

OMEGA Thau : outil de management environnemental et de gestion de l'avertissement des pollutions microbiologiques du Bassin de Thau

OMEGA Thau: environmental management tool and alert
management for microbiological pollution of the Thau
lagoon (France)

Gilles Brocard**, Valérie Derolez*, Ophélie Serais*, Annie
Fiandrino*, Camille Lequette***, Christophe Lescoulier***, Murielle
Benedetti****, Prunelle Couton****, Delphine Marty****

- * Ifremer Laboratoire LER/LR, BP 171, 34203 Sète cedex, France
(dopler.lr@ifremer.fr)
- ** Syndicat Mixte du Bassin de Thau, BP 18, 34540 Balaruc les Bains
(g.brocard@smbt.fr)
- *** Egis Eau, CS 89017, 34967 Montpellier cedex, France
(camille.lequette@egis.fr)
- **** BRLi, BP 4001, 30001 Nîmes cedex 4, France (delphine.marty@brli.fr)

RÉSUMÉ

Le projet OMEGA Thau (Outil de Management Environnemental et de Gestion de l'Avertissement de la lagune de Thau) est un programme de recherche et développement, à maîtrise d'ouvrage du Syndicat Mixte du Bassin de Thau, associant des scientifiques, des autorités et collectivités locales ainsi que des professionnels de la conchyliculture. Il vise à élaborer un outil d'aide à la décision des gestionnaires pour orienter les investissements publics sur le bassin versant, afin d'obtenir une qualité de la lagune de Thau, compatible avec les normes européennes pour les eaux de baignade et des zones de production de coquillages. Les campagnes de mesures, mises en œuvre simultanément sur le bassin versant et dans la lagune pendant 18 mois ont permis i) l'acquisition de données pour le calage de modèles de transport des pollutions fécales de leur source jusqu'aux coquillages en élevage, ii) et l'identification des principales sources de pollution des coquillages par temps sec et consécutivement à des événements pluvieux. La mise en œuvre des modèles permettra la hiérarchisation des sources de pollution et la définition des programmes de travaux prioritaires.

MOTS CLÉS

Pollutions microbiologiques – Assainissement – Management environnemental – Avertissement précoce – Pollutions par temps de pluie – *Escherichia coli* - Bassin versant – Lagune.

ABSTRACT

The OMEGA Thau project (Environmental Management Tool and Alert Management), managed by SMBT (Syndicate of Thau Basin), includes scientists, local institutions and authorities, fishermen and shellfish farmers. The aim of this project is to develop an Environmental Management Tool, which can guide local authorities in infrastructure improvements and urban and resource planning in order to achieve optimal water quality that is consistent with European standards for recreational waters and shellfish harvesting areas. The measurement campaigns, achieved simultaneously on the watershed and the lagoon during 18 months, enabled i) data acquisition for the calibration of the model of faecal pollution transfer, from the source to the shellfish harvest areas, ii) and the identification of major sources of pollution of shellfish in dry and wet weather. The implementation of both watershed and lagoon models will enable the prioritization of pollution sources and the definition of priority work programs.

KEYWORD

Microbiological Pollution – Sewerage – Urban runoff network - Environmental Management - Early Warning – Pollution during rainfall events - *Escherichia coli* - Watershed – Lagoon.

1 INTRODUCTION

1.1 Présentation du territoire et du contexte

Le bassin de Thau, représente l'une des principales lagunes languedociennes, tant par sa taille (près de 20 km de long pour 4,5 km de large en moyenne, soit 7 500 ha) et sa biodiversité, que par les activités économiques qu'elle génère. Elle constitue un élément majeur de l'histoire et du développement du territoire de Thau, qui s'est formé autour de sa lagune et de ses interactions entre terre et eau. La conchyliculture, implantée dès 1880 à Sète, est l'activité dominante sur l'étang. Elle génère 2000 emplois directs et autant d'indirects. La production annuelle, estimée à 13000 tonnes d'huîtres et 4000 tonnes de moules, est la plus importante en Méditerranée et représente 10 % de la production nationale (Loubersac *et al.*, 2004). Les ressources halieutiques et les gisements naturels de palourdes font vivre par ailleurs près de 400 professionnels de la pêche. Le gisement thermal de Balaruc les Bains place cette localité parmi les premières stations thermales de France, dégageant un chiffre d'affaire annuel de l'ordre de 35 M€. Enfin, les activités nautiques et les baignades aménagées en bord d'étang constituent une activité phare du tourisme qui a fait la renommée du secteur.

La population globale permanente sur le bassin versant, dont la superficie est de 270 km², avoisine les 115 000 habitants, résidants pour moitié dans les villes de Sète et Marseillan, l'autre partie de la population étant répartie dans 14 communes localisées pour la plupart le long de la lagune. D'un point de vue hydrographique, la lagune est alimentée en eau douce par une dizaine de petits cours d'eau au régime intermittent, et qui représentent les principaux apports depuis le bassin versant, ainsi que par le canal du Midi et du Rhône à Sète (Figure 1). Les deux principaux cours d'eau (la Vène et le Pallas) drainent près de la moitié du bassin versant.



Figure 1 : le système hydrographique du bassin versant de la lagune de Thau (SMBT, 2006).

