaux de contamination

Pour être de qualité A, B, ou C d'après les critères microbiologiques, les zones classées pour les mollusques bivalves doivent respecter les critères chimiques fixés par le règlement modifié (CE) n°1881/2006, suivants :

- mercure :  $\leq 0,5$  mg/kg chair humide,
- cadmium :  $\leq 1$  mg/kg chair humide,
- plomb :  $\leq 1,5$  mg/kg chair humide.

En cas de dépassement d'un de ces critères, la qualité de la zone est « très mauvaise ». Les niveaux de contamination chimique du milieu marin évoluent très lentement. Un seul point de prélèvement est défini par zone pour un groupe de coquillages considéré, ce point est échantillonné une fois pendant la durée de l'étude.

#### 3.5.1.2. Résultats du suivi des contaminants chimiques pour la zone 34.39

Les résultats de l'analyse chimique aux points Thau1 et Thau4, jugés représentatifs de la zone 34-39, sont les suivants (premier trimestre de l'année 2016) :

- mercure :  $< LQ^8$  mg kg<sup>-1</sup> chair humide pour les deux points
- cadmium : 0,16 et 0,13 mg kg<sup>-1</sup> chair humide (respectivement)
- plomb : 0,138 et 0,294 mg kg<sup>-1</sup> chair humide (respectivement).

Les résultats des analyses de métaux sont inférieurs aux critères chimiques fixés par le règlement modifié (CE) n° 1881/2006 et sont compatibles avec un classement en B de la zone 34-39.

### 3.5.2. Contaminations microbiologiques

#### 3.5.2.1. Indicateurs de contamination et méthodes d'analyses

L'évaluation de la contamination microbiologique d'une zone de production est basée sur la recherche dans les coquillages vivants, de la bactérie *Escherichia coli* (*E. coli*) retenue comme indicateur de contamination fécale dans les textes réglementaires (Règlements (CE) n° 854/2004 et 2073/2005). Elle est exprimée par le nombre le plus probable (N.P.P.) d'*E.coli* dans 100g de chair et de liquide intervalvaire (CLI).

<sup>8</sup> LQ : Limite de Quantification de la méthode (le contaminant a été détecté mais il n'est pas quantifiable)

Les analyses ont été réalisées selon la méthode NF V 08-106 par le Laboratoire départemental vétérinaire de l'Hérault qui est agréé par le ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche pour les analyses officielles.

### 3.5.2.2. Critères d'évaluation des niveaux de contamination

L'estimation de la qualité « A », « B » ou « C » ou très mauvaise est déterminée d'après la distribution de fréquence (en %) des résultats en fonction des seuils définis dans le règlement (CE) n°854/2004 dans son annexe II, chapitre 1, point A.

Tableau 9 : Exigences réglementaires du classement de zone (Règlement (CE) n° 854/2004, arrêté du 06/11/2013)

Classement	Mesures de gestion avant mise sur le marché	Critères de classement (E. coli/100g de chair et liquide intervalvaire (CLI))			
		230	700	4 600	46 000
A	Consommation humaine directe	Au moins 80% des résultats	Tolérance de 20% des résultats		
B	Consommation humaine après purification	Au moins 90% des résultats			Tolérance de 10% des résultats
C	Consommation humaine après reparçage ou traitement thermique	100% des résultats			
Non classée	Interdiction de récolte	Si résultat supérieur à 46 000 E. coli/100 g de CLI ou si Seuils dépassés pour les contaminants chimiques ( cadmium, mercure, plomb, HAP, dioxines et PCB)			

### 3.5.2.3. Résultats par point de suivi

Les résultats de l'échantillonnage réalisé de mai 2017 à mai 2018 sont présentés pour chacun des quinze points de suivi dans les tableaux suivants.

Les résultats obtenus pendant cette étude de zone (Tableau 10 et Tableau 11) ont permis de mettre à jour, en date de mai 2018, l'évaluation de la qualité sanitaire de la zone de production 34.39 « Lotissements conchylicoles de la lagune de Thau ». La qualité estimée est B.

En outre, quel que soit le secteur considéré (« Bouzigues », « Mèze » ou « Marseillan »), la qualité sanitaire estimée reste B : 4 points sur 6 sont de qualité estimée « B » dans le secteur de « Bouzigues », 3 points sur 5 sont de qualité estimée « B » dans le secteur de « Mèze », 3 points sur 4 sont de qualité estimée « B » dans le secteur de « Marseillan », les 5 autres points sont de qualité estimée A (Tableau 11).

Tableau 10 : Résultats des analyses (en E. coli 100g<sup>1</sup> de chair de coquillage) par date de tournée et par point de prélèvement

Date	mm de pluie à Sète / 7 jours précédents	Secteur Bouzigues						Secteur Mèze					Secteur Marseillan			
		Port de Loupian (b)	Bouzigues (a)	Bouzigues (c)	la Catonnière	Saint-Félix	Mèze zone a	Mourre Blanc Large	Mèze zone b	Bellevue	Montpénès (b)	la Bellonette	Montpénès zone c	La Fedèze	la Bézarde	Marseillan Large
15/05/2017	2	< 67	< 67	< 67	< 67	<67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67
06/06/2017	4.8	< 67	< 67	< 67	< 67	<67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	210	< 67
19/06/2017	0	< 67	< 67	< 67	< 67	<67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67
03/07/2017	16.8	< 67	< 67	< 67	< 67	<67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	410	< 67
17/07/2017	0	230	< 67	< 67	< 67	<67	< 67	< 67	< 67	470	< 67	< 67	< 67	< 67	3600	< 67
07/08/2017	27.3	< 67	< 67	< 67	< 67	<67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	210	< 67
21/08/2017	2.2	130	< 67	< 67	< 67	<67	320	< 67	230	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	3400	250
04/09/2017	1	1100	< 67	< 67	< 67	<67	290	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	1600	< 67
18/09/2017	0	890	< 67	< 67	< 67	<67	400	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	6100	< 67
02/10/2017	7.2	250	180	< 67	< 67	<67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	3200	< 67
16/10/2017	0.2	310	< 67	< 67	< 67	<67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	3700	2400	< 67
07/11/2017	5.2	< 67	< 67	< 67	< 67	320	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67
20/11/2017	0	< 67	230	270	280	<67	2000	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	140	< 67	< 67
05/12/2017	1.4	< 67	< 67	< 67	< 67	<67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	280
18/12/2017	4	< 67	< 67	< 67	< 67	<67	340	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	330
08/01/2018	6.6	290	1300	< 67	390	580	280	< 67	< 67	180	< 67	< 67	< 67	480	< 67	7500
24/01/2018	0	270	330	400	< 67	270	< 67	< 67	3500	< 67	< 67	non prélevé	< 67	< 67	< 67	< 67
12/02/2018	29.6	< 67	1900	< 67	< 67	<67	< 67	< 67	900	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67
19/02/2018	0.8	< 67	< 67	< 67	< 67	<67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67
05/03/2018	135.9	500	2700	200	200	<67	1500	1700	2800	440	< 67	730	< 67	4500	150	< 67
19/03/2018	18.6	< 67	< 67	< 67	< 67	<67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	310
09/04/2018	12.8	270	730	< 67	< 67	1500	< 67	< 67	140	< 67	< 67	< 67	< 67	3200	750	300
24/04/2018	0.4	< 67	< 67	< 67	260	<67	300	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67
17/05/2018	41.7	< 67	< 67	< 67	< 67	<67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	< 67	250

Tableau 11 : Résultats de l'étude de zone par point de prélèvement selon les classes du critère de classement de zone

	Secteur Bouzigues						Secteur Mèze					Secteur Marseillan			
	Port de Loupian (b)	Bouzigues (a)	Bouzigues (c)	la Catonnière	Saint-Félix	Mèze zone a	Mourre Blanc Large	Mèze zone b	Bellevue	Montpenède (b)	la Bellonette	Montpenède zone c	La Fadèze	la Bézarde	Marseillan Large
% de résultats <= 230	66.7	79.2	91.7	87.5	83.3	66.7	95.8	87.5	91.7	100.0	95.7	100.0	83.3	66.7	70.8
% de résultats ]230-700]	25.0	8.3	8.3	12.5	12.5	25.0	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0	0.0	4.2	4.2	25.0
% de résultats ]700-4600]	8.3	12.5	0.0	0.0	4.2	8.3	4.2	12.5	0.0	0.0	4.3	0.0	12.5	25.0	0.0
% de résultats ]4600-46000]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	4.2
% de résultats > 46000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Maximum	1100	2700	400	390	1500	2000	1700	3500	470	< 67	730	< 67	4500	6100	7500
Qualité estimée	B	B	A	A	B	B	B	B	A	A	B	A	B	B	B

## 3.6 Bilan et recommandations sur la stratégie de surveillance de la qualité microbiologique des lotissements conchylicoles de Thau

### 3.6.1. Lieux de surveillance

Historiquement, l'étang de Thau a été décrit comme possédant trois principaux secteurs d'exploitation des coquillages : le secteur de « Bouzigues », le secteur de « Mèze » et le secteur de « Marseillan ». Compte tenu des connaissances relatives aux flux de contaminants issus des bassins versants et de leurs impacts simulés, quinze lieux (points) ont été suivis pendant 12 mois à une fréquence bimensuelle. Pour chaque tournée de prélèvement, ces lieux (points) de prélèvement ont été échantillonnés à la même date.

Les résultats de l'étude de zone montrent que, dans sa globalité, ou par secteur, la zone de production 34.39 est de qualité estimée B. Cependant, compte tenu de la multiplicité des sources de contamination et des résultats obtenus sur les quinze points de suivi, l'Ifremer recommande d'assurer la surveillance de la zone par les points les plus sensibles aux contaminations qui i) : présentent une qualité estimée B et ii) : permettent de détecter les contaminations (dépassements de seuils de 700 et de 4600 *E.coli/100gCLI*) lorsqu'aux mêmes dates les autres points de suivi ne les détectent pas (Tableau 10).

Le point Mourre Blanc est estimé de qualité B et n'a pas permis, durant cette étude de zone, la détection spécifique d'épisode de contamination supérieur à 700 ou 4600 *E.coli/100gCLI*. Toutefois, la prise en compte de l'historique de ce point REMI sur les dix dernières années met en évidence sa sensibilité à des contaminations non détectées sur les autres points REMI. L'Ifremer recommande donc de conserver ce point de suivi pour la surveillance microbiologique de l'étang de Thau.

Sur la période de suivi, un événement pluvieux intense est survenu le 28 février 2018 (106 mm de pluie en 24 heures) 6 jours avant la date de prélèvement programmé début mars pour l'étude de zone (Tableau 10). Les niveaux de contaminations des coquillages situés sur les six points critiques sont plus faibles que les niveaux mesurés aux points plus éloignés des sources de contamination. Ces résultats pourraient s'expliquer par le fait que les fortes dessalures et les turbidités élevées induites par des événements pluvieux intenses, diminuent les processus de filtration des coquillages (Derolez *et al.*, 2013 ; (Grodzki *et al.*, 2012). La relation supposée entre les niveaux d'*E.coli* dans l'eau et dans les coquillages (cf. l'encart page 37 du présent rapport) n'est alors plus valable pour les événements pluvieux intenses.

En conséquence, la zone 34-39 pourrait être suivie pour l'évaluation du risque microbiologique (REMI) par l'échantillonnage régulier de huit points (Tableau 12).

Tableau 12 : Points de suivi de la zone 34.39 pour l'évaluation du risque microbiologique (REMI)

Secteur « Bouzigues »	Secteur « Mèze »	Secteur « Marseillan »
Port de Loupian (b)	Mourre Blanc Large	La Fadèze
Bouzigues (a)	Mèze zone b	La Bézarde
Mèze zone a		Marseillan Large

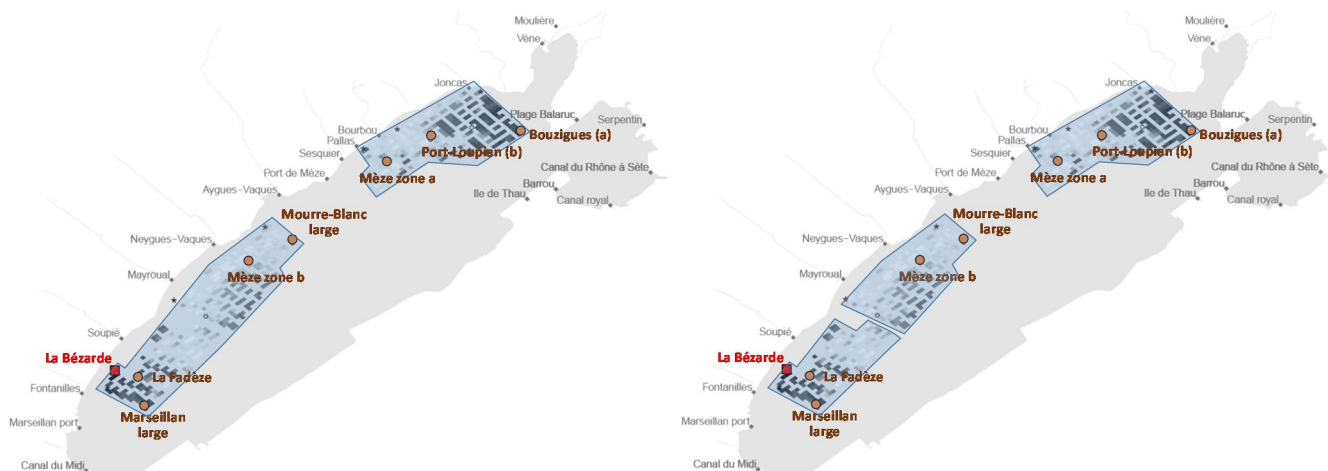
### 3.6.2. Scénarios de sectorisation possible au regard du risque microbiologique (REMI) de la zone 34.39 pour le groupe 3

Les trois secteurs d'exploitation de Bouzigues, Mèze et Marseillan présentent une qualité estimée B. Cependant, les sources de contamination sont nombreuses et les points de surveillance peuvent présenter occasionnellement une hétérogénéité des niveaux de contamination provoquant des dépassements de seuils d'alerte uniquement sur certains de ces points. L'analyse des résultats met en évidence un comportement différent des trois secteurs à ces contaminations. Ainsi une sectorisation pour le risque microbiologique semble envisageable. Plusieurs scénarii peuvent être décrits :

- 1 **Pas de sectorisation** : la zone de production 34-39 reste évaluée dans sa globalité (situation actuelle) mais avec huit points de suivi (Tableau 12).
- 2 **Une sectorisation en deux secteurs** (Carte 14 - gauche) : le secteur « Bouzigues » d'une part et le secteur « Mèze – Marseillan » d'autre part. Les huit points de suivi (Tableau 12) se répartissent en trois points dans le secteur « Bouzigues » et cinq points dans le secteur « Mèze-Marseillan ». La séparation physique clairement identifiée

entre ces deux secteurs peut constituer une zone d'abattement efficace lors du transport et de la dispersion des *E.coli* entre les deux secteurs.

