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

Contributeurs :

Gilles Brocard*, Valérie Derolez**, Ophélie Serais**, Annie Fiandrino**, Camille Lequette***, BRLi****

- * Syndicat Mixte du Bassin de Thau, BP 18, 34540 Balaruc les Bains (g.brocard@smbt.fr)
- ** Ifremer Laboratoire LER/LR, BP 171, 34203 Sète cedex, France (dopler.lr@ifremer.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)

Partenaires financiers du projet Oméga Thau :



Maîtrise d'ouvrage et partenaires institutionnels :



RÉSUMÉ

Les évolutions réglementaires en matière de sécurité sanitaire et de salubrité des cultures marines (Directive cadre sur l'eau de 2000, réglementation européenne de 2004 relative à la mise sur le marché des mollusques bivalves vivants) et les dispositions de la directive sur les eaux de baignade de 2006 ont créé un cadre réglementaire plus exigeant et conduisent les maîtres d'ouvrage à disposer d'outil de connaissance des fonctionnements de leurs réseaux d'assainissement, particulièrement en temps de pluie.

Dans ce contexte, les collectivités regroupées au sein du Syndicat Mixte du Bassin de Thau 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, de leur impact sur la qualité de l'eau et sur les cultures marines ;
- disposer d'une aide à la programmation des investissements et des équipements nécessaires pour 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 : pour avertir les usagers des risques de contamination 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 associant secteur public et privé. Après 18 mois de mesures simultanées sur le bassin versant et la lagune et la mise en place d'une modélisation des phénomènes d'apport et de transfert des pollutions, la phase 1 du programme arrive à terme, et va permettre à la collectivité de bâtir son programme d'actions. Cet article revient plus particulièrement sur les campagnes de mesures, et leur exploitation pour la construction du modèle « bassin versant ».

MOTS CLES

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

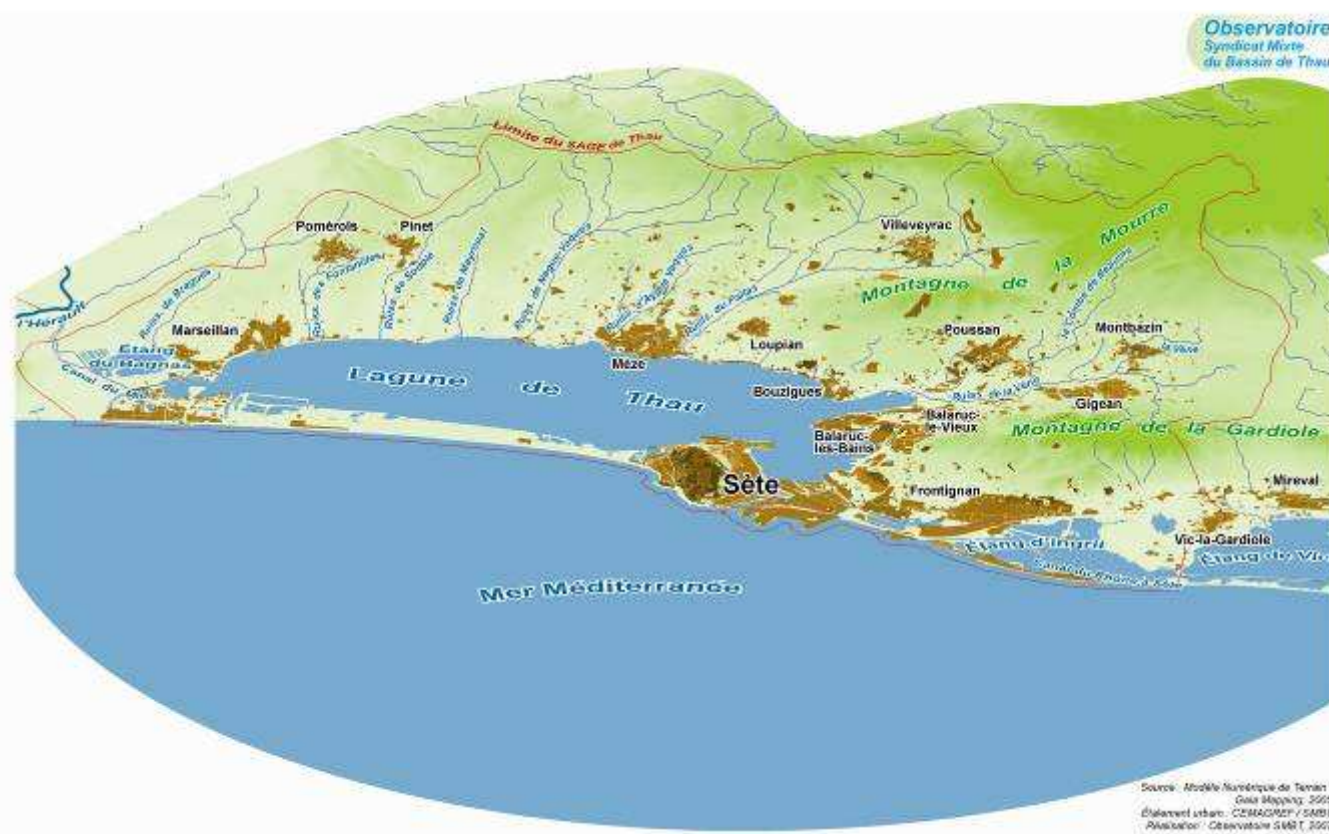
1. ORGANISATION DU PROGRAMME OMEGA THAU.