En Europe, l'autorité compétente classe les zones de production dans lesquelles elle autorise la récolte des mollusques bivalves selon trois classes de qualité (A = bonne, B = moyenne, C = mauvaise) en fonction des niveaux de contamination fécale (bactérie *Escherichia coli*) mesurés dans les coquillages (Anonyme, 2004). Les zones d'élevage et de pêche de coquillage de la lagune de Thau sont classées en B, cette classe impose une purification des coquillages dans un centre agréé, avant leur mise sur le marché pour la consommation humaine. Pour définir les classements sanitaires, l'Etat français s'appuie sur les résultats acquis dans le cadre du réseau national de contrôle microbiologique des zones de production de coquillages (REMI), dont la maîtrise d'œuvre est assurée par l'Ifremer. Les résultats acquis dans le cadre du REMI dans la lagune de Thau indiquent que si les

niveaux de contamination en *Escherichia coli* (*E. coli*) des coquillages sont globalement faibles, des pics de pollution des coquillages sont sporadiquement détectés, notamment après de fortes précipitations, mais également pendant des périodes de temps sec, conduisant l'Administration à prendre des mesures d'interdictions ponctuelles de commercialisation des coquillages. Au cours de ces dernières années, des Toxi-infections Alimentaires Collectives, liées à la consommation d'huîtres de l'étang de Thau contaminées par des virus entériques d'origine humaine ont été déclarées en 1997 (DDASS34, 1998), 2002 (Barataud *et al.*, 2003), 2006 (Cicchelero *et al.*, 2007) et plus récemment en 2009 et 2010. Pour tous ces épisodes, les coquillages incriminés ont été récoltés suite à des épisodes pluviométriques survenus concomitamment à des pics épidémiques de gastro-entérite hivernale dans la population.

Les sources de pollution microbiologique d'origine fécale du bassin versant de la lagune de Thau, à l'origine de ces dégradations ponctuelles de la qualité sanitaire des coquillages ne sont pas clairement identifiées. Les évolutions réglementaires européennes en matière de gestion de la qualité des eaux de baignade (Anonyme, 2006) et des zones de production de coquillages (Anonyme, 2004) ont créé un cadre réglementaire plus exigeant, nécessitant une identification et une évaluation des sources de pollution qui pourraient affecter les eaux de baignade et conchylicoles et altérer la santé des baigneurs et des consommateurs de coquillages. La nouvelle réglementation européenne conduit notamment les maîtres d'ouvrage à disposer d'outil de connaissance des fonctionnements de leurs réseaux d'assainissement, particulièrement en temps de pluie.

1.2 Objectifs du projet

Dans ce contexte, les collectivités regroupées au sein du Syndicat Mixte du Bassin de Thau (SMBT) ont souhaité engager une réflexion et construire un cadre scientifique et technique pour répondre à des attentes fortes :

- mieux connaître les sources et les mécanismes de transferts des pollutions microbiologiques du bassin versant vers la lagune,
- élaborer un outil d'aide à la décision pour orienter la programmation des investissements publics sur le bassin versant afin de garantir une maîtrise de la qualité des eaux, en lien avec les réflexions en cours sur le territoire : SCOT, SAGE et renouvellement du contrat qualité,
- construire un système d'avertissement précoce des risques de pollutions : pour alerter les usagers et permettre une gestion préventive des activités conchylicoles ou de baignade.

La démarche mise en place baptisée OMEGA Thau (Outil de Management Environnemental et de Gestion de l'Avertissement de la lagune de Thau) est un programme de recherche et de développement, à maîtrise d'ouvrage du SMBT, regroupant de nombreux partenaires techniques et financiers (Ifremer, bureaux d'études EGIS-Eau et BRLi, collectivités CABT et CCNBT, Agence de l'eau RM&C, Région Languedoc-Roussillon, Département de l'Hérault, professionnels de la conchyliculture). La phase 1 du projet, conduite de février 2007 à décembre 2009, est organisée en 4 étapes :

- Inventaire et hiérarchisation des sources de pollutions d'origine fécale du bassin versant et définition des périodes à risque de contamination
- Campagnes de mesures simultanées sur le bassin versant et dans la lagune suite à des événements pluvieux et par temps sec
- Validation et calibration des modèles de transfert des pollutions de la source de pollution aux coquillages ou zones de baignade
- Développement de l'outil de management environnemental permettant de hiérarchiser les sources en fonction de leur impact environnemental et de définir un programme d'action

Le développement de l'outil d'avertissement sera négocié dans le cadre du 4^{ème} Contrat de la lagune de Thau, dont la programmation interviendra courant 2010.

Dans ce contexte général, l'objectif de ce document est de restituer les résultats et les principales conclusions des deux premières étapes, en se focalisant sur les sources de pollutions. L'impact de ces pollutions dans la lagune et la calibration et la validation des modèles développés sont et seront restitués dans d'autres articles (Fiandrino *et al.*, 2010 ; Raymond *et al.*, 2010) ou conférences (SimHydro 2010, colloque OMEGA).

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 Historique de 10 ans de suivi de la qualité des coquillages

Pour étudier l'impact des pluies sur la qualité microbiologique des coquillages, 2 types de données, acquises sur la période 1997-2006, ont été exploitées : i) 1 949 dénombrements de *E. coli* dans les coquillages échantillonnés au niveau de 9 points de prélèvements pérennes de la zone d'élevage de la lagune de Thau (données publiques Ifremer), ii) pluviométrie quotidienne enregistrée au Sémaphore de Sète (données Météo France). Les pluies cumulées sur 48 heures (jour et veille de chaque prélèvement) ont été classées en 7 catégories et confrontées aux résultats *E. coli*.