- 3 **Une sectorisation en trois secteurs** (Carte 14 - droite) : les secteurs de « Bouzigues », de « Mèze » et de « Marseillan ». Les huit points de suivi (Tableau 12) se répartissent en trois dans le secteur de « Bouzigues », deux dans le secteur de « Mèze » et trois dans le secteur de « Marseillan ». Toutefois, cette sectorisation n'est pas préconisée car il n'existe pas de séparation physique ou hydromorphologique entre les secteurs de « Mèze » et de « Marseillan ».



Carte 14 : Scénarii de sectorisation : selon deux secteurs (à gauche) et selon trois secteurs (à droite)

Ces scénarii de sectorisation sont établis selon les critères réglementaires en vigueur (*Escherichia coli*) en termes de classement des zones de production. En revanche, l'Ifremer recommande que dans le cadre de la gestion du risque de contamination par les norovirus (Instruction technique de la DGAL relative à la contamination des coquillages par norovirus), cette sectorisation ne soit pas appliquée, et donc que les éventuelles mesures de gestion soient prises à l'échelle de l'ensemble de l'étang de Thau.

## 4. Conclusion générale de l'étude de zone

L'étude de zone des « lotissements conchylicoles de la lagune de Thau » a été menée, à la demande du Comité Régional de la Conchyliculture en Méditerranée et du préfet de l'Hérault, afin d'étudier la possibilité de sectoriser la zone de production 34.39 en sous-zones, au regard du risque microbiologiques (REMI).

Dans le cadre de cette étude sanitaire, une étude de dossier a été réalisée afin de recenser les sources de contamination microbiologique. Il apparaît que, malgré les améliorations des installations d'assainissement, les principales sources de contamination microbiologique par temps de pluie semblent être d'origine humaine et transférées à la lagune de Thau via les cours d'eau. Ces pollutions sont essentiellement liées aux dysfonctionnements des réseaux d'assainissement et des postes de relèvement, ainsi qu'au lessivage des sols par les eaux de pluie. En se basant sur les résultats de simulation fournis par le modèle « bassin versant » développé par le SMTB, les sources de contamination les plus critiques lors d'événements pluvieux, ont été mises à jour.

Par temps sec, les principales sources de contamination semblent être l'assainissement individuel non collectif non conforme (particulier et camping), la cabanisation et les pollutions d'origine aviaires.

Au préalable à la réalisation de l'étude de zone, une étude de modélisation a été conduite, associant le modèle de simulation des sources de contamination sur le bassin versant (modèle « bassin versant » du SMTB) et le modèle « MARS-3D lagune » développé dans le cadre du projet « OMEGA-Thau » pour simuler le devenir des *E. coli* dans l'eau de la lagune. A l'issue de cette étude six points critiques, c'est-à-dire, à haut risque de contamination microbiologique, ont été proposés dans les trois secteurs des lotissements conchylicoles de « Bouzigues », « Mèze » et « Marseillan ». Ces points (carrés blancs sur la Figure 23) ont été suivis durant l'étude de zone en compléments des neuf points REMI actuels.

L'échantillonnage de ces 15 points de suivis s'est échelonné sur une période de 12 mois, d'avril 2017 à mai 2018, à une fréquence bimensuelle. Au regard des critères du règlement (CE) n° 854/2004, l'évaluation de la qualité sanitaire basée sur ces 24 prélèvements a abouti à une estimation de la qualité microbiologique B de la zone 34.39 dans sa globalité et B également pour chacun des trois secteurs considérés séparément.

Au regard des résultats de l'étude de zone et de l'analyse des données du REMI sur les dernières années, une stratégie d'échantillonnage a été proposée pour assurer la surveillance de la zone 34.39. Cette nouvelle stratégie est basée sur le suivi de huit points : sept points du suivi REMI actuel et un nouveau point identifié par cette étude (Tableau 12).

En outre, l'analyse des résultats met en évidence un comportement différent des trois secteurs vis-vis des contaminations microbiologiques. Ainsi une sectorisation pour le risque microbiologique peut être envisagée et un scénario avec deux secteurs distincts apparaît pertinent : le secteur « Bouzigues » d'une part et le secteur « Mèze – Marseillan » d'autre part. Dans ce cas, la séparation physique clairement identifiée entre ces deux secteurs peut constituer une zone d'abattement efficace lors du transport et de la dispersion des *E. coli* entre les deux secteurs. Le scénario basé sur une sectorisation en trois secteurs, en considérant séparément les secteurs de « Bouzigues », « Mèze » et « Marseillan », est envisageable mais pas préconisé du fait de l'absence de frontière physique ou hydromorphologique marquée entre les secteurs de « Mèze » et « Marseillan ».

Ces scénarii de sectorisation sont établis selon les critères réglementaires en vigueur (*Escherichia coli*) en termes de classement des zones de production. En revanche, l'Ifremer recommande que dans le cadre de la gestion du risque de contamination par les norovirus (Instruction technique de la DGAL relative à la contamination des coquillages par norovirus), cette sectorisation ne soit pas appliquée, et donc que les éventuelles mesures de gestion soient prises à l'échelle de l'ensemble de la lagune de Thau.

## 5. Analyse de la variabilité spatio-temporelle des blooms de phytoplanctons toxiques

Il convient de rappeler en préambule à cette partie que la problématique du risque sanitaire lié aux phycotoxines diffère de celle liée aux contaminations fécales de par les sources de contamination (phytoplanctons toxiques internes à la lagune), les processus physiques et biologiques liés aux développements des blooms (transport et croissance des cellules phytoplanctoniques dans le milieu) et les processus de contamination/décontamination des coquillages. Les espèces de phytoplanctons toxiques qui produisent les phycotoxines se développent naturellement dans la lagune. La source d'apport en contaminant est donc interne au milieu de production. Par ailleurs, dans le cas des contaminations par *Alexandrium* et des saxitoxines, rappelons que ces toxines sont classées au tableau 1 par la Convention sur l'Interdiction des Armes Chimiques (CIAC) du fait de leur dangerosité et de leur mode d'action (neurotoxique).

### 5.1 Synthèse des résultats de l'étude de 2004 : Etude de la circulation d'*Alexandrium* dans la lagune de Thau

Depuis 1998, *Alexandrium* (complexe *tamarensis-catenella*) est présent dans la lagune de Thau presque chaque année, voire plusieurs fois par an. Cependant, les conditions environnementales ne sont pas toujours favorables au développement de ce dinoflagellé (conditions nutritionnelles, compétition...) ou à sa dispersion dans la lagune (condition hydrodynamique, prédation...). En 2004, une étude a été menée afin d'examiner le caractère homogène ou hétérogène des masses d'eaux de la lagune de Thau vis-à-vis de la contamination induite par les espèces du genre *Alexandrium* (Fiandrino and Jouan, 2004).

#### 5.1.1. Méthodologie

Les mécanismes de déclenchement des blooms d'*Alexandrium*, de croissance végétative, de contamination des coquillages par les phycotoxines sont aujourd'hui encore trop mal connus sur la lagune de Thau pour être modélisés. Cependant, si l'on suppose i) : qu'un bloom phytoplanctonique est initié dans un secteur de la lagune, et ii) : que les cellules de phytoplancton se comportent comme des particules inertes et sans masse, le modèle « MARS-3D lagune » permet d'étudier qualitativement la dispersion de ces cellules dans la lagune sous différentes conditions météorologiques.

Dans ce contexte spécifique, le modèle a donc été utilisé pour simuler la dispersion et le transport sur l'ensemble de la lagune de cellules d'*Alexandrium* lâchées à partir de la Crique de l'Angle (Figure 24), zone connue de départ des blooms d'*Alexandrium*. Différentes conditions météorologiques (vent, pression atmosphérique) et hydrologiques (débit de la Vène), rencontrées durant les six périodes automnales de 1999 à 2003, ont été simulées. Sur ces périodes, trois automnes (1999, 2001 et 2003) ont été concernés par des fermetures liées à des concentrations en toxines paralysantes supérieures aux seuils réglementaires dans la chair des coquillages en élevage (Tableau 13).

#### 5.1.2. Principales hypothèses et limites

Il est important de rappeler ici que les simulations de cette étude ne sont pas représentatives des blooms phytoplanctonique réels car aucun processus biologique n'a été pris en compte (croissance, reproduction, prédation...). Si l'approche ne renseignait pas sur les concentrations en cellules d'*Alexandrium*, elle a en revanche permis d'appréhender la dispersion potentielle de ces cellules depuis la Crique de l'Angle à l'ensemble de la lagune.



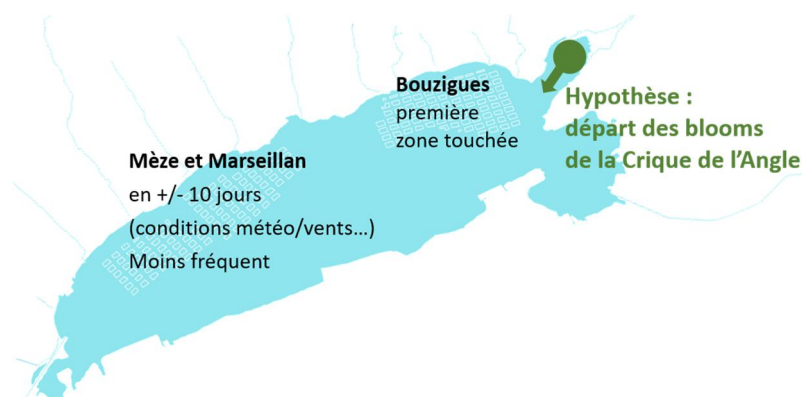


Figure 24 : Localisation des zones de lâcher des particules (départ des blooms d'*Alexandrium*) dans la Crique de l'Angle

### 5.1.2. Résultats et conclusions

Les simulations montrent le rôle des forts débits de la Vène dans l'expulsion des cellules d'*Alexandrium* de la Crique de l'Angle vers le reste de la lagune.

Elles montrent également la prédominance du vent dans le processus de transport des cellules d'*Alexandrium* dans la lagune ainsi qu'une forte variabilité temporelle des vents et, par conséquent, de la circulation des masses d'eau de la lagune.

De grandes lignes de circulation traversent toute la lagune en longeant la rive nord et le lido. Les vents dominants Nord-Ouest et Sud-Est créent un tourbillon entre le secteur de Bouzigues et la Crique de l'Angle qui maintient les cellules d'*Alexandrium* dans la partie Est de l'étang. Les passages d'un régime de vent à un autre créent une circulation transitoire qui n'entretient plus ces structures tourbillonnaires et les cellules d'*Alexandrium* peuvent être transportées vers le Sud de la lagune. De même, les vents d'Est transportent les cellules d'*Alexandrium* issues de la Crique de l'Angle vers le reste de la lagune.

Du fait de sa proximité avec la Crique de l'Angle, le secteur conchylicole de Bouzigues est le premier touché par les blooms. Les cellules d'*Alexandrium* atteignent les secteurs de Mèze et de Marseillan en moyenne deux semaines plus tard en fonction des conditions météorologiques, des vents et des débits de la Vène.

Le secteur de Bouzigues est statistiquement plus massivement et fréquemment impacté par les blooms d'*Alexandrium* que les secteurs de Marseillan et de Mèze. Cependant, il n'a pas été identifié de frontière physique ou hydrodynamique marquée et stable. La bathymétrie relativement homogène permet une circulation des masses dans la lagune avec une dynamique plus ou moins forte en fonction des vents. Aucune zone de la lagune n'est inaccessible aux cellules d'*Alexandrium*.

De plus, la forte variabilité et imprévisibilité des vents ne permettent pas d'anticiper le devenir des cellules d'*Alexandrium* dans les zones conchylicoles.

Depuis 2004, aucune évolution hydromorphologique du milieu n'invalide les résultats et conclusions de cette étude. Les études plus récentes (Lagarde *et al.*, soumis ; Guillou, 2016) ont, en outre, apporté des précisions. Il s'avère que les processus de dilution et l'efficacité du mélange des masses d'eau dans la lagune de Thau sont tels qu'au bout d'une dizaine de jours, quel que soient les conditions de vents, les concentrations des substances dissoutes émises dans la lagune ou apportées par les cours d'eau du bassin versant, sont quasi-homogènes à l'échelle de la lagune.

## 5.2 Suivis REPHY et REPHYTOX de la zone n°34.39

La surveillance du risque sanitaire lié aux phycotoxines est organisée en deux réseaux : le REPHY sanitaire (réseau de surveillance du phytoplancton toxique dans l'eau de la zone de production) et le REPHYTOX (le réseau de surveillance des phycotoxines dans les coquillages de la zone de production). Trois familles de toxines sont suivies dans les coquillages des zones de production et de pêche professionnelle :

- les toxines lipophiles incluant les diarrhéiques ou DSP (Diarrhetic Shellfish Poisoning),
- les toxines paralysantes ou PSP (Paralytic Shellfish Poisoning),

- les toxines amnésiantes ou ASP (Amnesic Shellfish Poisoning).

Chacune des trois familles de toxines est produite par un groupe d'espèces de phytoplanctons (Tableau 13). L'observation des groupes d'espèces phytoplanctoniques toxiques dans l'eau permet d'anticiper la contamination des coquillages de la zone de production. La recherche des familles de toxines (toxines lipophiles, PSP ou ASP) est déclenchée par l'observation de cellules de phytoplanctons toxiques au-dessus d'un seuil d'alerte (Tableau 13). De plus, au cours des périodes favorables au développement de *Dinophysis*, la recherche des toxines lipophiles est systématique dans les coquillages de la zone. Ces périodes à risque sont définies à partir des données historiques de la zone sur les trois années précédentes et réactualisées tous les ans.