1.1 Le contexte et les enjeux.

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. En effet, 500 concessions conchylicoles sont réparties en 3 secteurs (Bouzigues, Mèze et Marseillan), générant plus de 2000 emplois directs. Les ressources halieutiques de la lagune 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, dégagant 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.

D'un point de vue hydrographique, la lagune est alimentée par une dizaine de petits cours d'eau au régime intermittent, et qui représentent les principaux apports depuis le bassin versant (figure 1). Les deux principaux cours d'eau (la Vène et le Pallas) drainent près de la moitié du bassin versant d'une superficie de 440 km².

Figure 1 : le bassin versant de la lagune de Thau (SMBT, 2007).



La surveillance sanitaire des zones de cultures marines est assurée par l'Ifremer, en application de la réglementation européenne (CE n°854/2004, complété du règlement CE n°1666/2006). Depuis juin 2004, la zone conchylicole de Thau est classée en catégorie B, ce qui impose le passage avant commercialisation des coquillages en bassins de stabulation agréés. Cependant, les autorités sanitaires ont été contraintes de restreindre les conditions de mise sur le marché des cultures marines, voire de les interdire à de multiples reprises, et en particulier suite à des épisodes pluvieux impactant la qualité sanitaire des coquillages.

Face à ce constat, les collectivités du bassin versant de Thau ont souhaité se doter d'un outil de management environnemental pour connaître les mécanismes de production, de transfert et de diffusion des pollutions microbiologiques dans la lagune et dans un second temps, mettre en place une stratégie d'actions (travaux et aménagements, outil d'avertissement, ...).