2.2 Inventaire et caractérisation des sources de pollution du bassin versant

Sur la base des études existantes, le groupement OMEGA a complété et mis à jour un inventaire exhaustif des sources de pollution microbiologique d'origine fécale sur l'ensemble du bassin versant. Cet inventaire a été enrichi de nombreux entretiens auprès des gestionnaires d'équipements mais aussi auprès des administrations susceptibles de fournir des données précises sur certaines activités (DDAF, DRIRE, Services Maritimes...). Une base de données regroupant toutes les informations recueillies a été créée. Pour chacune des sources identifiées et répertoriées, des estimations de flux de pollution microbiologique (en *E. coli* / jour) ont été effectuées en fonction de la saison et différents scénarii de cumuls de pluies. Les méthodologies appliquées, pour le calcul des flux émis par type de source et de leur transfert à la lagune sont précisées dans le rapport de synthèse de l'étape 1 du projet (Egis Eau, BRLi, Ifremer, 2007).

2.3 Suivi simultané du bassin versant et de la lagune

Les matériels et méthodes mis en œuvre pour suivre l'impact des épisodes pluvieux sur les flux de pollution microbiologique fécale (*E. coli*) en provenance du bassin versant ainsi que sur la qualité de la lagune dans le cadre du projet OMEGA sont détaillés dans les rapports Ifremer, BRLi, Egis Eau (2007) pour la lagune et BRLi, Egis Eau, Ifremer (2007) pour le bassin versant. Ces protocoles ont été établis de manière à disposer de jeux de données nécessaires à la calibration et validation des modèles. Le protocole des campagnes réalisées par temps sec pour suivre de l'impact de la fréquentation des tables conchylicoles par les oiseaux marins sur la qualité des coquillages est précisé dans le rapport Ifremer, BRLi, Egis Eau (2008). Les méthodes d'analyses, normalisées, ont été mises en œuvre par des Laboratoires accrédités par le COFRAC.

Les partenaires techniques ont suivi, simultanément sur le bassin versant et dans la lagune, l'impact des principaux événements pluvieux survenus entre septembre 2007 et février 2009. Les mesures de pluies ont été acquises à partir d'un parc de 6 pluviomètres implantés de manière homogène dans les bassins versants bordant l'étang de Thau. Les images radar des cumuls de pluie fournies en temps réel par Predict Services, au pas de temps 15 minutes, ont complété le jeu de données.

Les débits ont été mesurés sur le bassin versant en continu en 7 points fixes (exutoires critiques de cours d'eaux ou de réseaux pluviaux). Des préleveurs automatiques ont été installés au niveau de l'ensemble des points de débitmétrerie continue. En complément, un secteur zoom a été défini pour chaque campagne de mesures. Les points de suivi ponctuel de ces secteurs ont été échantillonnés ponctuellement en débit et prélèvements d'eau en vue d'analyses de dénombrement des *E. coli* (n=800) selon la méthode NF EN ISO 9308-3.

Concernant l'assainissement, les données recueillies ont été celles de l'autosurveillance (stations d'épuration, déversoirs d'orage, incidents réseaux), complétées par des bilans entrée-sortie à chacune de 7 stations d'épuration, pendant les périodes de temps de pluie et des observations de techniciens de l'assainissement pour confirmer les points de débordements des réseaux supposés.

Dans la lagune, les campagnes ont donné lieu notamment à 130 embarquements au cours desquels ont été réalisés 2950 prélèvements d'échantillons d'eau ou de coquillages et analyses *E. coli* (méthodes NF V08-106 et NF EN ISO 9308-3), 2400 mesures ponctuelles de la salinité et de la température de l'eau, 110 analyses de dénombrement des bactériophages ARN spécifiques ainsi que des comptages d'oiseaux sur les tables conchylicoles.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Historique de 10 ans de suivi de la qualité des coquillages

Si la qualité microbiologique de la lagune peut être altérée par temps sec, les pluies contribuent de manière significative à la dégradation de la qualité sanitaire des coquillages en élevage de la lagune de Thau (Figure 2). Par temps sec, 85,6% des résultats sont inférieurs au seuil de bonne qualité des coquillages de 230 *E. coli*/100g de Chair et de Liquide Intervalaire (C.L.I), tandis qu'après un cumul pluviométrique de 48 heures supérieur à 40 mm seuls 32,3% des résultats sont inférieurs à ce seuil. Les résultats acquis par temps sec ou suite à des petites pluies (<10mm) ne sont pas statistiquement différents. Sur la période 1997-2006, plus de 92% des cumuls pluviométriques calculés sur des périodes de 48 heures sont inférieurs à 10 mm. Ces résultats suggèrent que les actions de réduction des sources de pollution doivent tenir compte des deux problématiques de contamination, par temps sec en raison de la prédominance de cette condition météorologique, et par temps de pluie en raison de l'occurrence des contaminations observées dans cette condition.