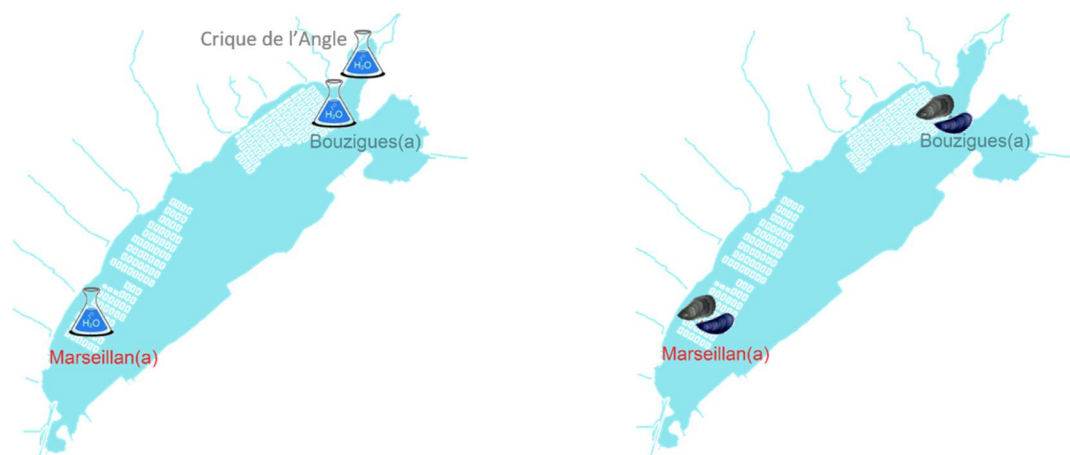
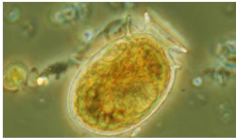
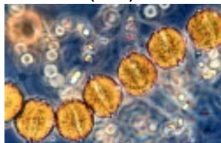



Figure 25 : Points de suivi du REPHY (à gauche) et du REPHYTOX (à droite) de la zone conchylicole 34.39

Dans la zone n°34.39 des lotissements conchylicoles de la lagune de Thau, le suivi REPHY sanitaire est réalisé en trois points dont un point situé à l'extérieur de la zone de production dans la crique de l'Angle qui est la zone principale de départ de blooms d'*Alexandrium*. Le suivi REPHYTOX est réalisé en deux points (Figure 25). Il n'y a pas de période à risque pour les toxines lipophiles pour la zone 34-39.

Tableau 13 : Seuils d'alerte du réseau REPHY sanitaire et seuils réglementaires du réseau REPHYTOX<sup>9</sup>

	<b><i>Dinophysis</i></b> Producteurs de toxines <b>lipophiles</b> (incluant toxines diarrhéiques DSP)	<b><i>Alexandrium</i></b> Producteurs de toxines paralysantes (PSP)	<b><i>Pseudo-nitzschia</i></b> Producteurs de toxines amnésiantes (ASP)
			
Seuils d'alerte REPHY	dès présence de cellules	• <i>Alexandrium catenella/tamarense</i> : <b>1000 cellules/litre d'eau</b> • Autres <i>Alexandrium</i> : <b>10 000 cellules/litre d'eau</b>	• Groupe des fines : <b>300 000 cellules/litre d'eau</b> • Groupe des larges : <b>100 000 cellules/litre d'eau</b>
Seuils d'alerte REPHYTOX	• 160 µg d'équ. acide okadaïque/kg de chair • 160 µg d'équ. Azaspiracides/kg de chair • 3750 µg d'équ. Yessotoxines/kg de chair	800 µg d'équ. saxitoxine/kg de chair	20 mg d'acide domoïque/kg de chair

<sup>9</sup> Règlement (CE) N°853/2004 du parlement européen et du conseil du 29 avril 2004 fixant des règles spécifiques d'hygiène applicables aux denrées alimentaires d'origine animale Journal officiel de l'Union européenne L226/61  
 Règlement (UE) N°786/2013 de la commission du 16 août 2013 modifiant l'annexe III du règlement (CE) N°853/2004 du Parlement Européen et du Conseil en ce qui concerne les limites autorisées de yessotoxines dans les mollusques bivalves vivants.

## 5.3 Analyse des données historiques du REPHY

### 5.3.1. Variabilité spatio-temporelle des blooms de phytoplanctons toxiques

#### 5.3.1.1. Espèce du genre *Dinophysis* (lipophiles)

Le seuil d'alerte REPHY sanitaire est « dès présence ». Des cellules de *Dinophysis* sont présentes tout au long de l'année dans la lagune. Ceci explique qu'il y ait eu de nombreuses alertes réparties toute l'année pour les trois points de suivi sur la période 1998 à 2017 (Figure 26).

*Dinophysis* est plus fréquemment observé d'avril à décembre au point « Thau – Crique de l'Angle et « Bouzigues (a) ». Depuis 2008, les efflorescences à *Dinophysis* sont plus fréquentes au point Marseillan (a) qu'auparavant.

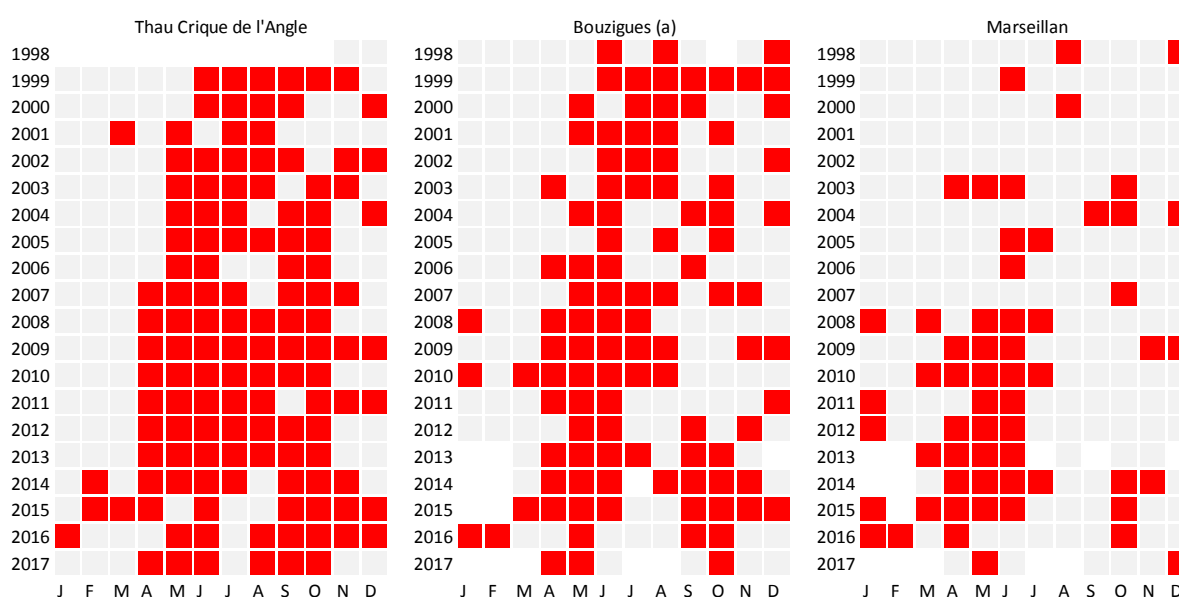


Figure 26 : Observation des espèces du genre *Dinophysis* aux points REPHY de la zone n°34.39 de 1998 à 2016 (en rouge, au moins une observation dans le mois avec un nombre de cellules par litre d'eau supérieur au seuil ; en bleu clair, pas de cellule observée)

#### 5.3.1.2. Espèce du genre *Pseudo-Nitzschia* (ASP)

Des cellules du genre *Pseudo-Nitzschia* sont observées dans l'eau toute l'année aux trois points de suivi (Figure 27). Les dépassements du seuil d'alerte REPHY sanitaire sont plus rares au point « Marseillan (a) » qu'aux deux autres points. Les blooms sont plus fréquents aux mois de mai et juin.

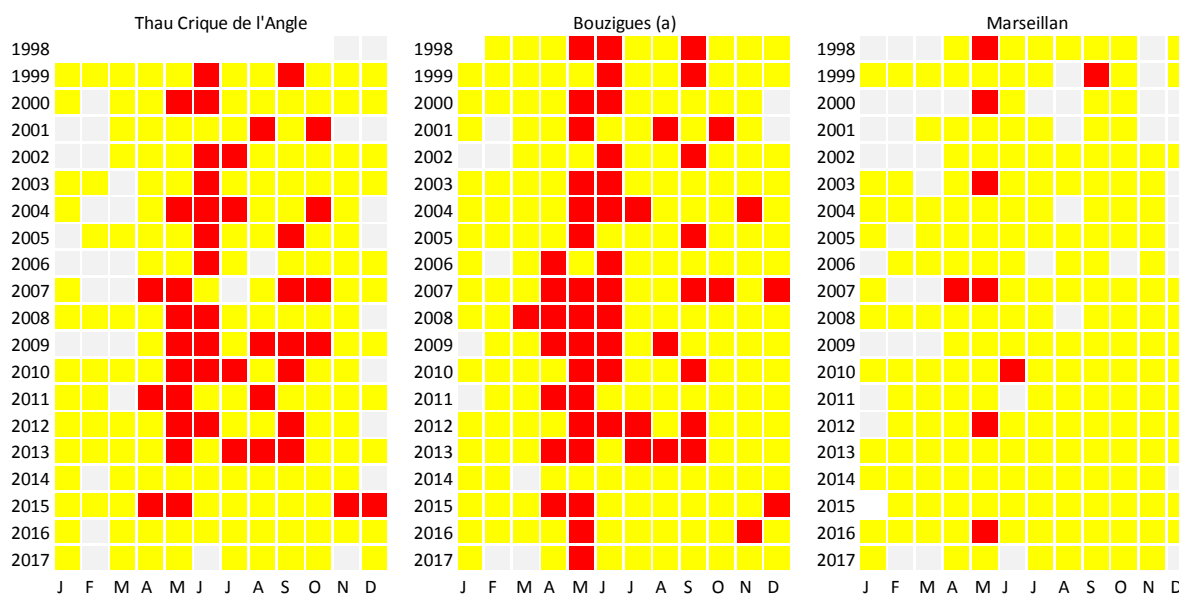


Figure 27 : Observation des espèces du genre *Pseudo-Nitzschia* aux points REPHY de la zone n°34.39 de 1998 à 2016 (en rouge, au moins une observation dans le mois avec un nombre de cellules par litre d'eau supérieur au seuil ; en jaune, cellules observées mais nombre inférieur au seuil ; en bleu clair, pas de cellule)

### 5.3.1.3. Espèce du genre *Alexandrium* (PSP)

Considérant l'ensemble des observations de la période, des cellules du dinoflagellé *Alexandrium* peuvent être présentes dans l'eau tout au long de l'année. Dans la figure 28, la concentration en cellule par litre d'eau de mer est représentée en jaune si la concentration est inférieure au seuil d'alerte et en rouge lorsque cette concentration dépasse le seuil d'alerte REPHY sanitaire (1000 cell L<sup>-1</sup>).

De 1998 à 2017, vingt-quatre épisodes d'efflorescences à *Alexandrium* (concentrations aux points Bouzigues ou Marseillan supérieures au seuil d'alerte REPHY sanitaire ont été observés : Treize au printemps/été et onze en automne/hiver (Annexe 6).

Un gradient décroissant de la durée et de la fréquence des épisodes d'efflorescence est observé entre les points « Crique de l'Angle », « Bouzigues(a) » et « Marseillan (a) ». Ces résultats sont cohérents avec l'hypothèse de départ des blooms d'*Alexandrium* dans la Crique de l'Angle.

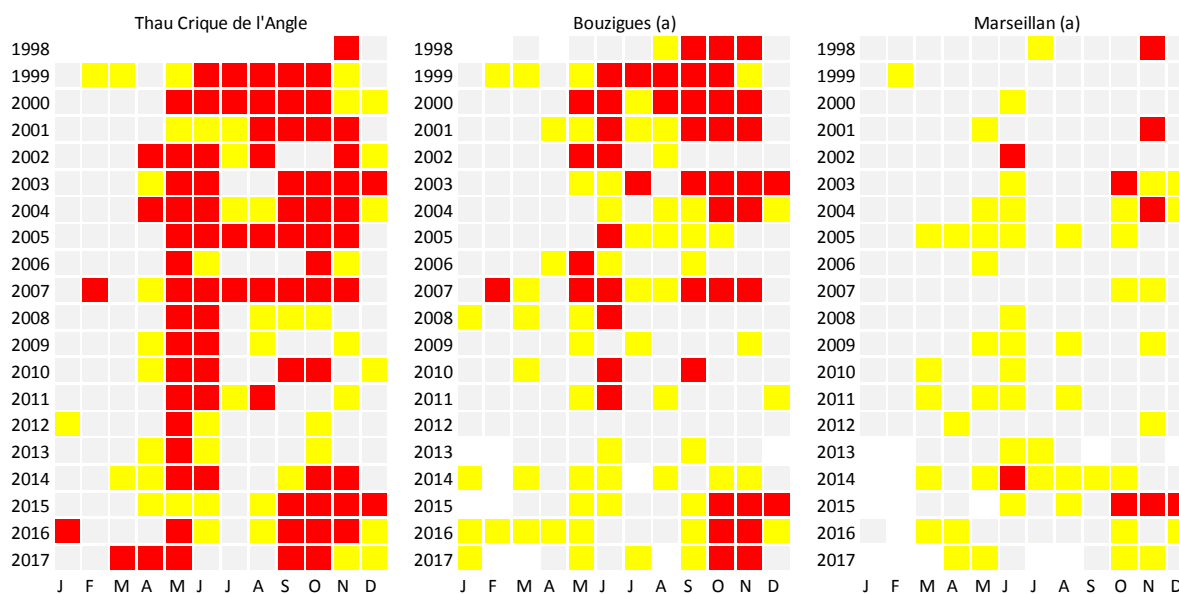


Figure 28 : Observation des espèces du genre *Alexandrium* aux points REPHY de la zone n°34.39 de 1998 à 2016 (en rouge, au moins une observation dans le mois avec un nombre de cellules par litre d'eau supérieur au seuil ; en jaune, cellules observées mais nombre inférieur au seuil ; en bleu clair, pas de cellule)

Les dépassements du seuil d’alerte REPHY sanitaire ont lieu principalement au cours des mois de mai à juin et des mois de septembre à décembre aux points « Bouzigues (a) » et « Thau – Crique de l’Angle ». Au point « Marseillan (a) » les dépassements sont plus fréquemment observés au cours des mois d’octobre à décembre (Figure 28).

Sur les vingt-six épisodes de dépassement du seuil d’alerte REPHY sanitaire, six concernent les trois points de surveillance, dix-sept concernent uniquement les points « Thau – Crique de l’Angle » et « Bouzigues (a) » et un concerne uniquement les points « Thau – Crique de l’Angle » et « Marseillan (a) ».

### 5.3.2. Variabilité spatio-temporelle des dépassements de seuils sanitaires

#### 5.3.2.1. Toxines lipophiles (incluant les toxines diarrhéiques DSP)

Des teneurs en toxines lipophiles (supérieures à la limite de détection) ont été mesurées dans les coquillages des points « Bouzigues (a) » et « Marseillan (a) » de 2010 à 2016 (Figure 29). Deux dépassements du seuil sanitaire ont été mesurés dans les moules du point « Bouzigues (a) » en juin 2014 (210  $\mu\text{g}$  d’équivalent acide okadaïque  $\text{kg}^{-1}$  de chair le 17/06/2014 et 239 le 23/06/2014). Pour la même période, une efflorescence à *Dinophysis* impactait également le point « Marseillan (a) » avec 1700 cellules  $\text{L}^{-1}$  d’eau (10/06/2014) et la teneur en toxines lipophiles mesurés dans des moules le 23/06/2014 est restée inférieure au seuil sanitaire (111  $\mu\text{g}$  d’équivalent acide okadaïque  $\text{kg}^{-1}$  de chair).