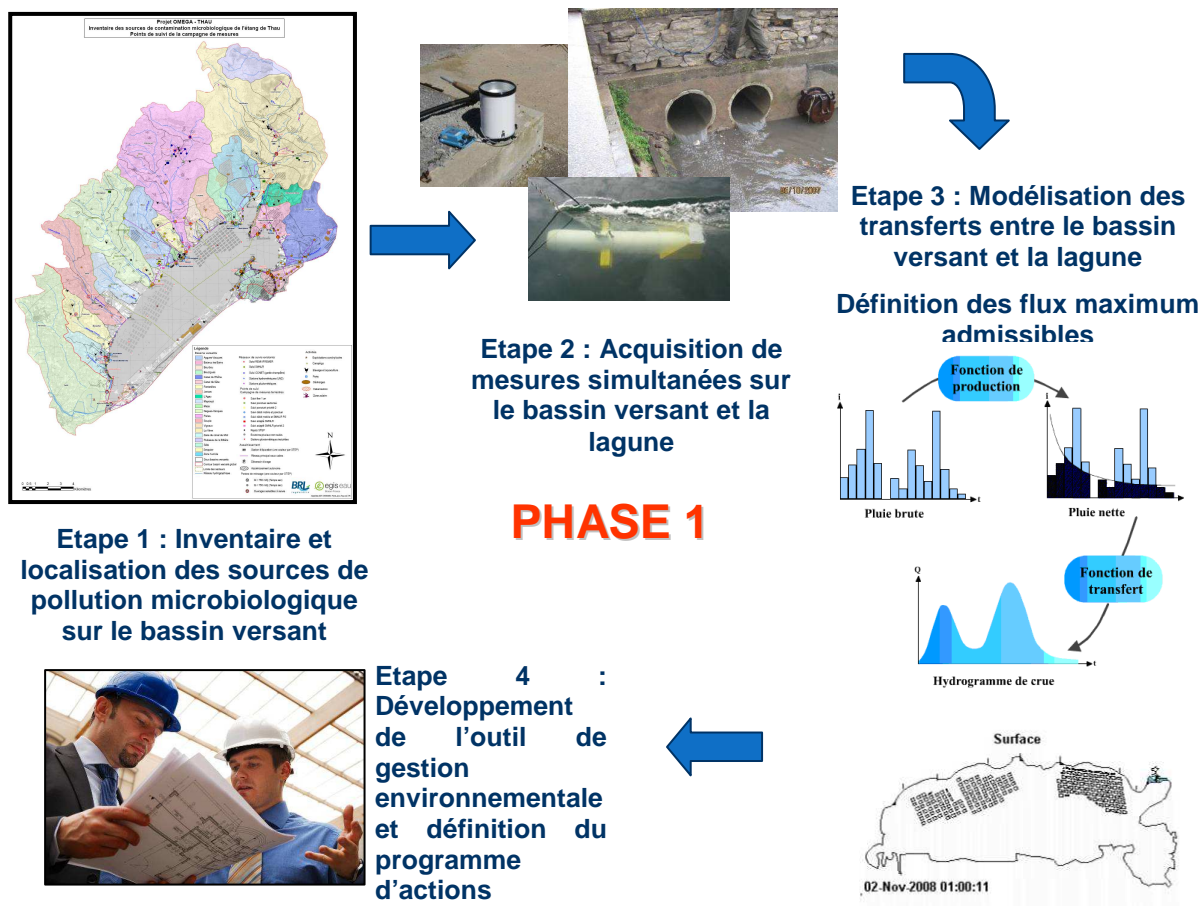
1.2 Phases techniques du programme.

Réunissant plusieurs actions du Contrat Qualité, le Syndicat Mixte du Bassin de Thau est maître d'ouvrage du projet de recherche et développement OMEGA Thau qui a pour ambition de répondre aux attentes des collectivités et des professionnels de la lagune de Thau. Ce projet, financé par l'Europe, la Région Languedoc Roussillon, le Conseil Général de l'Hérault et l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse, regroupe trois partenaires techniques et scientifiques : l'Ifremer, BRLi et Egis Eau qui ont aussi investi dans le programme une part de fonds propres.

Le projet OMEGA Thau se décline autour de trois objectifs :

- répondre aux exigences réglementaires européennes relatives à la surveillance des cultures marines mais aussi relatives aux eaux de baignade ;
- construire un outil d'aide à la décision permettant d'inscrire les actions des collectivités dans un processus de management environnemental ;
- rendre opérationnel un dispositif d'avertissement précoce des risques de pollutions susceptibles d'affecter les cultures marines par temps de pluie mais aussi en cas d'incident par temps sec.

Figure 2 : Organisation des étapes 1 à 4 du programme Oméga Thau (BRLi, Egis Eau, 2007).