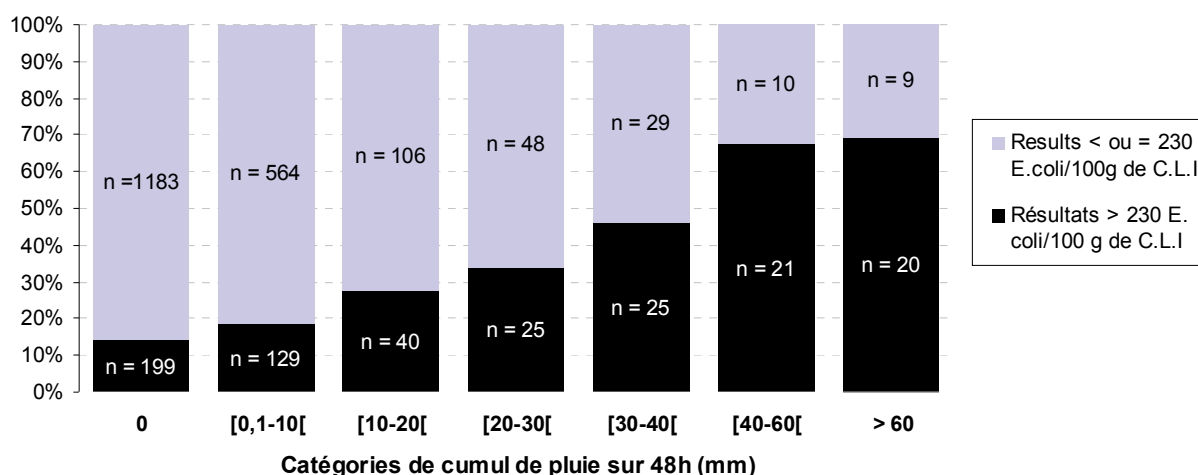


Figure 2 : Répartition (en %) des résultats de dénombrement des *E. coli* dans les coquillages de la lagune de Thau de 1997 à 2006, autour du seuil de qualité de 230 *E.coli*/100 g de C.L.I, en fonction de la pluie (cumuls de 48 heures en mm) survenus le jour et la veille du prélèvement (Ifremer, 2007).

3.2 Inventaire et caractérisation des sources de pollution du bassin versant

De nombreuses sources potentielles de pollution microbiologique fécale ont été identifiées sur le bassin versant de la lagune de Thau : 12 stations de traitement des eaux usées, 13 déversoirs d'orage, 117 postes de relevage d'eaux usées, 2697 installations en assainissement non collectif, 43 campings pour une capacité d'accueil de 6375 places, 174 rejets pluviaux identifiés, 593 installations conchylicoles, 6 caves coopératives, 78 caves particulières, 13 établissements d'élevage animal, population aviaire sauvage estimée à 25000 individus, 6 000 passages de bateaux par an à l'écluse du Bagnas.

	Temps sec		Pluie de 5 mm		Pluie de 20 mm		Pluie de 100 mm	
	Hors saison estivale	En saison estivale	Hors saison estivale	En saison estivale	Hors saison estivale	En saison estivale	Hors saison estivale	En saison estivale
Flux total unité log <i>E.Coli</i>	13,8	13,6	14,6	14,6	15,1	15,1	16,3	16,3
Activités les plus polluantes	ANC (46%) Pollution aviaire (36%)	ANC (63%) Industries (10%) Ports (8%)	DO (67%) Pluvial (8%) Pollution aviaire (8%)	DO (71%) Pluvial (8%) ANC (8%)	PR (61%) DO (21%)	PR (62%) DO (22%)	PR (95%)	PR (95%)

Tableau 1 : Activités estimées les plus impactantes (80% des apports en flux microbiologique) sur l'ensemble du bassin versant de Thau, en fonction du type de temps et de la saison (BRLi, Egis Eau, Ifremer, 2007).

Le Tableau 1 présente le bilan des estimations des principaux apports en *E. coli* à la lagune de Thau,

selon la saison, et en fonction des conditions pluviométriques. Il est intéressant de remarquer que le flux total théorique d'*E. coli* est peu sensible à la saisonnalité. En revanche, l'importance relative de chaque source de pollution varie d'une saison à l'autre. Ainsi, les estimations montrent que par temps sec, l'assainissement non collectif (ANC), les pollutions aviaires et les installations portuaires semblent être les principales sources de pollution fécale de la lagune. Par temps de pluie, les estimations font ressortir une problématique liée à l'assainissement, ciblant plus particulièrement les postes de refoulement (PR) les déversoirs d'orages (DO) et les exutoires pluviaux.

3.3 Campagnes de suivi du bassin versant et de la lagune par temps sec

Les campagnes de suivi de la lagune ont permis de confirmer la récurrence des contaminations des coquillages par temps sec. Sur les 46 séries de prélèvements de coquillages réalisées à une fréquence hebdomadaire de septembre 2007 à septembre 2008, 6 présentent un ou plusieurs résultats dépassant le seuil sanitaire réglementaire d'une zone B de 4 600 *E. coli* / 100 g de C.L.I. (Ifremer, Egis Eau, BRLi, 2008). Ces pics de pollution ont été observés en l'absence d'incident déclaré sur les stations d'épuration ou sur les réseaux de transfert et de collecte des eaux usées du bassin versant. Parmi les événements déclarés sur les réseaux par temps sec, 5 ont donné lieu à un rejet d'eaux usées direct dans la lagune (n=2), dans des cours d'eaux (n=2) ou dans le réseau pluvial (n=1). L'impact de ces incidents sur la qualité des coquillages de la lagune n'a pas été suivi car ces informations n'ont été communiquées au groupement qu'*a posteriori*, toutefois ces événements seront modélisés et étudiés au cours de la prochaine phase du projet.

Le rapport Ifremer, Egis Eau, BRLi (2008) indique que les stations d'épuration du bassin versant contribuent, en temps sec, de manière prépondérante au bruit de fond des apports de pollution des cours d'eau récepteurs. Les flux journaliers d'*E. coli* en sortie de station sont cependant très faibles (entre 9.15 et 11.98 unités Log₁₀ suivant les stations) comparativement à ceux des bassins versants les plus productifs d'*E. coli* en temps de pluie.