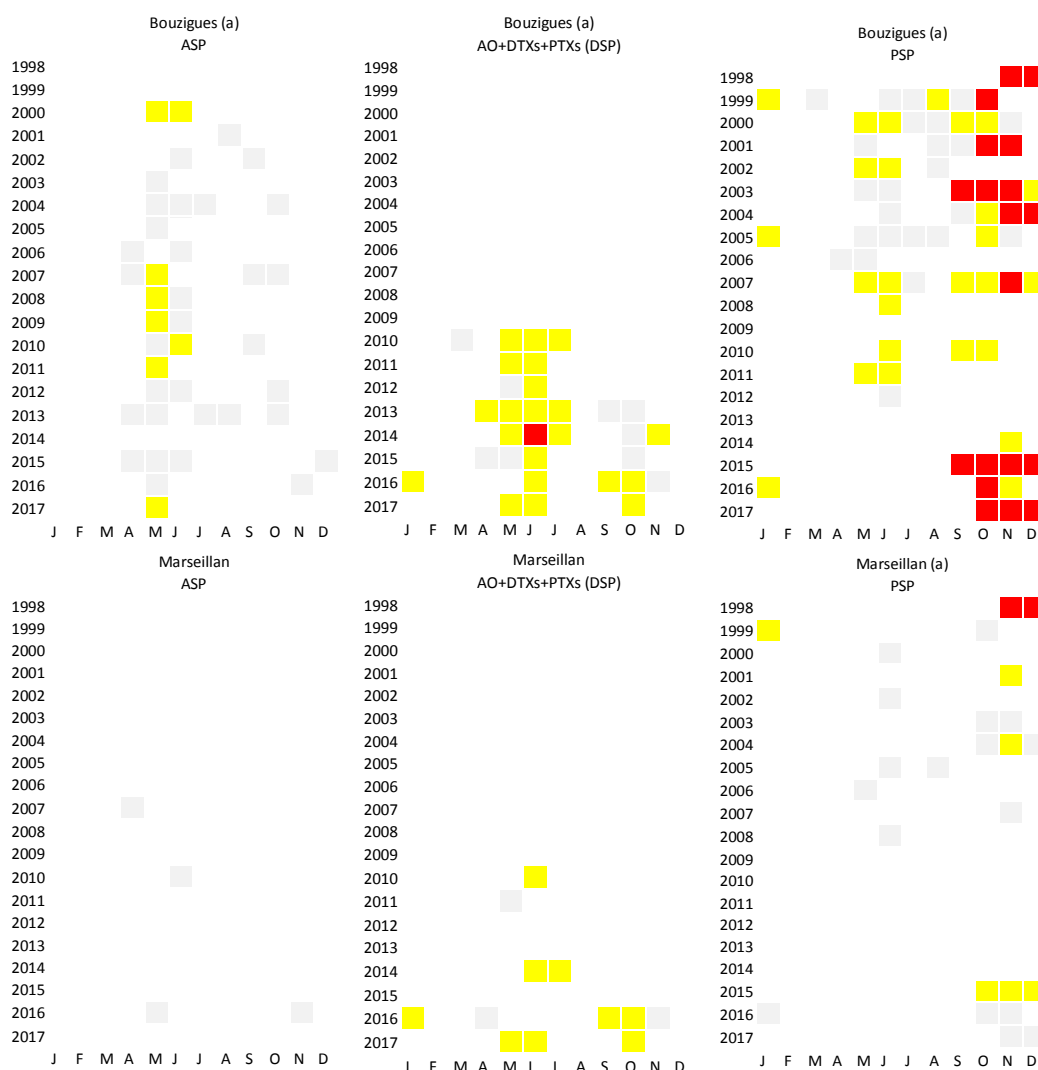


Figure 29 : Résultats des suivis REPHYTOX aux points de la zone n°34.39 de 1998 à 2016 (en rouge, au moins une observation dans le mois avec une concentration en toxine dans les coquillages supérieure au seuil ; en jaune, une concentration non nulle mais inférieure au seuil est mesurée dans les coquillages ; en bleu clair, concentration inférieure au seuil de détection ; pour les toxines DSP avant 2010 du fait du bio-essai il n’était pas possible de détecter une teneur en toxine inférieure au seuil de toxicité d’où l’absence de couleur, à partir de 2010 et de la mise en place du dosage chimique il est possible de mettre en évidence une teneur comprise en la limite de détection et le seuil de toxicité donc case jaune).

### 5.3.2.2. Toxines amnésiantes (ASP)

Bien que le genre *Pseudo-Nitzschia* soit présent une grande partie de l'année au-dessus du seuil de déclenchement d'alerte REPHY, aucun dépassement du seuil sanitaire en toxine ASP n'a été mesuré dans les coquillages des points « Marseillan (a) » et Bouzigues (a) depuis 1998.

### 5.3.2.3. Toxines paralysantes (PSP)

Des teneurs en toxines paralysantes (supérieures à la limite de détection) ont été mesurées dans les coquillages des points « Bouzigues (a) » et « Marseillan (a) » de 1998 à 2017 (Figure 29).

Sur les onze épisodes d'efflorescences à *Alexandrium* survenus en fin d'année (cf. § 5.3.1.3.), neuf ont provoqué un dépassement du seuil sanitaire en toxines PSP dans les coquillages. Les quatorze épisodes qui ont eu lieu au printemps/été n'ont jamais engendré de dépassement du seuil sanitaire en toxines dans les coquillages. Sur les neuf épisodes de dépassement du seuil sanitaire en toxines PSP dans les coquillages, un seul, en fin d'année 1998, concerne les deux points de surveillance et 8 concernent uniquement le point « Bouzigues (a) » (Annexe 6).

## 5.4 Conclusions et propositions pour la stratégie de surveillance du risque phycotoxinique

La zone 34-39 est impactée par les trois risques majeurs présents en métropole ; c'est-à-dire ASP et *Pseudo-Nitzschia*, lipophiles (dont les DSP) et *Dinophysis* ainsi que PSP et *Alexandrium*.

Bien que la présence de *Dinophysis* et *Pseudo-Nitzschia* soit régulière dans la lagune, les dépassements des seuils sanitaires en toxines dans les coquillages de la zone n°34.39 concernent quasi exclusivement<sup>10</sup> les toxines paralysantes (PSP) liées aux blooms récurrents de phytoplanctons du genre *Alexandrium*.

Les résultats des suivis REPHY, REPHYTOX montrent que le développement des espèces du genre *Alexandrium* est hétérogène dans la lagune de Thau. L'hétérogénéité est moins marquée pour les deux autres genres de phytoplanctons toxiques *Dinophysis* et *Pseudo-Nitzschia*.

Du fait de la proximité de la Crique de l'Angle, zone de départ connue des blooms d'*Alexandrium*, le point Bouzigues (a) est plus précocement, plus fréquemment et plus massivement impacté par les blooms que le point Marseillan (a). Cependant, quelles que soient les conditions de vent, les cellules d'*Alexandrium* sont régulièrement observées sur les 2 points de suivi REPHY sanitaire du Grand Etang, en moyenne deux semaines après l'émergence d'un bloom dans la Crique de l'Angle.

La prévention du risque sanitaire lié aux phycotoxines implique de pouvoir anticiper ou détecter le plus précocement possible les blooms de phytoplanctons toxiques dans le milieu de production. Malgré une hétérogénéité spatiale et temporelle des abondances de phytoplancton des genres *Alexandrium*, *Dinophysis* et *Pseudo-Nitzschia*, des cellules sont potentiellement présentes dans l'eau toute l'année et sur l'ensemble des points de suivis dans les zones de production.

Concernant les blooms d'*Alexandrium*, l'étude de modélisation (Fiandrino and Jouan, 2004) souligne en outre la difficulté d'anticiper leur dissémination dans la lagune du fait de la forte variabilité des vents et de la modification rapide des cellules de circulation engendrées par ces vents. Ces résultats montrent qu'il n'existe pas de frontière physique ou hydrodynamique dans le Grand Etang et que de ce fait, à l'échelle d'une quinzaine de jours, les cellules de phytoplancton sont susceptibles d'être disséminées sur l'ensemble du Grand Etang ; ce qui est cohérent avec les observations du REPHY sanitaire.

Du fait des techniques d'analyses et du délai entre deux séries (une semaine selon le protocole REPHYTOX), il est difficile d'évaluer l'expansion d'un phénomène toxique, d'autant que la croissance et la dissémination des cellules toxiques ou potentiellement toxiques peuvent être rapides.

Par ailleurs il est important de rappeler que dans le cas des toxines ASP et PSP, nous sommes en présence de contaminants très dangereux pouvant être mortels pour les consommateurs humains.

Ainsi, en l'état actuel de nos connaissances, nous estimons que la stratégie de surveillance globale du risque phycotoxinique de la zone n°34.39, basée sur le suivi de trois stations, une dans la Crique de l'Angle et deux dans

<sup>10</sup> Exception faite d'un épisode de dépassement du seuil réglementaire en toxines lipophiles en juin 2014

les zones de production, est adaptée à l'évaluation d'un tel risque et est la mieux à même de garantir une sécurité sanitaire pour les consommateurs.

Pour rappel, depuis janvier 2018, une concentration en cellules de phytoplancton toxique supérieure aux seuils d'alerte REPHY sanitaire pour un des deux points situés dans les zones de production déclenche une alerte REPHYTOX, impliquant des suivis hebdomadaires du phytoplancton toxique dans l'eau sur les trois stations et des toxines dans les coquillages des deux stations « Bouzigues (a) et Marseillan (a) ». Le point « Thau -Crique de l'Angle » reste un point de vigilance permettant d'évaluer le démarrage et l'intensité du bloom.

L'analyse des résultats des trois points de suivi permet une évaluation plus efficace du risque phycotoxinique dans la zone de production 34.39 dans la mesure où la combinaison de ces trois permet de suivre le démarrage du bloom d'*Alexandrium* dans la Crique de l'Angle puis sa progression dans le temps et dans l'espace, entre le premier et le dernier secteur touché.

Néanmoins, du fait de l'impossibilité d'anticiper l'évolution des efflorescences de phytoplancton toxique (multiplication, dissémination, broutage...), de l'absence de « barrières » physique ou hydrologique et compte tenu de la nature du risque vis-à-vis de la santé humaine notamment pour les neurotoxines ASP et PSP, il n'est pas envisageable en l'état actuel de nos connaissances de mettre en place un suivi différencié sur plusieurs zones du Grand Etang.

Dans l'hypothèse d'une stratégie d'augmentation du nombre de points pour améliorer l'évaluation du risque, celle-ci devra être analysée sur plusieurs années et pour plusieurs situations de bloom afin de permettre d'arrêter une stratégie efficace garantissant une sécurité sanitaire pour les consommateurs.

## 6. Bibliographie – Documents de référence

### Textes réglementaires

Règlement (CE) n° 854/2004 du Parlement Européen et du Conseil du 29 avril 2004 fixant les règles spécifiques d'organisation des contrôles officiels concernant les produits d'origine animale destinés à la consommation humaine.

Règlement (CE) n° 2073/2005 de la Commission du 15 novembre 2005 concernant les critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires.

Règlement (CE) n° 1881/2006 du 19 décembre 2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires.

Arrêté interministériel du 21 mai 1999 relatif au classement de salubrité et à la surveillance des zones de production et des zones de reparcage des coquillages vivants.

### Sites internet

Agence de l'eau Adour-Garonne - <http://www.eau-adour-garonne.fr/article.asp?id=1477>

BRGM- site infoterre - <http://www.brgm.fr/>

Google Earth

IFEN - <http://www.ifen.fr/>

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

Météo France - <http://france.meteofrance.com/>

Natura 2000 - <http://natura2000.environnement.gouv.fr/>

ONCFS - <http://www.oncfs.gouv.fr/>

Qualité des eaux de baignades - <http://baignades.sante.gouv.fr/homeMap.do>

### Publications et rapports techniques

Burtchaell, O. (2000). *Les variations du niveau de l'étang de Thau- Etude des phénomènes de surcôtes-décôtes au sein d'un milieu lagunaire méditerranéen. Mémoire de maîtrise en Géographie.* Université Paris1.

Cesmat, L., Fiandrino, A., Derolez, V., Serais, O., Jeanne, N., Lemarchand, O., & Laugier, T. (2010). *OMEGA Thau. Phase 1 – Etape 3. Calibration et validation du modèle hydrodynamique MARS 3D couplé au modèle d'entérobactéries sur la lagune de Thau.* Retrieved from Rapport final. RST/DOP/ LERLR/10.005.

Couton, P., Marty, D., Lequette, C., Serais, O., Derolez, V., Lescoulier, C., ... Brocard, G. (2007). *Inventaire et hiérarchisation des sources de pollution microbiologique du bassin de Thau - OMEGA Thau étape 1.*

Crottier, A., Abadie, E., Brun, M., Piquet, J.-C., & Fiandrino, A. (2018). *Evaluation de la qualité des zones de production conchylicole. Départements des Pyrénées Orientales, de l'Aude, de l'Hérault et du Gard. Edition 2018.* <https://doi.org/http://archimer.ifremer.fr/doc/00445/55635/>

Derolez, V., Serais, O., Caprais, M.-P., Le Saux, J.-C., & Messiaen, G. (2009). Investigating an avian source of shellfish faecal contamination in the Thau lagoon (the Mediterranean, France). *7th International Conference on Molluscan Shellfish Safety*, (June), 14–19.

Derolez, V., Soudant, D., Fiandrino, A., Cesmat, L., & Serais, O. (2013). Impact of weather conditions on *Escherichia coli* accumulation in oysters of the Thau lagoon (the Mediterranean, France). *Journal of Applied Microbiology*, 114(1), 516–525. <https://doi.org/10.1111/jam.12040>

Dobbin, G., & et al. (2005). Bacterial flora of free-living double-crested cormoran (*Phalacrocorax auritus*) chicks on Prince Edward Island, Canada, with reference to enteric bacteria and antibiotic resistance. *Comparative Immunology Microbiology and Infectious Diseases*, 28(1), 71–82.

Duarte, E. L., Guerra, M. M., & Bernardo, F. M. (2002). Salmonella and Listeria spp. carriage by gulls (larids). *Resista Portuguesa de Ciencias Veterinarias*, 97, 181–187.