A l'heure actuelle, les étapes 1 à 4 ont été mises en œuvre. Elles permettent d'aboutir à un programme d'actions, qui sera finalisé au cours de l'année 2010. Le développement de l'outil d'avertissement sera discuté dans le cadre du 4^{ème} Contrat Qualité de l'étang de Thau, dont la programmation technique et financière interviendra également courant 2010.

2 BILAN DES CAMPAGNES DE MESURES IN SITU.

2.1 Rappel de l'étape 1 : 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 et des activités à risque d'un point de vue microbiologique 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...). Nous rappelons ici brièvement les différentes sources identifiées (voir TSM n° de 2008) : 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,...

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 des cumuls de pluies.

La figure 3 présente le bilan des estimations des principaux apports polluants à la lagune de Thau d'un point de vue microbiologique, selon la saison, et en fonction des conditions pluviométriques.

Il est intéressant de remarquer que le flux total de pollution microbiologique théorique 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. 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 (Pluvial).

Figure 3 : 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, 2007).

	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 E.Coli/jour	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%) Pollutions aviaire (8%)	DO (71%) Pluvial (8%) ANC (8%)	PR (61%) DO (21%)	PR (62%) DO (22%)	PR (95%)	PR (95%)

2.2 Etape 2 : acquisition de mesures qualitatives et quantitatives simultanées sur le bassin versant et sur la lagune.

Cette étape a eu pour objectif l'acquisition simultanée sur le bassin versant et dans la lagune de l'ensemble des données nécessaires à la réalisation des étapes suivantes, et en particulier le calage des modèles « bassin versant » et « lagune » (étape3).

Les suivis ont été mis en œuvre de septembre 2007 à février 2009. La stratégie a porté à la fois sur un suivi des principaux événements pluvieux et sur un suivi de temps sec. Les mesures ont porté à la fois sur la caractérisation de l'ensemble du bassin versant (points fixes) et de la lagune et sur le suivi

resserré de secteurs « zoom » définis pour chaque événement.

2.2.1 Bilan quantitatif des campagnes de mesures sur le bassin versant et la lagune.

Au total, les partenaires d'OMEGA Thau ont été mobilisés pour le suivi de 9 événements pluviométriques ; 5 événements ont été suivis simultanément sur le bassin versant et la lagune, 2 n'ont été suivi qu'en lagune et 2 ont finalement été annulés.

Les campagnes de mesures de temps de pluie ont permis d'échantillonner et estimer les apports 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 de l'étape 2, avec :

- plus de 800 analyses des niveaux d'*E. coli* ;
- 600 analyses du paramètre MES ;
- 350 analyses du paramètre DCO ;
- plus de 70 analyses des paramètres DBO₅, NTK et Pt.

De plus, 4 campagnes de suivi des contaminations par temps sec et d'évaluation de la fréquentation des tables conchylicoles par les oiseaux marins ont été mises en œuvre au cours de l'année 2008.

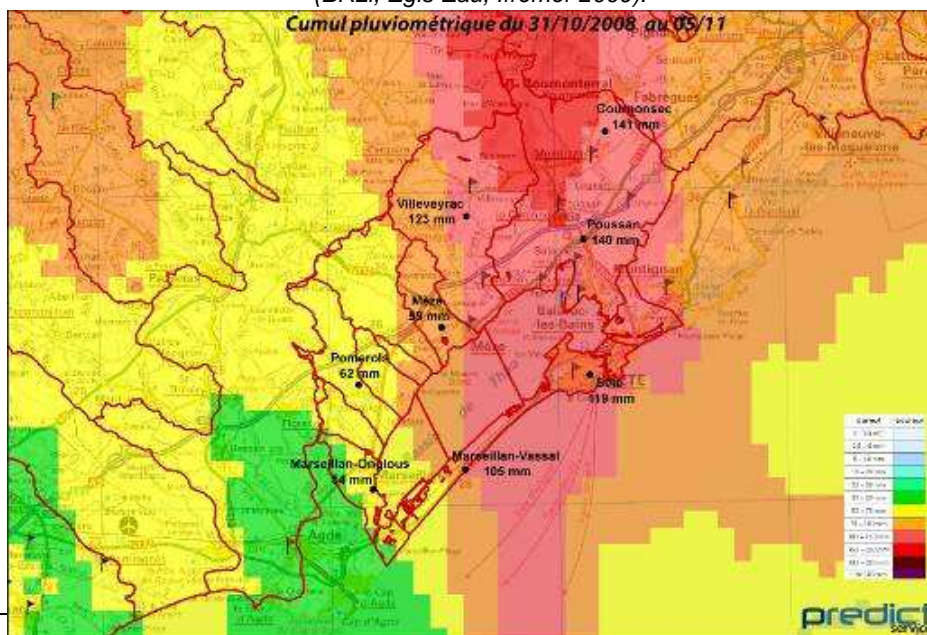
En complément des données hydrologiques acquises par les sondes haute fréquence déployées dans la lagune tout au long de la période, les campagnes de temps sec et de temps de pluie ont donné lieu à 130 embarquements sur la lagune au cours desquels ont été réalisés :