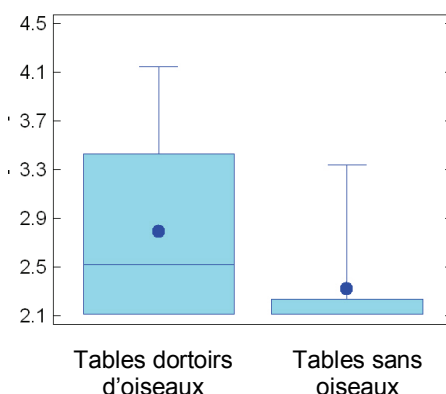


Figure 3 : Répartition en boîte à moustache des valeurs de concentrations en *E. coli* (en log₁₀) dans les coquillages prélevés en surface au niveau de tables conchylicoles d'oiseaux marins ou des tables témoins. Résultats cumulés des campagnes des 15 et 28 mars, 31 juillet et 26 août 2008 (V. Derolez et al, 2010).

Des campagnes de mesures par temps sec, mises en œuvre en 2008 simultanément sur le bassin versant (suivi des apports) et la lagune montrent, qu'en l'absence d'apports d'eau douce du bassin versant et de dessalure des eaux de la lagune, des contaminations microbiologiques (*E. coli*) sont observées dans les coquillages en élevage sous les tables conchylicoles constituant des dortsirs nocturnes pour d'importants regroupements d'oiseaux marins (Goélands, Mouettes, Cormorans et Sternes). Les niveaux de contamination des coquillages mesurés au niveau des tables dortsirs sont significativement plus élevés que ceux des tables témoins, indiquant que l'hypothèse d'une origine aviaire des contaminations des coquillages par temps sec, formulée lors de l'étape 1 du projet, peut être privilégiée (V. Derolez et al, 2010). Les premiers résultats des génotypages des bactériophages F + ARN dans les coquillages orientent également vers une origine animale des contaminations. Néanmoins, le travail sur l'identification des marqueurs spécifiques de pollution aviaire devra encore se poursuivre pour valider définitivement cette hypothèse, évaluer plus précisément l'exposition et proposer des mesures de gestion adaptées.

3.4 Campagnes de suivi du bassin versant et de la lagune par temps de pluie

L'ensemble des résultats acquis lors des campagnes de suivi par temps de pluie est détaillé dans le rapport BRLI, Egis Eau, Ifremer (2009). Bien que les données acquises aient pour principal objectif la constitution d'une base de données pour le calage des modèles du bassin versant et la lagune, les résultats acquis ont permis d'avancer sur la connaissance de la réaction du bassin versant et de la lagune aux épisodes pluvieux.

3.4.1 Description des événements pluvieux et impacts sur la qualité de la lagune

Les 18 mois de campagne de mesures ont permis d'observer et de suivre une grande diversité de pluies, très contrastées en termes de type (événements simples ou composites), d'intensité (cumuls moyens 7 à 139 mm), durée (de 2 à 8 jours) ou de spatialisation (Tableau 2). L'analyse des principaux événements pluvieux suivis en 6 sites montre une hétérogénéité spatiale et temporelle des pluies sur le bassin versant. Cela peut s'expliquer par la nature des phénomènes météorologiques (de type orageux) et par la configuration topographique de la zone (mer, littoral, étang, bassin versant). Les phénomènes ont des foyers différents à chaque épisode pluvieux.

L'analyse de la prévision météorologique a permis de mettre en avant la difficulté des modèles météorologiques à prévoir précisément, la spatialisation et le cumul de la pluie. La prévision est plus fiable i) au fur et à mesure que l'on se rapproche du début de l'événement pluvieux (quelques heures), ii) pour les événements de cumuls importants et iii) pour les événements généralisés que pour les événements localisés (type orage).

Date de début et de fin de l'évènement	04 au 05/10/2007	01 au 06/01/2008	07 au 08/10/2008	31/10 au 06/11/2008	31/01 au 07/02/2009*
Durée de l'épisode pluvieux (jour)	2	6	2	7	8
Pluviométrie à Mèze (mm)	16.8	34.4	3.6	136.2	78
Pluviométrie à Poussan (mm)	8.0	23.4	13.2	178.4	76.6
Pluviométrie à Pomérols (mm)	18.6	75.6	7.6	85.8	74.8
Pluviométrie à Plagnol (mm)	5.6	61.8	2.4		20.4
Pluviométrie aux Onglous (mm)	22	63.8	7.2	106.2	68.4
Pluviométrie à Sète (mm)	0	19.2	8	154.2	80.2
Pluviométrie moyenne (mm)	11.8	46.4	7.0	138.7	66.4
Ecart-Type (Coef. de variation)	8.6 (0.72)	23.7 (0.51)	3.8 (0.54)	37.0 (0.27)	22.9 (0.34)
Nombre de jours où [coquillages] > 230 <i>E. coli</i> /100g de C.L.I	3	4	1	5	9
Nombre de jours où [coquillages] > 4600 <i>E. coli</i> /100g de C.L.I	aucun	aucun	aucun	aucun	1
Nombre de jours où [eau « zoom »] > 100 <i>E. coli</i> /100 mL	1	2	1	6	9

Tableau 2 : Cumuls de pluies (mm) et impact sur la qualité microbiologique de la lagune (nombre de jours où des dépassements des seuils réglementaires ont été observés) des 5 événements pluvieux suivis entre septembre 2007 et décembre 2009 à Thau (BRLI, Egis Eau, Ifremer, 2009).