Fiandrino, A., Giraud, A., Robin, S., & Pinatel, C. (2012). *Validation d'une méthode d'estimation des volumes d'eau échangés entre la mer et les lagunes et définition d'indicateurs hydrodynamiques associés.* Agence de l'eau. <https://doi.org/http://archimer.ifremer.fr/doc/00274/38544/>



- Fiandrino, A., & Jouan, M. (2004). Etude de l'hétérogénéité spatio-temporelle de la masse d'eau lagunaire de l'étang de Thau sous contraintes de contaminations bactériologiques ou de phytoplancton toxique (*Alexandrium* sp.). *Rapport Relatif Au Contrat Ifremer n°04/3210436*.
- Fiandrino, A., Ouisse, V., Dumas, F., Lagarde, F., Pete, R., Malet, N., ... de Wit, R. (2017). Spatial patterns in coastal lagoons related to the hydrodynamics of seawater intrusion. *Marine Pollution Bulletin*, 119(1), 132–144. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.03.006>
- Gervasoni, E., & Giffon, C. (2016). *La conchyliculture en Occitanie : Résultats d'une enquête menée auprès de 135 entreprises conchylicoles*.
- Grodzki, M., Ollivier, J., Le Saux, J.-C., Piquet, J.-C., Noyer, M., & Le Guyader, S. (2012). Impact of *Xynthia* Tempest on Viral Contamination of Shellfish. *Applied And Environmental Microbiology*, 78(9), 3508–3511.
- Guillou, T. (2016). *Cartographie du champ médian de contaminants chimiques à l'aide d'un modèle hydrodynamique. Application aux contaminants organiques hydrophiles sur la lagune de Thau*.
- La Jeunesse, I. (2001). *Etude intégrée dynamique du phosphore dans le système bassin versant – Lagune de Thau (Mer méditerranée, Hérault)*. Université d'Orléans.
- Lagarde, F., Fiandrino, A., Guyonnet, T., Bernard, I., Ubertini, M., Bonnet, D., ... Lett, C. (2018). Duality of trophic supply and hydrodynamic connectivity drives spatial patterns of Pacific oyster recruitment. *Marine Ecology Progress Series*, soumis.
- Lagarde, F., Fiandrino, A., Richard, M., Bernard, I., Mortreux, S., Chiantella, C., ... Pouvreau, S. (2015). *Déterminisme du recrutement larvaire de l'huître creuse (Crassostrea gigas) dans la lagune de Thau*. <https://doi.org/http://archimer.ifremer.fr/doc/00279/39054/>.
- Lazure, P. (1992). Etude de la dynamique de l'étang de Thau par un modèle numérique tridimensionnel. *Vie et Milieu*, 42, 137–145.
- Levesque, B., & Al., E. (2000). Study of the bacterial content of ring-billed gull dropping in relation to recreational water quality. *Water Research*, 34(4), 1089–1096.
- Palmgren, H., & et al. (2006). Salmonella in Black-headed gulls (*Larus ridibundus*); prevalence, genotypes and influence on Salmonella epidemiology. *Epidemiology and Infection*, 134(3), 635–644.
- Petton, B., Bruto, M., James, A., Labreuche, Y., Alumno-Bruscia, M., & Le Roux, F. (2015). *Crassostrea gigas* mortality in France: the usual suspect, a herpes virus, may not be the killer in this polymicrobial opportunistic disease. *Frontiers In Microbiology*, 6. <https://doi.org/http://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00686>
- Plus, M. (2001). *Étude et modélisation des populations de macrophytes dans la lagune de Thau (Hérault, France)*. Paris 6. <https://doi.org/http://archimer.ifremer.fr/doc/00000/6518/>
- Plus, M., Maurer, D., Stanisière, J.-Y., & Dumas, F. (2006). *Caractérisation des composantes hydrodynamiques d'une lagune mésotidale, le Bassin d'Arcachon*. <https://doi.org/http://archimer.ifremer.fr/doc/00000/2352/>
- SMBT. (2011). *Document d'Objectifs des sites Natura 2000 de Thau. Tome 1. DREAL Languedoc-Roussillon, Syndicat mixte du bassin de Thau, Sète*.
- SMBT. (2015). *SAGE des bassins versants des lagunes de THAU et d'INGRIL : Plan d'Aménagement et de Gestion Durable*.
- SMBT. (2016). *Mise à jour du plan de réduction des pollutions microbiologiques sur la lagune de Thau : Synthèse des résultats*.
- SMBT, Eau, Brl.-E., & Ifremer. (2010). *Projet OMEGA Thau (Outil de Management Environnemental et de Gestion de l'Avertissement des pollutions microbiologiques du Bassin de Thau). Rapport de synthèse - Etape 3 : Etablissement du modèle « bassin versant »*.
- Vidal-Giraud, B. (1986). La conchyliculture en mer ouverte en région Languedoc Roussillon: enfin le développement ? *Aqua Revue*, n°5 - Février Mars.

## 7. Annexes

### Annexe 1 : Liste des oiseaux d'intérêt communautaire présents dans la zone Natura 2000 «Thau»

Nom commun	Nom scientifique	Statut	Protection
Lusciniolle à moustache	<i>Acrocephalus melanopogon</i>	résidence	Annexe I Directive 79/409/CEE
Pipit rousseline	<i>Anthus campestris</i>	reproduction	Annexe I Directive 79/409/CEE
Héron garde-boeufs	<i>Bubulcus ibis</i>	reproduction	Listes rouges mondiale de l'UICN
Gravelot à collier interrompu	<i>Charadrius alexandrinus</i>	reproduction	Annexe I Directive 79/409/CEE
Rollier d'Europe	<i>Coracias garrulus</i>	reproduction	Annexe I Directive 79/409/CEE
Aigrette garzette	<i>Egretta garzetta</i>	résidence	Annexe I Directive 79/409/CEE
Plongeon arctique	<i>Gavia arctica</i>	hivernage	Annexe I Directive 79/409/CEE
Echasse blanche	<i>Himantopus himantopus</i>	reproduction	Annexe I Directive 79/409/CEE
Blongios nain	<i>Ixobrychus minutus</i>	reproduction	Annexe I Directive 79/409/CEE
Mouette mélanocéphale	<i>Larus melanocephalus</i>	repro/hivernage	Annexe I Directive 79/409/CEE
Mouette rieuse	<i>Larus ridibundus</i>	reproduction	Listes rouges mondiale de l'UICN
Milan noir	<i>Milvus migrans</i>	reproduction	Annexe I Directive 79/409/CEE
Flamant rose	<i>Phoenicopterus ruber</i>	hivernage	Annexe I Directive 79/409/CEE
Grèbe à cou noir	<i>Podiceps nigricollis</i>	hivernage	Liste rouge nationale de l'UICN
Avocette élégante	<i>Recurvirostra avosetta</i>	résidence	Annexe I Directive 79/409/CEE
Sterne naine	<i>Sterna albifrons</i>	reproduction	Annexe I Directive 79/409/CEE
Sterne pierregarin	<i>Sterna hirundo</i>	reproduction	Annexe I Directive 79/409/CEE
Sterne caugek	<i>Sterna sandvicensis</i>	reproduction	Annexe I Directive 79/409/CEE

## Annexe 2 : Résultats du suivi mensuel des contaminations fécales de l'eau de la lagune de Thau de 2002 à 2017 (DREAL-LR). Concentration en *E.coli*/100ml d'eau moyenne annuelle (minimum-maximum)

Année	P1 Villeroy	P10 Pallas	P14 Bouzigues	P15 Vène	P18 3ème épi	P20 Suttel	P5 Marseillan	P6 Fontanilles	P7 Soupié	P8 Mèze
2002	629 (38-6000)	562 (38-4100)	1084 (38-8800)	650 (78-1700)	442083 (2100-4600000)	3488 (38-34000)	1815 (38-17000)	8442 (120-89000)	1532 (100-5500)	2821 (38-21000)
2003	1550 (15-14000)	816 (38-3800)	3349 (56-20000)	2378 (210-17000)	84766 (210-760000)	3613 (15-37000)	631 (78-2500)	9256 (38-51000)	4932 (56-38000)	541 (56-2700)
2004	4782 (30-29000)	5962 (30-62000)	1148 (15-4200)	669 (58-2700)	19105 (560-130000)	1745 (30-16000)	676281 (38-8100000)	1575 (120-7000)	4158 (38-34000)	496 (46-2000)
2005	263 (38-930)	6551 (56-64000)	1345 (38-11000)	1351 (160-6700)	15424 (120-63000)	312 (38-2500)	1764 (38-15000)	134699 (56-1300000)	879 (38-2600)	503 (56-1400)
2006	1189 (38-13000)	29711 (38-410000)	761 (38-3800)	1023 (38-9200)	24554 (38-230000)	3195 (38-39000)	2864 (38-21000)	56707 (38-700000)	3485 (38-33000)	16950 (38-230000)
2007	207 (15-1000)	14680 (15-180000)	374 (15-1400)	3188 (160-26000)	34098 (250-290000)	249 (38-980)	22859 (38-290000)	30121 (38-290000)	1246 (38-6900)	2000 (38-9800)
2008	598 (38-2600)	3782 (38-31000)	415 (38-1600)	1510 (38-7500)	7824 (38-33000)	6536 (38-74000)	2338 (38-11000)	8218 (38-58000)	18172 (120-120000)	1259 (120-4600)
2009	805 (38-5300)	3110 (38-18000)	1143 (38-6400)	2121 (38-16000)	6871 (38-46000)	1026 (38-4000)	7349 (120-56000)	4095 (38-28000)	4741 (77-43000)	1804 (78-12000)
2010	506 (38-2400)	2073 (38-6200)	1366 (38-5200)	4741 (120-38000)	2828 (38-31000)	860 (38-4600)	3682 (38-19000)	7804 (38-82000)	2708 (340-12000)	2982 (38-25000)
2011	221 (15-950)	1781 (38-12300)	389 (15-1500)	17616 (38-186000)	7664 (38-59000)	611 (15-3200)	2109 (77-14000)	68886 (38-880000)	1628 (78-4000)	1595 (15-12000)
2012	49 (15-250)	88 (15-689)	290 (15-1800)	1284 (195-9040)	22218 (15-260000)	276 (15-1440)	1550 (15-8330)	532 (15-2170)	3867 (56-28100)	564 (15-4180)
2013	35 (15-179)	2071 (15-23700)	2325 (15-23671)	553 (15-1880)	2833 (15-27726)	126 (15-981)	901 (15-6120)	569 (15-6119)	1922 (30-9230)	466 (15-5035)
2014	505 (15-3042)	318 (15-3652)	3334 (15-34659)	526 (30-3212)	3618 (15-34659)	607 (15-4828)	1393 (46-9826)	788 (15-5352)	4603 (93-37620)	126 (15-621)
2015	240 (15-2312)	65 (15-270)	108 (15-606)	277 (15-1074)	639 (15-5306)	2924 (15-34659)	2415 (15-16740)	2107 (15-20795)	501 (61-1317)	90 (15-234)
2016	304 (15-3176)	118 (15-696)	184 (15-1376)	1051 (93-5918)	3559 (15-27726)	756 (15-4104)	447 (15-2956)	246 (15-1120)	198 (126-312)	114 (15-433)
2017	58 (15-190)	46 (15-94)	54 (15-250)	284 (15-650)	637 (15-2500)	51 (15-130)	548 (15-2000)	397 (15-1327)	405 (15-2300)	134 (15-640)

### Annexe 3 : Estimations des apports en *E.coli* par exutoire par type de pluie (d'après SMBT, 2016)

Le tableau ci-dessous présente les estimations des quantités d'*E.coli* apportées à la lagune au cours d'un événement pluvieux (SMBT, 2016). Les niveaux de pluie journalière ont été catégorisés en fonction de leur probabilité. Une pluie « de retour » fait référence à la probabilité qu'une telle précipitation se produise sur la lagune de Thau. Par exemple, une pluie de retour 12 mois correspond à 45mm/jour pour la lagune de Thau et se produit en moyenne une fois par an. Pour chaque exutoire et chaque type de pluie, les apports en *E.coli* estimés sont comparés au flux admissible défini par le SAGE (en gras quand trop importants). Les exutoires sont classés en fonction de l'importance des pollutions fécales apportées à la lagune.

Exutoires	Rang des apports estimés	Estimation des flux microbiologiques apportés pour différents cumuls de pluie ( $10^9$ <i>E.coli</i> )							Flux Admissible du SAGE par temps de pluie ( $10^9$ <i>E.coli</i> )
		1 mois (15mm/j)	3 mois (24mm/j)	6 mois (30mm/j)	1 an (45mm/j)	18 mois (62mm/j)	2 ans (79mm/j)	5 ans (107mm/j)	
Grau de Pisse Saumes	22	122	282	459	1 030	1 300	1 710	2 390	31 600
Canal du midi	24	142	310	467	726	928	1 040	1 580	10 000
<b>Port de Marseillan</b>	3	945	14 300	29 200	<b>60 700</b>	<b>84 000</b>	<b>98 300</b>	<b>171 000</b>	31 600
<b>Fontanilles</b>	7	<b>10 700</b>	<b>22 000</b>	<b>26 000</b>	<b>22 200</b>	<b>22 600</b>	<b>21 100</b>	<b>26 100</b>	3 160
<b>Soupié</b>	12	449	<b>4 720</b>	<b>6 620</b>	<b>7 170</b>	<b>7 140</b>	<b>6 970</b>	<b>7 130</b>	3 160
Mayroual	25	45	124	358	496	557	575	668	3 160
Nègue-Vaques	21	218	606	1 530	2 040	2 270	2 330	2 650	3 160
Aygue-Vaques	16	67	273	715	1 810	2 950	4 120	8 950	10 000
Port de Mèze	11	303	711	1 250	2 040	6 120	8 480	22 900	31 600
<b>Sesquier</b>	14	126	290	663	3 120	<b>4 880</b>	<b>6 050</b>	<b>11 200</b>	3 160
<b>Pallas</b>	8	189	2 370	<b>5 460</b>	<b>11 900</b>	<b>17 400</b>	<b>19 800</b>	<b>29 400</b>	3 160
<b>Bourbou</b>	20	140	351	658	<b>1 330</b>	<b>1 840</b>	<b>2 420</b>	<b>5 130</b>	1 000
<b>Joncas</b>	15	172	391	733	<b>2 180</b>	<b>3 560</b>	<b>4 570</b>	<b>8 880</b>	1 000
<b>Moulières</b>	5	899	9 010	<b>18 400</b>	<b>29 000</b>	<b>35 500</b>	<b>37 300</b>	<b>44 900</b>	10 000
<b>Vène</b>	9	1 670	4 290	8 350	<b>12 500</b>	<b>14 700</b>	<b>15 900</b>	<b>24 800</b>	10 000
Pointe de Balaruc	23	53	213	533	840	1 130	1 260	2 030	10 000
<b>Plage de Balaruc</b>	6	198	453	7 440	<b>17 100</b>	<b>23 100</b>	<b>25 300</b>	<b>38 600</b>	10 000
Base nautique	18	266	614	936	1 460	2 670	3 390	5 930	31 600
Port de Suttel	17	167	685	1 580	2 720	3 580	3 960	6 760	100 000
<b>Serpentin</b>	2	7	16	78 500	186 000	229 000	259 000	369 000	*
Mas de Klé (pluvial)	26	2	4	7	91	206	270	580	316 000
Canal du Rhône à Sète	10	3	989	3 350	5 720	7 190	11 700	42 500	316 000
Parc aquatechnique	28	2	6	10	78	167	216	457	316 000
<b>Canal royal</b>	1	245 000	<b>616 000</b>	<b>921 000</b>	<b>1190 000</b>	<b>1310 000</b>	<b>1 360 000</b>	<b>1 480 000</b>	316 000
Anse plagette	19	410	856	1 270	2 030	2 670	2 990	4 390	*
Anse du Barrou	13	185	384	2 240	4 630	6 200	6 780	<b>10 100</b>	10 000
Pointe du Barrou	27	27	65	104	172	230	263	415	10 000
Lycée de la mer Sète	29	7	15	23	36	47	53	82	10 000
<b>Ile de Thau</b>	4	625	<b>12 400</b>	<b>25 800</b>	<b>42 200</b>	<b>53 100</b>	<b>58 000</b>	<b>84 500</b>	10 000

## Annexe 4 : Contaminants chimiques mesurés

### **Cadmium (Cd)**

Le cadmium est un élément relativement rare et n'existe pas naturellement à l'état natif. Il est présent dans la croûte terrestre à des concentrations d'environ 1 à 2 ppm, où il est souvent associé au zinc et au plomb. Il est obtenu comme sous-produit de raffinage du plomb, du zinc et du cuivre. Le cadmium retrouvé dans l'eau est issu de l'érosion des sols, d'activités anthropiques ou encore du lessivage de décharges industrielles.