- 2950 prélèvements d'échantillons d'eau ou de coquillages et analyses *E. coli* ;
- 2400 mesures ponctuelles de la salinité et de la température de l'eau ;
- 100 analyses des teneurs en MES et de mesure de turbidité ;
- 130 détections de Norovirus des génogroupes I et II ;
- 110 analyses de dénombrement des bactériophages ARN spécifiques ;
- 25 transects de mesures hydrologiques haute fréquence.

Concernant l'assainissement, les données recueillies ont été celles de l'autosurveillance (stations d'épuration, déversoirs d'orage, incidents réseaux), complétées par des bilans entrées-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.

Enfin, le dispositif a bénéficié des images radar des cumuls de temps de pluie fournies en temps réel par Météo France, au pas de temps 15 minutes pour une couverture totale du territoire, à la maille de 1 km². Cette information, couplée aux données de 7 pluviomètres installés sur le bassin versant, a permis de disposer d'un matériel intéressant quant à la validation des mesures pluviométriques de terrain.

Figure 4 : Cumuls estimés par image radar, exemple de l'événement du 31/10/08 au 05/11/08. (BRLi, Egis Eau, Ifremer 2009).



2.2.2 Bilan pluviométrique.

Si les moyennes mesurées en 18 mois sur les 7 sites montrent une pluviométrie relativement homogène sur le bassin versant, l'analyse de chaque événement pluvieux montre une plus grande hétérogénéité. 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.

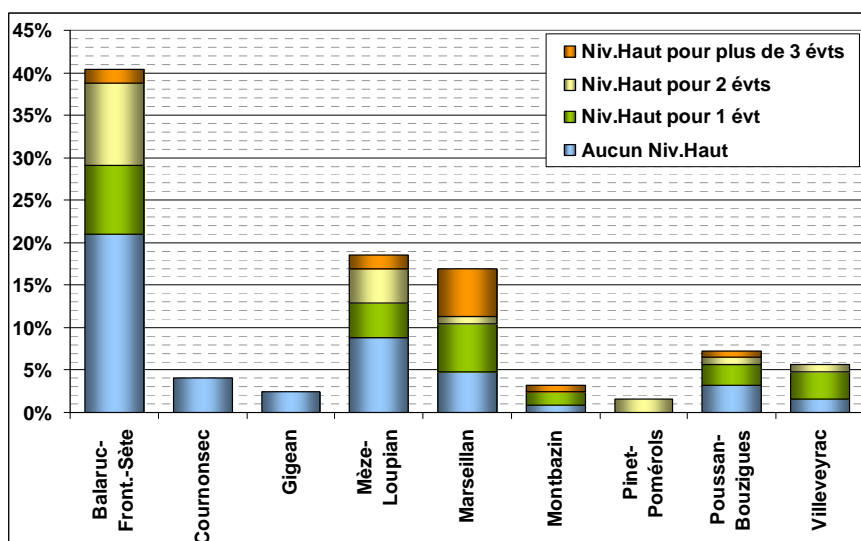
L'analyse de la prévision météorologique lors de la campagne de mesure met en avant la difficulté des modèles à prévoir à l'avance, et de manière précise, la spatialisation et le cumul de la pluie.