Les 5 épisodes pluvieux suivis entre de septembre 2007 et février 2009 ont impacté significativement la qualité microbiologique des eaux et des coquillages en élevage de la lagune (Tableau 2). Des dépassements du seuil réglementaire d'une zone A (230 *E. coli* / 100g de C.L.I) sont observés consécutivement aux 5 épisodes, durant 1 à 9 jours suivant les épisodes. Le seuil réglementaire d'une zone B (4 600 *E. coli* / 100g de C.L.I) a été dépassé uniquement suite aux pluies du 31/01 au 07/02/2009, durant une journée. Dans les secteurs « zoom », les niveaux de contamination des eaux de la lagune ont systématiquement dépassé le seuil de baignade de 100 *E. coli* / 100 mL. La comparaison des résultats des analyses en *E. coli* effectuées sur les coquillages prélevés simultanément dans les secteurs conchylicoles de l'Est, de l'Ouest et du centre de la lagune dans le cadre des suivis OMEGA et REMI indique que ces 3 secteurs sont impactés par des contaminations, sans différence significative.

La rapidité des phénomènes de contamination et décontamination de l'eau et des coquillages a également été mise en évidence. Ainsi, des concentrations élevées ont pu être mesurées dans l'eau et les coquillages dès le premier jour d'apports issus du bassin versant. Un délai de contamination des coquillages a parfois été observé, les teneurs maximales en *E. coli* dans les coquillages n'étant retrouvées que le lendemain de l'observation des teneurs maximales dans l'eau. Ces retards peuvent trouver leur explication dans les paramètres hydrologiques auxquels les huîtres sont soumises,

notamment des salinités basses ou des teneurs en matières en suspension élevées qui peuvent engendrer la fermeture temporaire des coquillages.

3.4.2 Bilan du suivi des apports du bassin versant

Les campagnes de mesures de temps de pluie ont permis d'échantillonner et estimer les apports en *E. coli* de plus de 40% des volumes écoulés et mesurés aux débouchés des cours d'eau ou des réseaux pluviaux durant les 18 mois de suivi.

Les bassins versants particulièrement contributeurs, et inversement, ont été identifiés. Cependant, l'analyse comparative des différents bassins versants est difficile en raison de l'hétérogénéité spatiale et temporelle des pluies sur le territoire et par conséquent de sollicitations pluviométriques des bassins versants variables. Néanmoins, dans l'optique de comparer ces apports sur une base commune minimum, nous avons isolé pour chaque événement, les apports maximum mesurés à l'exutoire de chaque bassin versant sur une même base temporelle de 24h. Ces apports, dénommés Flux Maximaux Journaliers (FMJ), sont reportés sur la Figure 4.

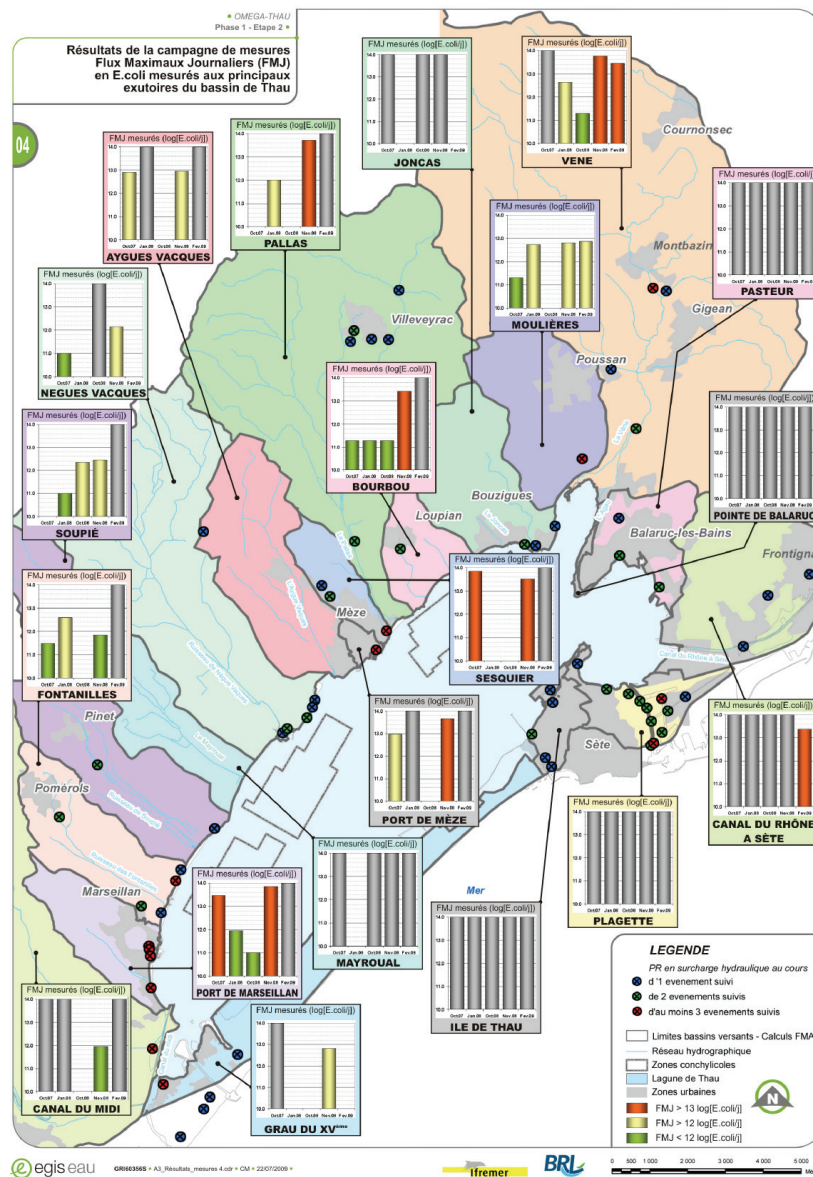


Figure 4 : Flux maximum journaliers mesurés aux principaux exutoires du bassin versant à l'issue des campagnes de mesures (BRLi, Egis Eau, Ifremer, 2009). Pour chaque bassin versant, un histogramme contenant 5 barres, représente le FMJ mesuré à l'exutoire durant les 5 campagnes BV-Lagune, sur une échelle logarithmique. La couleur grise symbolise une absence de suivi. Aucune barre apparente signifie un apport inférieur à 10 log (E.coli/l)