Ses principales utilisations sont la fabrication des accumulateurs électriques, la production de pigments colorés destinés aux matières plastiques, aux peintures, à la photographie et aux traitements de surface (cadmiage). A noter que les pigments cadmiés sont désormais interdits dans les plastiques alimentaires. Le renforcement des réglementations de l'usage du cadmium et l'arrêt de certaines activités notoirement polluantes se sont traduits par une baisse générale des niveaux de présence observés.

### **Mercure (Hg)**

Le mercure élémentaire est un métal liquide à température ambiante. Il intervient au cours de plusieurs types de procédés industriels (peintures, batteries, industries chimiques, etc) et on le retrouve aussi dans les amalgames dentaires ainsi qu'en faible quantité dans les ampoules à économie d'énergie. La principale source "naturelle" dans l'environnement provient du dégazage de l'écorce terrestre. Les rejets anthropogéniques sont principalement dus à l'exploitation des minerais (mines d'or, de plomb, de zinc), à la combustion des produits fossiles (charbon - fioul), aux rejets industriels (industrie du chlore et de la soude...) et à l'incinération de déchets.

Du fait de sa très forte toxicité, il est soumis à de nombreuses réglementations d'utilisation et de rejet.

### **Plomb (Pb)**

Le plomb est un élément naturel, présent dans la croûte terrestre et dans tous les compartiments de la biosphère, rarement sous forme libre. Il est principalement utilisé dans les batteries automobiles, mais également dans les pigments, les munitions, les alliages, l'enrobage de câbles, la protection contre les rayonnements (feuille de plomb), la soudure... et anciennement comme additif dans les carburants et les peintures.

Les rejets atmosphériques sont principalement anthropiques, ils proviennent d'abord des industries d'extraction, de première et deuxième fusion du plomb.

Les composés du plomb sont généralement classés reprotoxiques, nocifs par inhalation et dangereux pour l'environnement (Règlement CE n° 1272/2008).

### **Zinc (Zn)**

Le zinc est présent dans l'écorce terrestre principalement sous forme de sulfure (blende). Le zinc provient également des minerais de plomb dans lesquels il est toujours associé au cadmium.

Le zinc a des usages voisins de ceux du cadmium (protection des métaux contre la corrosion - galvanisation) et entre dans la composition de divers alliages (laiton, bronze ...) utilisés dans la construction. Il est utilisé également comme intermédiaire de fabrication ou réactif en chimie et dans l'industrie pharmaceutique. Il est peu toxique pour l'homme mais peut perturber la croissance des larves d'huîtres. Les sources de zinc dans les milieux aquatiques peuvent être industrielles, urbaines et domestiques, mais également agricoles car il est présent en quantités significatives comme impureté dans certains engrais phosphatés.

### **Cuivre (Cu)**

Le cuivre existe à l'état natif. Il se rencontre surtout sous forme de sulfures. C'est l'un des métaux les plus employés à cause de ses propriétés physiques, en particulier de sa conductibilité électrique et thermique. Il est utilisé en métallurgie dans la fabrication d'alliages (bronze avec l'étain, laiton avec le zinc, alliages de joaillerie avec l'or et l'argent...). Il est très largement employé dans la fabrication de matériels électriques (fils, enroulements de moteurs, dynamos, transformateurs), dans la plomberie, dans les équipements industriels, dans l'automobile et en chaudronnerie. Il est utilisé comme catalyseur (sous forme d'acétate ou de chlorures), comme pigment, comme insecticide et fongicide (constituant de la "bouillie bordelaise").

Les principales sources anthropiques sont l'industrie du cuivre et des métaux, l'industrie du bois, l'incinération des ordures ménagères, la combustion de charbon, d'huile et d'essence, la fabrication de fertilisants (phosphate) et l'usage comme fongicide agricole.

### **Nickel (Ni)**

Le nickel est issu de minerais de nickel sulfurés dans lesquels sont également présents le fer et le cuivre. Il est utilisé dans la production d'aciers inoxydables et d'aciers spéciaux, dans la production d'alliages ferreux (associé au fer, au cuivre, au manganèse, au chrome, à l'aluminium, au soufre) ou non ferreux (associé au cuivre et au zinc). Il est utilisé dans les batteries alcalines, dans la fabrication de pigments, et comme catalyseur chimique.

La présence de nickel dans l'environnement est naturelle (croûte terrestre) et anthropique. Les principales sources anthropiques sont la combustion de charbon ou de fuel, l'incinération des déchets, l'épandage des boues d'épuration, l'extraction et la production de nickel, la fabrication de l'acier, le nickelage et les fonderies de plomb.

### **Argent (Ag)**

L'argent existe naturellement sous plusieurs degrés d'oxydation, les plus courants étant le degré 0 (Ag métal) et le degré +1 (sels AgCl, Ag<sub>2</sub>S, AgNO<sub>3</sub>, ...). La majeure partie (environ 70 %) de l'argent extrait est un sous-produit issu de l'extraction d'autres métaux tels le cuivre, le plomb ou le zinc. Il existe par ailleurs une filière de recyclage. Les secteurs d'utilisation de l'argent sont variés : monnaie (mais plutôt pour les pièces de collection), électrique et électronique, bijouterie, alliage, photographie (en déclin). Le nano-argent présente aussi une grande variété d'utilisations : biocide, textile, électronique et électroménager, emballages alimentaires et traitement de l'eau.

### **Fluoranthène** - représente les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Les HAP entrent pour 15 à 30% dans la composition des pétroles bruts. Moins biodégradables que les autres hydrocarbures, ils restent plus longtemps dans le milieu. S'ils existent à l'état naturel dans l'océan, leur principale source est anthropique et provient de la combustion des produits pétroliers, de leur transport, des activités portuaires et des déversements accidentels. Les principaux HAP sont cancérigènes à des degrés divers, le plus néfaste étant le benzo(a)pyrène. Le groupe des HAP est représenté ici par le fluoranthène. Le fluoranthène fait partie des principaux constituants des goudrons lourds issus du charbon ; il est obtenu par distillation à haute température (353 à 385 °C) d'huile d'anthracène ou de brai. Il est également formé lors de la combustion incomplète du bois et du fioul. Il fait partie des HAP prédominants dans les émissions des incinérateurs d'ordures ménagères.

Le fluoranthène est utilisé dans la fabrication des revêtements de protection pour l'intérieur des cuves et des tuyaux en acier servant au stockage et à la distribution d'eau potable. Il est utilisé comme intermédiaire dans la fabrication de teintures, notamment de teintures fluorescentes. Il est également employé dans la fabrication des huiles diélectriques et comme stabilisant pour les colles époxy. En pharmacie, il sert à synthétiser des agents antiviraux.

### **CB 153** - représente les Polychlorobiphényles (PCB)

Les PCB sont des composés organochlorés comprenant plus de 200 congénères différents, dont certains de type dioxine (PCB dl). 7 PCB (PCB indicateurs) parmi les 209 congénères ont été sélectionnés par le Bureau Communautaire de Référence de la Commission Européenne du fait de leur persistance et de leur abondance dans l'environnement ainsi que de leurs propriétés toxicologiques. Les « PCB indicateurs » (congénères 118, 138, 153, 180, 28, 52 et 101) représentent près de 80 % des PCB totaux.

Ils ont été largement utilisés comme fluide isolant ou ignifugeant dans l'industrie électrique, et comme fluidifiant dans les peintures. Leur rémanence, leur toxicité et leur faculté de bioaccumulation et bioamplification ont conduit à restreindre leur usage en France à partir de 1987. Depuis lors, ils ne subsistent plus que dans des équipements électriques anciens, transformateurs et gros condensateurs. Un arrêté de février 2003 (en application d'une directive européenne de 1996) planifiait l'élimination de tous les appareils contenant des PCB pour la fin 2010. La convention de Stockholm prévoit leur éradication totale pour 2025.

### **Lindane** ( $\gamma$ -HCH, isomère de l'hexachlorocyclohexane)

Le lindane ( $\gamma$ -HCH) est l'un des isomères de l'hexachlorocyclohexane synthétisé à partir de benzène et de chlore. Il a été utilisé comme insecticide depuis 1938 dans des applications agricoles et pour la protection de bois d'œuvre, et comme antiparasitaire en médecine vétérinaire et humaine.

Il est interdit (pour tous usages) en France depuis 1998 et par le règlement européen 850/2004 depuis le 31/12/2007 mais encore homologué dans une cinquantaine de pays.

#### **DDT** (dichlorodiphényltrichloroéthane)

Le DDT est un insecticide de la famille des organochlorés utilisé depuis 1939, dont le DDE et le DDD sont des impuretés et des produits de dégradation. Il est interdit depuis les années 1970 en raison de sa forte toxicité pour l'environnement et l'homme, avec des propriétés de bioaccumulation et bioamplification importantes ainsi qu'une forte rémanence environnementale. Aujourd'hui, son usage est uniquement toléré pour la lutte contre le paludisme.

#### **TBT** (tributylétain)

Le TBT appartient à la famille des composés organostanniques. Il se dégrade dans l'environnement en MBT (monobutylétain) et DBT (dibutylétain), substances moins toxiques que le TBT. C'est un composé biocide à large spectre d'activité qui a été utilisé dans les produits anti-salissures et les produits de traitement du bois. Sa grande toxicité sur les espèces non-cible a entraîné une limitation de son usage en France dès 1981 puis interdit dans les peintures marines anti-salissures depuis le 1er janvier 2003 avec obligation d'éliminer ce produit des coques de navire à partir du 1er janvier 2008. Il reste un usage résiduel comme biocide dans l'industrie du papier, du textile et du cuir et dans les circuits de refroidissement. Le MBT et DBT sont utilisés comme additifs dans le PVC. On retrouve le TBT dans l'eau de mer essentiellement sous forme dissoute, alors qu'il est signalé fortement adsorbé sur les matières en suspension en eau douce.

Les atteintes toxiques touchent plusieurs fonctions biologiques chez les mollusques même à faibles concentrations (de l'ordre du ppt) : reproduction, survie du stade larvaire, croissance, respiration, alimentation, calcification, immunité...

## Annexe 5 : Historique de la stratégie d'échantillonnage du suivi REMI de la zone n°34.39.

Le dispositif de surveillance mis en œuvre sur Thau aujourd'hui est l'héritage des anciens réseaux de surveillance traduisant l'évolution des objectifs et des stratégies ainsi que du cadre réglementaire de la surveillance de la contamination microbiologique au niveau local, national et européen.

Pour une zone donnée, l'évaluation du degré de contamination de l'eau dépend de la position des stations de prélèvement, chacune pouvant être soumise à des sources de contamination très localisée et sous l'influence de différents facteurs régissant la distribution des contaminants dans le milieu tels que les facteurs hydroclimatiques. L'analyse des données de contamination de la lagune de Thau nécessite l'analyse de l'évolution des réseaux de surveillance (nombre et positionnement des points de suivi) et des sources de contamination de la lagune.

### De 1971 à 1989

En 1971, le premier réseau local de suivi de la contamination microbiologique des coquillages destinés à la consommation humaine est mis en place. Son objectif est le suivi des variations de la concentration des coliformes fécaux dans les eaux en rapport avec la vente directe et la consommation des coquillages. Les prélèvements de coquillages (indifféremment huîtres ou moules) sont effectués sur 12 stations réparties en bordure des zones d'exploitation conchylicole ou dans les établissements d'expédition et les coliformes fécaux sont dénombrés selon la méthode de Vincent (Mazières, 1967). Les points du réseau avaient été choisis à la périphérie des concessions directement sous l'influence des contaminations du bassin versant (cours d'eau, stations d'épuration, lessivage des sols, pollutions accidentelles). Trois de ces points ont été conservés dans le réseau de suivi actuel :

- Bouzigues (a) : dans la zone de Bouzigues sous l'influence des canaux de Sète et des eaux encore non épurées de la ville à cette époque.
- Mourre-Blanc large : dans la zone de Mèze dans le panache de la station d'épuration de Mèze.
- Marseillan large : dans la zone de Marseillan sous l'influence des eaux du port et des effluents de la station d'épuration de Marseillan.

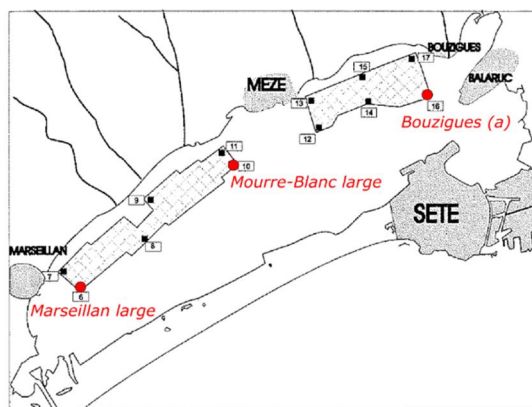


Figure A5.1 : Points de suivi de la surveillance microbiologique de 1971 à 1989. En rouge, les points conservés dans le suivi actuel

### De 1989 à 1998

Afin de répondre aux exigences d'un marché unique européen, l'ensemble du littoral français est classé en zone salubres (A), insalubres (B) et interdites à l'élevage et à la pêche de coquillages (C).

#### Objectifs du suivi REMI

Un double objectif avait été retenu lors de la mise en place du réseau de surveillance tel qu'il existe aujourd'hui pour la zone conchylicole de la lagune de Thau (Miossec, 1990).