2.2.3 Bilan du suivi des réseaux de collecte et de transfert des eaux usées.

Sur les **5 campagnes de mesures** suivies simultanément sur le bassin versant et dans la lagune, on dénombre **66 postes de relevage/refoulement** dont l'alarme de niveau haut a été déclenchée au moins une fois (soit plus de la moitié de l'ensemble des ouvrages de relevage du territoire). A noter cependant qu'une alarme de poste en niveau haut, signale stricto sensu une surcharge hydraulique de l'ouvrage, et ne peut être directement associée à un déversement d'eaux usées dans le milieu naturel ou sur la chaussée.

La *Figure 5* présente la répartition des apports de l'ensemble des postes de relevage du territoire par chaîne de transfert des eaux usées, ainsi que la répartition, dans chaque chaîne de transfert, de la fréquence des alarmes de niveau haut.

Figure 5 : Répartition des postes de relevage du territoire par chaîne de transfert et par nombre de déclenchement d'alarmes de niveau haut (BRLi, Egis Eau, Ifremer, 2009).



Ce graphique met nettement en évidence la forte sensibilité aux pluies de la plupart des réseaux des chaînes de transfert du territoire excepté ceux de Cournonsec, de Gigan, et de Villeveyrac dans une moindre mesure.

2.2.4 Suivi des stations d'épuration.

Le schéma de réponse des lagunages en termes de concentration et de flux en *E. coli* est le suivant :

- un maximum en concentration et en flux atteint dans un délai de 1 à 6 jours selon les ouvrages et le cumul pluviométrique,
- des variations entre le temps sec et le temps de pluie de 0,2 à 5 unités log en concentration et de 0,4 à 4,6 unités log en flux selon les ouvrages et le cumul pluviométrique,
- des retours à la concentration de base dans un délai de 1 à 10 jours voire plus selon les ouvrages et le cumul pluviométrique.

2.2.5 Bilan des contaminations dans la lagune

Les données acquises dans le cadre du projet OMEGA Thau de septembre 2007 à février 2009 ont

confirmé la récurrence des épisodes de dégradation de la qualité sanitaire des coquillages en élevage suite à des épisodes pluvieux et par temps sec.

Même si les niveaux moyens en *E. coli* dans les coquillages prélevés sous les tables conchylicoles sont légèrement plus élevés suite aux pluies que par temps sec (moyenne géométrique : 300 et 260 *E. coli* / 100 g de CLI), les concentrations maximales sont observées par temps sec (jusqu'à 56 000 *E. coli* / 100 g de CLI), alors qu'elles restent inférieures à 9 000 *E. coli* / 100 g de CLI suite aux pluies. Le seuil pour une zone classée A (230 *E. coli* / 100 g de CLI) est dépassé dans 48 % des cas suite à des pluies et 30 % des fois par temps sec.

Dans l'eau prélevée au niveau des tables conchylicoles, les niveaux moyens atteints sont plus élevés par temps de pluie que par temps sec (moyenne géométrique : 50 et 20 *E. coli* / 100 mL). La valeur guide (100 *E. coli* / 100 mL) est quant à elle franchie dans respectivement 29 % et 3 % des cas.

La comparaison des résultats des analyses en *Escherichia coli* effectuées sur les coquillages prélevés simultanément dans les trois secteurs conchylicoles entre de septembre 2007 et février 2009 dans le cadre des suivis OMEGA et REMI indique que tous les secteurs sont impactés par des contaminations, sans différence significative.