Cette figure présente également la localisation des postes de relevage/refoulement (PR) pour lesquels

a été enregistrée au moins une alarme de niveau haut durant la campagne de suivi. L'alarme de niveau haut a été déclenchée au moins une fois pour 66 PR (soit plus de la moitié de l'ensemble des ouvrages de relevage du territoire), ce qui met en évidence la forte sensibilité aux pluies de la plupart des réseaux du territoire excepté ceux de Cournonsec, de Gigean, et de Villeveyrac dans une moindre mesure.

Pour des pluies faibles, de période de retour inférieure à 1 an :

- les réseaux d'assainissement (eaux usées, eaux pluviales) des centres urbains de Marseillan et Mèze (de l'Aygues-Vacques au Sesquier-Escouladou) contribuent déjà fortement ;

Pour des pluies plus importantes, de période de retour d'un an ou plus :

- les bassins versants plus importants en terme de superficie contribuent également fortement, et de manière à peu près équivalente entre eux. Il s'agit du Pallas, de l'ensemble du secteur de la Crique de l'Angle, et de la zone du Canal du Rhône à Sète ;
- des secteurs urbanisés susceptibles de présenter des interférences entre les réseaux d'assainissement d'eaux usées et pluviales par forte pluie peuvent contribuer également fortement et localement (PR Serpentin à Balaruc-les-Bains, secteur de Montbazin, de Loupian).

Pour chacun des secteurs mentionnés, les principales sources de production d'*E. coli* identifiées sont a priori (sans ordre de priorité) le lessivage urbain/rural, de probables interférences entre les réseaux d'assainissement d'eaux usées et pluviales, et les effluents de stations d'épuration.

Le flux en *E. coli* en sortie des stations d'épuration de type lagunage augmente significativement consécutivement aux événements pluvieux. Le schéma de réponse des lagunages en termes de concentration et de flux en *E. coli*, selon les ouvrages et le cumul pluviométrique, est i) un maximum en concentration et en flux atteint dans un délai de 1 à 6 jours, ii) des variations entre le temps sec et le temps de pluie de 0,2 à 5 unités Log_{10} en concentration et de 0,4 à 4,6 unités Log_{10} en flux, et iii) des retours à la concentration de base dans un délai de 1 à 10 jours voire plus. Les estimations des apports des stations réalisées dans le cadre de la première étape du projet, basées sur les résultats de l'autosurveillance, ont donc été sous-estimées.

La mise en évidence des principales sources de pollution durant les campagnes de mesures permet une première orientation vers des actions prioritaires sur les systèmes d'assainissement au sens large à mener sur le bassin versant pour réduire les apports microbiologiques à la lagune.

4 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Les campagnes de mesure réalisées simultanément sur le bassin versant et dans la lagune de Thau dans le cadre du projet OMEGA Thau, ont permis d'identifier les principales sources de pollution microbiologiques d'origine fécale et les principaux secteurs contributeurs à l'origine des dégradations récurrentes de la qualité sanitaire des coquillages de la lagune. Par temps sec, la principale source de pollution semble être les oiseaux marins qui utilisent la nuit les tables conchylicoles en tant que dortoirs, cette hypothèse forte devra être validée par l'utilisation de marqueurs spécifiques de pollution aviaire. Par temps de pluie, dans chaque secteur critique identifié, les principales sources de production d'*E. coli* identifiées sont le lessivage urbain/rural, de probables interférences entre les réseaux d'assainissement d'eaux usées et pluviales et les effluents de stations d'épuration.

La base de données recueillies lors des campagnes de mesures décrites dans cet article, a permis le calage de modèles permettant de simuler le « parcours » des contaminants microbiologiques, depuis leur source de production sur le bassin versant jusque dans les zones de production conchylicoles dans la lagune. Grâce à la mise en œuvre de ces modèles, des Flux Journalier Maximal Admissible (FJMA) ont pu être déterminés pour les principaux exutoires de la lagune de Thau. Ces FJMA correspondent aux flux d'*E. coli* simulés n'ayant pas d'incidence sur la qualité des eaux lagunaires pour les seuils et les indicateurs retenus, et ce quelles que soient les conditions météorologiques. Les FJMA propres à chaque exutoire, comparés aux flux apportés à la lagune, permettront de hiérarchiser pour différentes conditions météorologiques, les zones du bassin versant et de définir les programmes de travaux prioritaires pour réduire la pollution d'origine fécale.

L'analyse de la prévision météorologique a permis de mettre en avant la difficulté des modèles météorologiques à prévoir précisément, la spatialisation et le cumul de la pluie. Ces éléments limitant devront être pris en compte lors du développement du système d'avertissement précoce des contaminations microbiologiques, à destination des usagers de la lagune.