- Objectif « Environnement » : estimer la qualité bactériologique des eaux littorales et comprendre la contamination microbiologique des coquillages marins. Le coquillage est considéré comme un intégrateur et un indicateur de la qualité du milieu dans lequel il vit. L'échantillonnage est régulier et répartie sur l'ensemble de la côte et vise à suivre les tendances des niveaux de contamination bactériologique des coquillages vivants dans le milieu marin. Il apporte des éléments pour définir les sources de pollution et



entraîner la recherche de solutions pour l'amélioration de l'assainissement et l'aménagement futur des zones littorales.

- Objectif « Santé publique » : protéger les consommateurs soit évaluer et gérer le risque de contamination des consommateurs de coquillages. L'échantillonnage est basé sur le « principe de précaution » et de « risque du consommateur » et se fait à proximité des sources de pollution et pendant les périodes les plus critiques (après de fortes pluies).

### Stratégie d'échantillonnage du suivi REMI

La stratégie d'échantillonnage était séparée en deux sous-réseaux répondant aux deux objectifs fixés :

- Un **réseau de surveillance** ou **suivi de routine**, une fois par mois pour répondre à l'objectif de connaissance du milieu et assurer une veille de la salubrité des coquillages pour dépister l'apparition de perturbations sur l'ensemble des côtes françaises. La finalité du réseau est d'obtenir une valeur moyenne de la contamination du littoral français et les points de suivi sont positionnés de manière systématique. Il repose sur la recherche des coliformes fécaux.
- Un **réseau d'intervention** ou **réseau d'alerte**, pour protéger le consommateur avec un suivi hebdomadaire en cas de mauvais résultats du suivi de routine ou de facteurs de risque extérieurs (ex. pluies importantes, périodes touristiques...). La finalité du réseau est de détecter rapidement une contamination excessive dans une zone de production et d'en suivre le plus précisément possible l'évolution afin d'intervenir sur la commercialisation. Les points sont positionnés sur un gradient décroissant de contamination. Une fois les valeurs seuils dépassées la zone de production est fermée à l'exploitation jusqu'à l'obtention de deux résultats consécutifs en dessous des valeurs seuils.

Le nombre de points de suivi des sous-réseaux a été défini au niveau national en fonction de la capacité d'analyse des laboratoires Ifremer et d'une répartition entre un nombre d'analyses mensuelles de routine (60%) et d'analyses complémentaires (40% alerte et études complémentaires).

#### Définition de l'indice de risque de contamination d'un secteur

$$\text{Indice de risque} = \frac{\text{Nombre d'analyses du secteur} > 1000 \text{ E. coli}}{\text{Nombre d'analyses total du secteur}} \times \frac{\text{Production du secteur}}{\text{Production nationale}}$$

L'effort d'échantillonnage a été réparti proportionnellement à l'indice de risque de contamination bactériologique de chaque secteur avec un minimum de deux points de suivi par secteur.

#### Application à la lagune de Thau

Au moment de la mise en place du réseau REMI, l'indice de risque de Thau était de 4 (calcul basé sur les analyses de l'année 1986), soit 6 points de suivi pour le réseau de surveillance choisis de manière systématique au milieu des zones conchylicoles (points 15 à 20 ; bimensuel) et 3 points « critique » du premier réseau pour le réseau d'intervention prélevés en période d'alerte (points 1, 10, 12 ; hebdomadaire avec recherche supplémentaire des salmonelles).

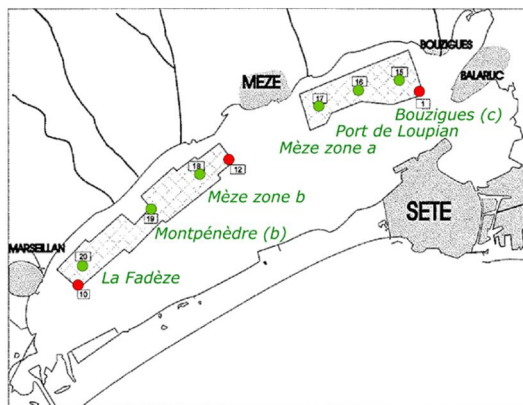


Figure A5.2 : Points de suivi de la surveillance microbiologique de 1989 à 1998. En vert, les points du réseau de surveillance ; en rouge, les points du réseau d'intervention

## De 1998 à 2015

L'arrêté du 21 mai 1999 modifie les conditions de surveillance et de classement sanitaire des zones de production conchylicole.

### *Objectifs du suivi REMI*

Le REMI a pour objectif de surveiller les zones de production de coquillages exploitées par les professionnels, et classées A, B ou C par l'administration. Sur la base du dénombrement des *Escherichia coli* dans les coquillages vivants, le REMI permet d'évaluer les niveaux de contamination microbiologique dans les coquillages et de suivre leurs évolutions, de détecter et suivre les épisodes de contamination inhabituels.

### *Stratégie d'échantillonnage du suivi REMI*

Les points de suivis des réseaux de surveillance et d'intervention sont fusionnés en un réseau unique de surveillance. Il est organisé en deux volets :

- Une **surveillance régulière** : un échantillonnage mensuel des points de suivi. Les données de surveillance régulière permettent d'estimer la qualité microbiologique de la zone. Le traitement des données acquises sur les dix dernières années permet de suivre l'évolution des niveaux de contamination au travers d'une analyse de tendance.
- Une **surveillance en alerte** : trois niveaux d'alerte sont définis correspondant à un état de contamination.  
**Niveau 0** : risque de contamination (événement météorologique, dysfonctionnement du réseau...),  
**Niveau 1** : contamination détectée et **Niveau 2** : contamination persistante. Le dispositif se traduit par l'information immédiate de l'administration afin qu'elle puisse prendre les mesures adaptées en terme de protection de la santé des consommateurs et par une surveillance renforcée jusqu'à la levée du dispositif d'alerte, avec la réalisation de prélèvements et d'analyses supplémentaires. Le seuil microbiologique déclenchant une surveillance renforcée est **défini pour chaque classe de qualité** (classe A : 230 *E. coli* /100 g de CLI ; classe B : 4 600 *E. coli* /100 g de CLI ; classe C : 46 000 *E. coli* /100 g de CLI).

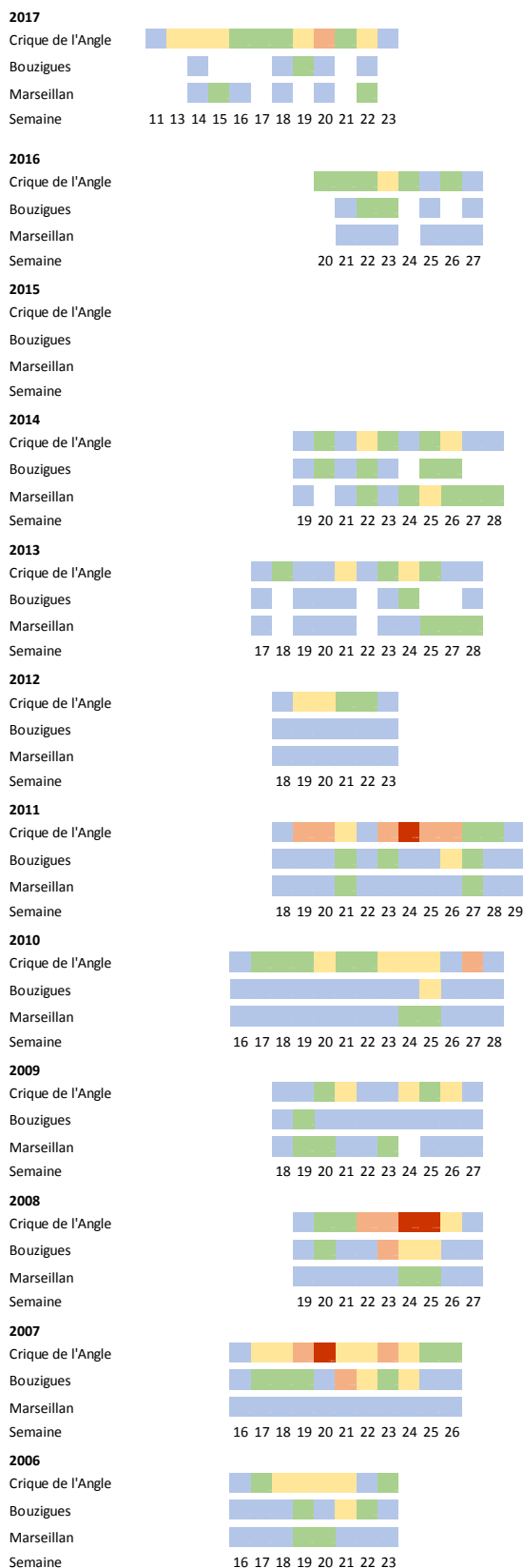
### *Application à la lagune de Thau*

Le positionnement des points de suivi du réseau REMI de la zone n°34.39 n'a pas changé depuis 1989. Cependant, les réseaux de surveillance et d'intervention ont été fusionnés en un réseau unique composé de neuf points de suivi.

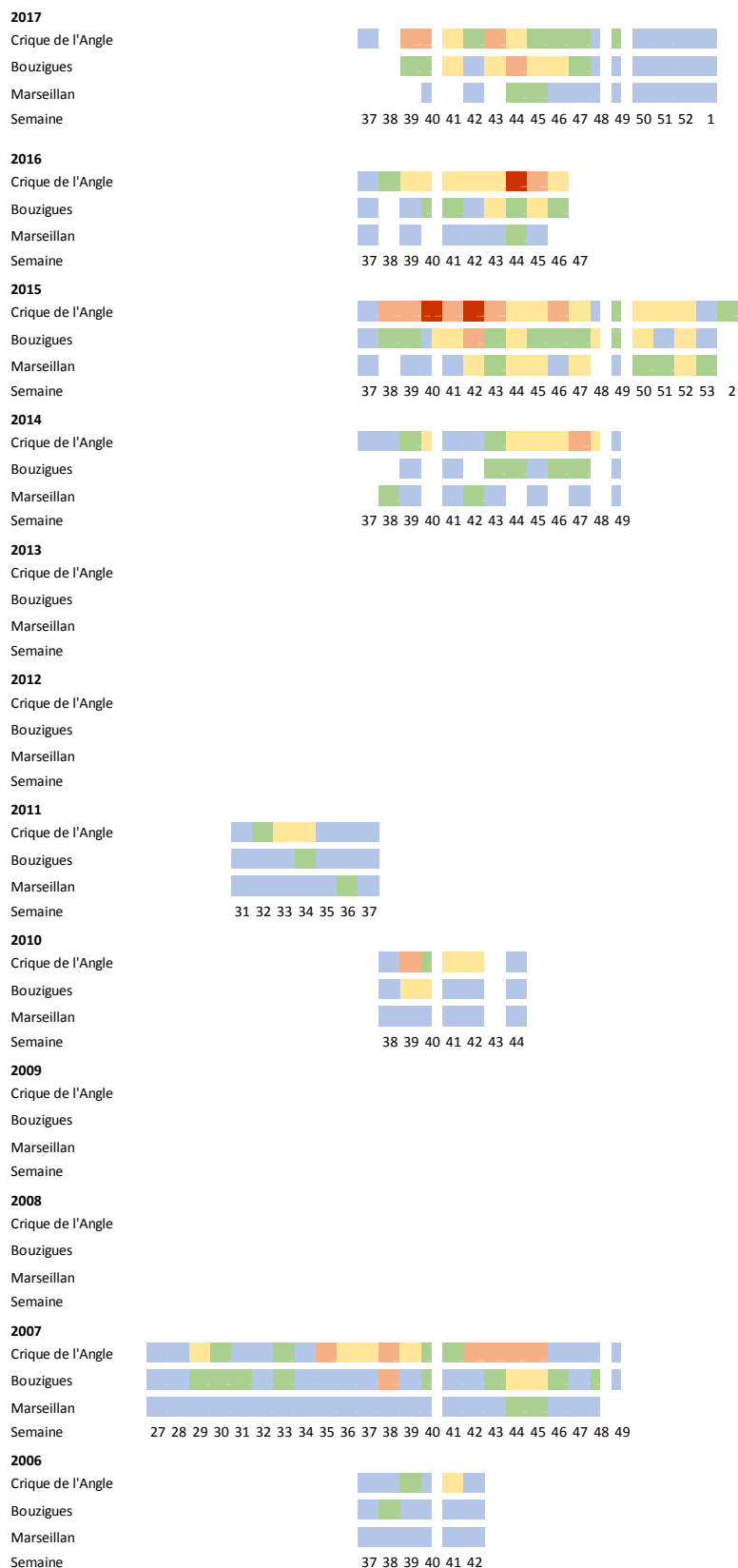
# Annexe 6 : Historique des épisodes d'efflorescences à *Alexandrium* et à PSP dans la zone n°34.39.

## Efflorescences survenues entre 1998 et 2017

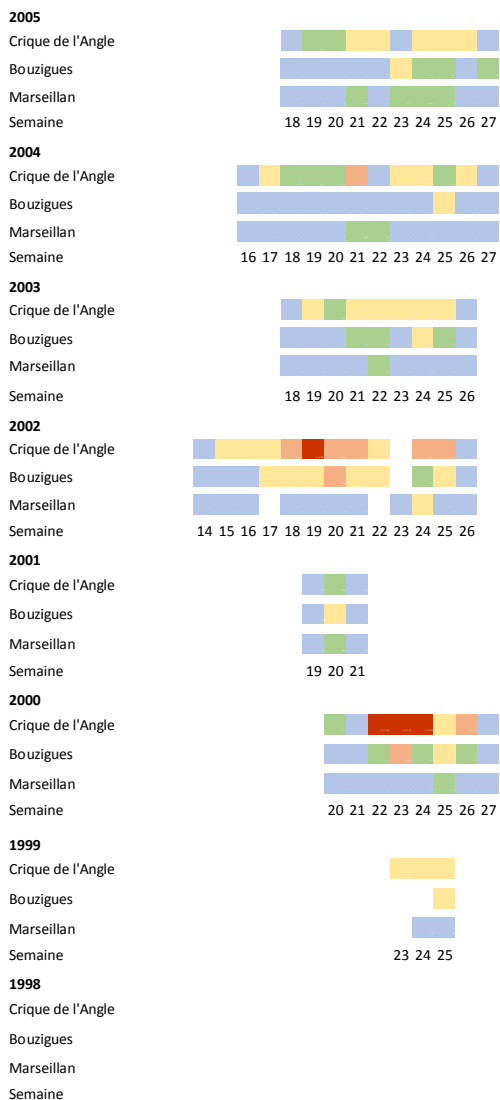
### Premier semestre



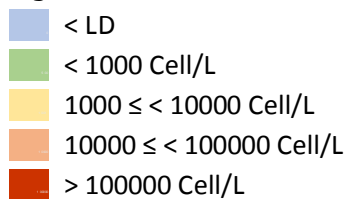
### Second semestre



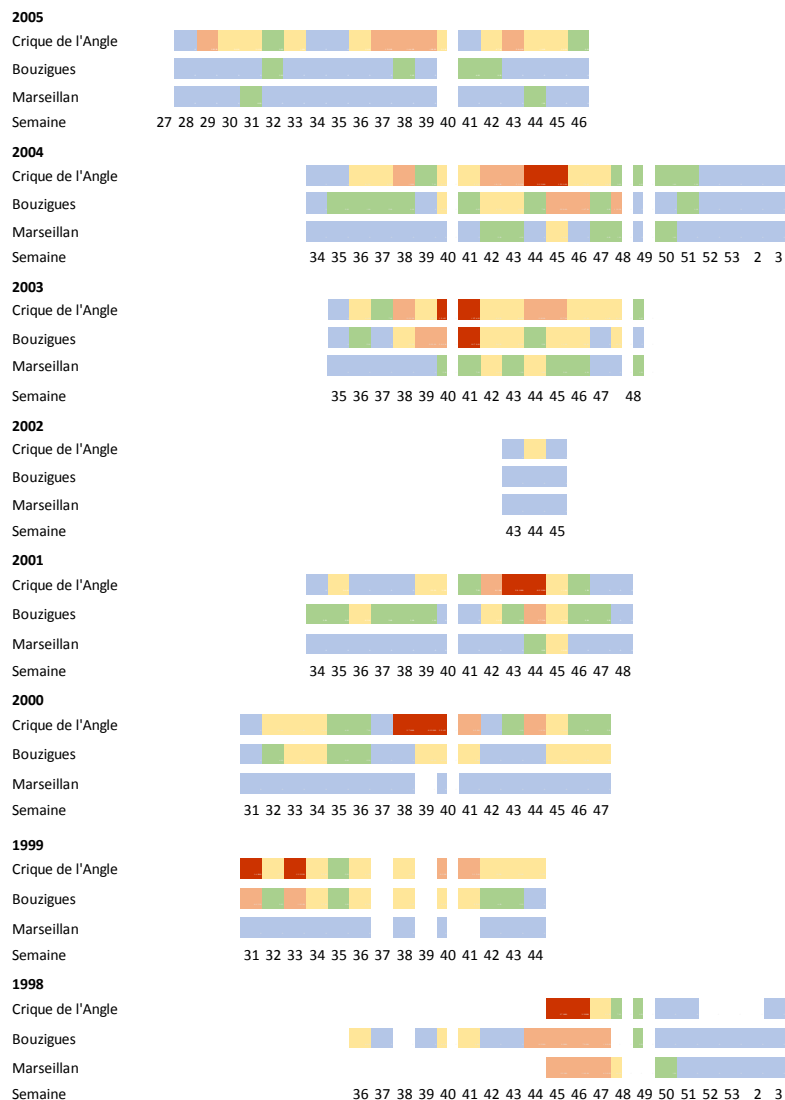
## Premier semestre



### Légende

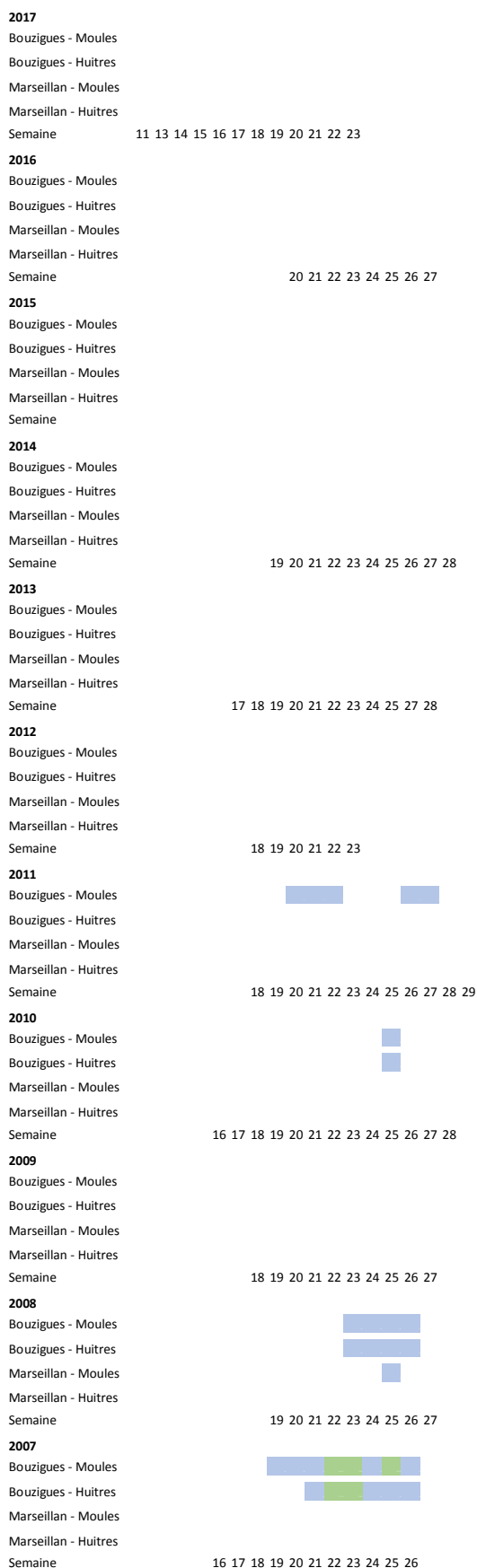


## Second semestre

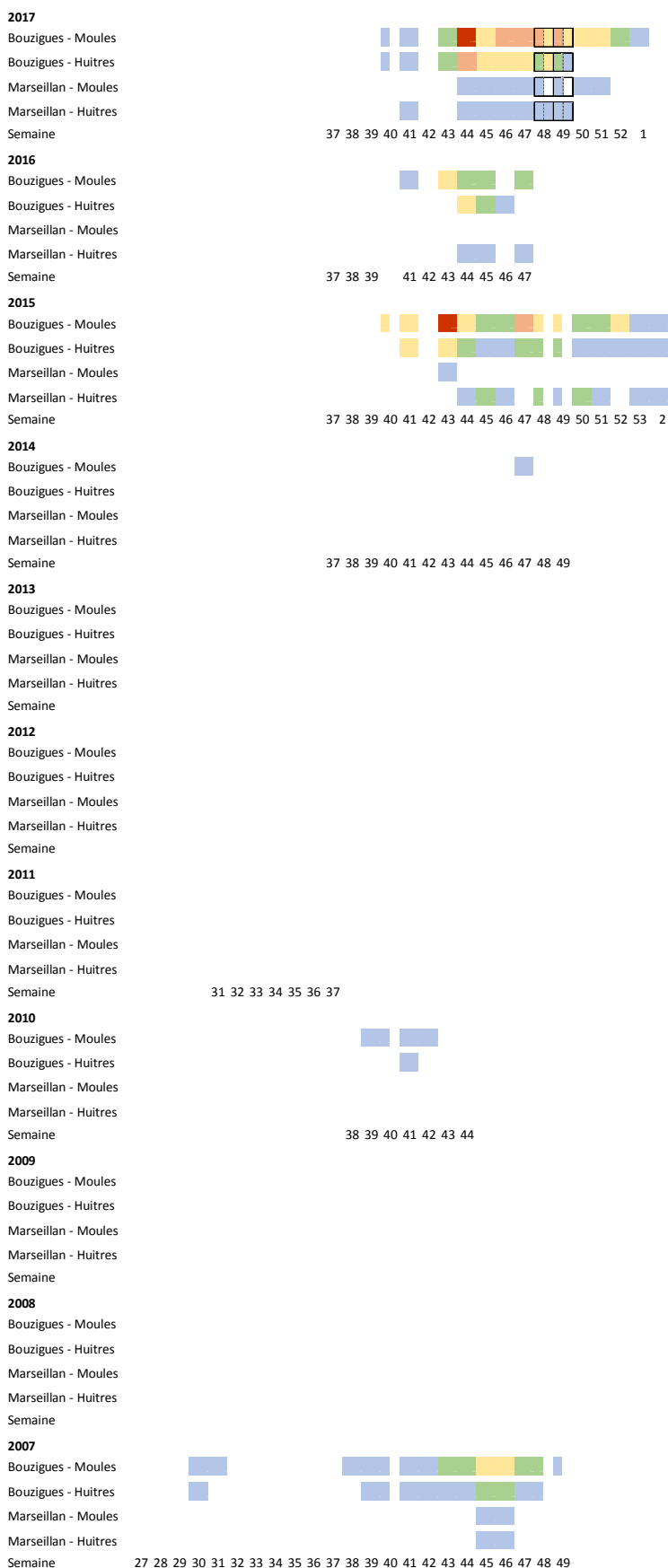


## Episodes de contamination par les phycotoxines PSP

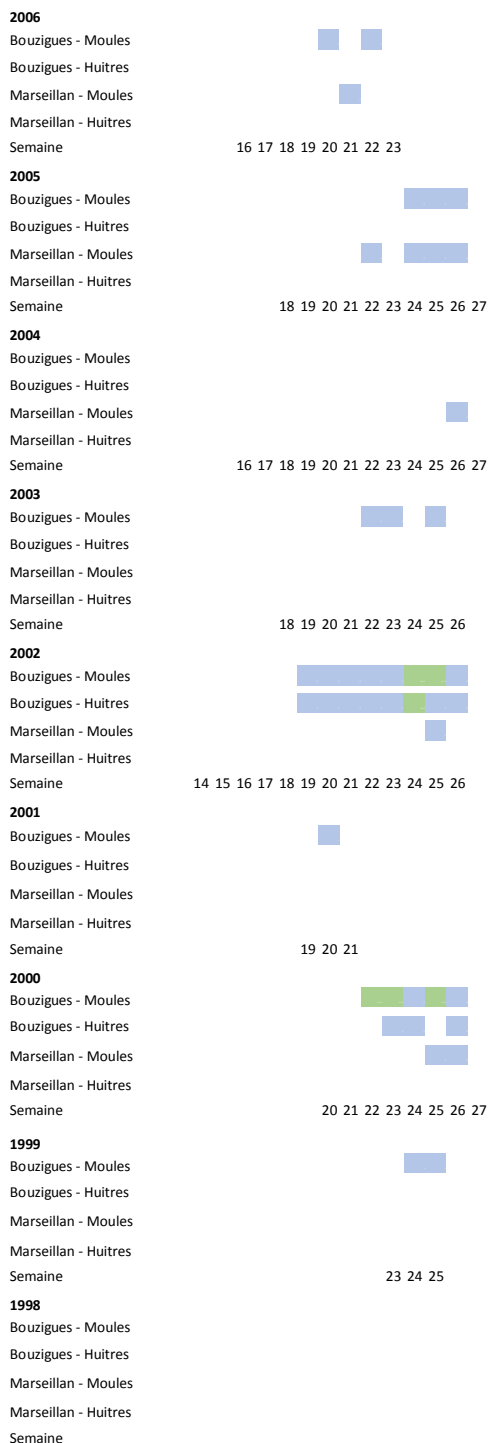
### Premier semestre



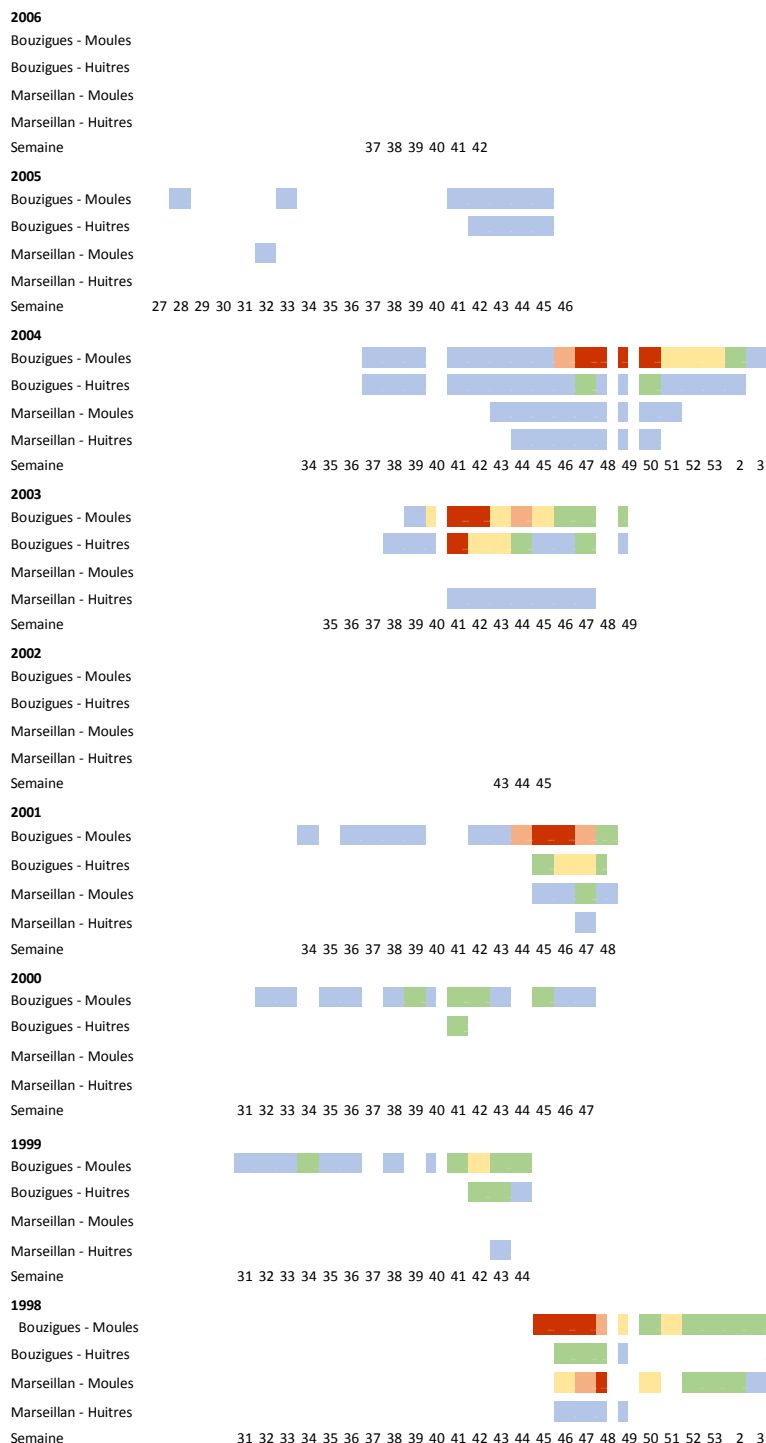
### Second semestre



## Premier semestre



## Second semestre



## Légende