BIBLIOGRAPHIE

- Loubersac, L., Do Chi, T., Fiandrino, A., Jouan, M., - Derolez, V., Lemsanni, A., Rey-Valette, H., Mathe, S. ; Pagès, S., Mocenni, C., Casini, M., Paoletti, S., Pranzo, M., Valette, F., Serais, O., Laugier, T., Mazouni, N., Vincent, C., Got, P., Troussellier, M. and Aliaume, C (2007). *Microbial contamination and management scenarios in a Mediterranean coastal lagoon (Etang de Thau, France): Application of a Decision Support System within the Integrated Coastal Zone Management context*. TWM, Transit. Waters Monogr., Vol. 1(1), 107-127.
- Anonyme (2004). *Regulation (EC) N° 852/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on the hygiene of foodstuffs*. Official Journal of the European Union, 21p.
- Anonyme (2006). *Directive 2006/7/CE du Parlement européen et du Conseil du 15 février 2006 concernant la gestion de la qualité des eaux de baignade et abrogeant la directive 76/160/CEE*. Journal officiel de l'Union européenne, 15p.
- Serais, O., Laugier, T., Abadie, E, Messiaen, G. and Le Gall, P. (2009). *Qualité du milieu marin littoral – Bulletin de la Surveillance Edition 2009. Départements : Gard, Hérault, Aude et Pyrénées-Orientales*. Rapport Ifremer/LER/LR 09.001, 104p.
- Serais, O. (2009). *Evaluation de la qualité des zones de production conchylicole. Hérault et Gard – Edition 2009*. Rapport Ifremer/LER/LR/09.004, 59p.
- Barataud, D., Doyle, A., Gally, A., Thiolet, J.M., Le Guyader, S., Kholi, D. and Vaillant, V (2003). *Toxi-Infections Alimentaires collectives à Norovirus, liées à la consommation d'huîtres de l'étang de Thau, France, décembre 2002*. BEH n°38/2003, 177-179.
- Le Saux, J.C., Serais, O., Krol, J., Parnaudeau, S., Salvagnac, P., Delmas, G., Cicchero, V., Claudet, J., Pothier, P., Balay, K, Fiandrino, A, Pommepuy, M. and Le Guyader, S (2009). *Evidence of the presence of viral contamination in shellfish after short rainfall events*. Proceeding of the 6th International Conference on Molluscan Shellfish Safety ; The Royal Society of New Zealand (Ed), 2009, Miscellaneous series 71, 256-262.
- DDASS 34 (1998). *Rapport de l'enquête G.E.A de Noël 1997 menée par la DDASS de l'Hérault*.
- Fiandrino, A, Cesmat, L, Derolez, V, Serais, O. and Laugier, T (2010). *Assessment of Escherichia coli contamination in the Tau lagoon (France): Combined use of physically based modelling and geostatistics*. Sous presse. SimHydro 2010 : Hydraulic modeling and uncertainty, 2-4 June 2010, Sophia Antipolis
- BRLi, Egis Eau, Ifremer (2007). *Projet OMEGA Thau. Phase 1 – Etape 1. Inventaire et hiérarchisation des sources de pollution du bassin versant de la lagune de Thau*. Rapport final. 379 p.
- Ifremer, BRLi, Egis Eau (2007). *Projet OMEGA Thau. Phase 1 – Etape 1. Protocole de suivi de l'étape 2 : campagnes de mesures au niveau lagunaire*. Rapport final RST/LER/LR/07-07, 42 p.
- BRLi, Egis Eau, Ifremer (2007). *Projet OMEGA Thau. Phase 1 – Etape 1. Protocole pour la réalisation des campagnes de mesures sur le bassin versant*. Rapport final. 26 p.
- Ifremer, Egis Eau, BRLi (2008.) *Projet OMEGA Thau. Phase 1 – Etape 2. Etude des contaminations microbiologiques par temps sec de l'étang de Thau*. Rapport final. RST/LER/LER/LR/08-06111 p.
- Derolez, V., Serais, O., Caprais, M.-P., Le Saux, J.-C., Messiaen G. (2010). *Investigating an avian source of shellfish faecal contaminations in the Thau lagoon (Mediterranean, France)*. Accepted in *Aquatic Living Resources*.
- BRLi, Egis Eau, Ifremer (2009). *Projet OMEGA Thau. Phase 1 – Etape 2. Bilan de la campagne de mesures*. Rapport final. 71 p. + annexes
- Delichère, S., Boudong, C., Couton, P., Fang, Z.-X., Lequette, C., Raymond, M. (2009). *Fresh water and Escherichia coli loads during rainfall events: from the surface watershed to the lagoon (OMEGA Thau project)*. 4ème Congrès européen sur les Lagunes Côtières, Recherche et Gestion pour la conservation des Ecosystèmes Lagunaires Côtiers, Comparaisons Sud-Nord. Poster 7-6
- Cesmat, L., et al. (2009). *Modélisation de la dynamique de la contamination d'Escherichia coli de l'eau et des coquillages dans la lagune de Thau*. 4ème Congrès européen sur les Lagunes Côtières, Recherche et Gestion pour la conservation des Ecosystèmes Lagunaires Côtiers, Comparaisons Sud-Nord. Poster 7-7
- Fiandrino, A., Cesmat, L., Derolez, V., Serais, O., Boudong, C., Lequette, C., Raymond, M., Couton, P., Delichère, S., Fang, Z.-X. (2009). *E. coli Maximum Allowable Daily Loads (MADL): an environmental management tool for improving the microbiological quality of the lagoon water*. 4ème Congrès européen sur les Lagunes Côtières, Recherche et Gestion pour la conservation des Ecosystèmes Lagunaires Côtiers, Comparaisons Sud-Nord. Poster 9-5