La recherche des causes de contamination de temps sec est rendue extrêmement difficile compte tenu des paramètres en jeu : variabilité des cinétiques des contaminations (vend, hydrodynamisme, sédimentation surface/fond), investigations de terrain limitées, données de l'autosurveillance des réseaux d'assainissement ne permettant pas de détecter des rejets ponctuels illicites, pollutions par la navigation de plaisance mobiles et difficiles à détecter... Pour exemple, le pic de contamination de temps sec observé en mars 2008 était indétectable au point de suivi faisant face à Mèze le 3 mars (< 130 *E.coli*/100g CLI), le même point marquait 56 000 *E.coli*/100 g CLI le 10 mars et retombait inférieur à 130 *E.coli*/100 g CLI le 11 mars sans qu'aucune source ne soit mise en évidence. Le pic de contamination du mois d'août 2008 (9 600 *E.coli*/100 g CLI le 4 août au droit de Bouzigues, puis 12 000 *E.coli*/100 g CLI au droit de Mèze le 5 août) a mis en cause le stationnement de voiliers de plaisance, alors que l'hypothèse aviaire n'est pas écartée...

2.2.6 Faible inertie du système

La stratégie d'échantillonnage mise en place sur la lagune suite aux événements pluvieux a permis de mettre en évidence la faible inertie du système (déplacement des panaches de dessalure et de pollution, contamination / décontamination de l'eau et des coquillages) et la réponse rapide de ce système aux variations du vent et des niveaux d'eau en mer. La direction du vent impacte la dispersion des panaches et son intensité impacte le degré de mélange des masses d'eau sur la verticale. Ainsi, des vents forts favorisent l'homogénéisation de la masse d'eau alors qu'en l'absence de vent, le mélange des eaux douces et saumâtres reste limité.

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 et l'arrêt de leurs fonctions de filtration.

2.3 Principales sources de production d'*E.coli* identifiées en fonction des conditions météorologiques

La mise en évidence des principales sources de pollution durant l'étape 2 permet une première orientation vers des actions prioritaires à mener sur le bassin versant pour réduire les apports microbiologiques à la lagune.

2.3.1 En temps sec

Les campagnes de suivi réalisées durant cette étape ont montré la récurrence des contaminations des coquillages de la lagune par temps sec. Les pollutions ponctuelles sont associées à des niveaux très élevés de contamination susceptibles d'impacter l'activité conchylicole de façon significative (dépassements des seuils réglementaires). Ces contaminations ont donné lieu à une décision

préfecturale d'obligation de purification renforcée des coquillages pour la zone d'élevage en août 2008.

Les campagnes de suivi réalisées pendant cette étape ont également permis de confirmer l'hypothèse, formulée lors de l'étape 1 du projet, d'une influence significative des pollutions d'origine aviaire (oiseaux nichant la nuit sur les tables ostréicoles) sur les contaminations de la lagune observées en temps sec. 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 (Ifremer, 2008).

Sur le bassin versant, les stations d'épuration contribuent, en temps sec, de manière prépondérante au bruit de fond des apports de pollution des cours d'eau récepteurs. Mais les apports mesurés sont restés très faibles (hors dysfonctionnements) par rapport à ceux des bassins versants les plus productifs d'*E. coli* en temps de pluie.

2.3.2 En temps de pluie

Les 18 mois de campagne de mesures ont permis d'observer une grande diversité de pluies, très contrastées en termes de cumuls (mais dans une gamme relativement faible), d'intensité, de durée, ou de spatialisation.

Le suivi des apports terrestres à la lagune de Thau a ainsi permis d'identifier des bassins versants particulièrement contributeurs, et inversement. Cependant, les bassins versants suivis, de nature, et à l'occupation du sol variables en espace, et dont l'état de saturation a varié au long de ces 18 mois, ont répondu aux sollicitations de la pluie de manière très variable d'un point du territoire de Thau à un autre. Cet état de fait rend difficile une analyse comparative des différentes zones du bassin versant.

Néanmoins, dans l'optique de comparer ces apports sur une base commune minimum, nous avons isolé 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 illustré par la figure 6. Ces flux seront comparés ultérieurement aux Flux Maximum Admissible (FMA définis au cours de l'étape 4), au-dessus desquels il y a un risque de pollution microbiologique des eaux conchycoliques.

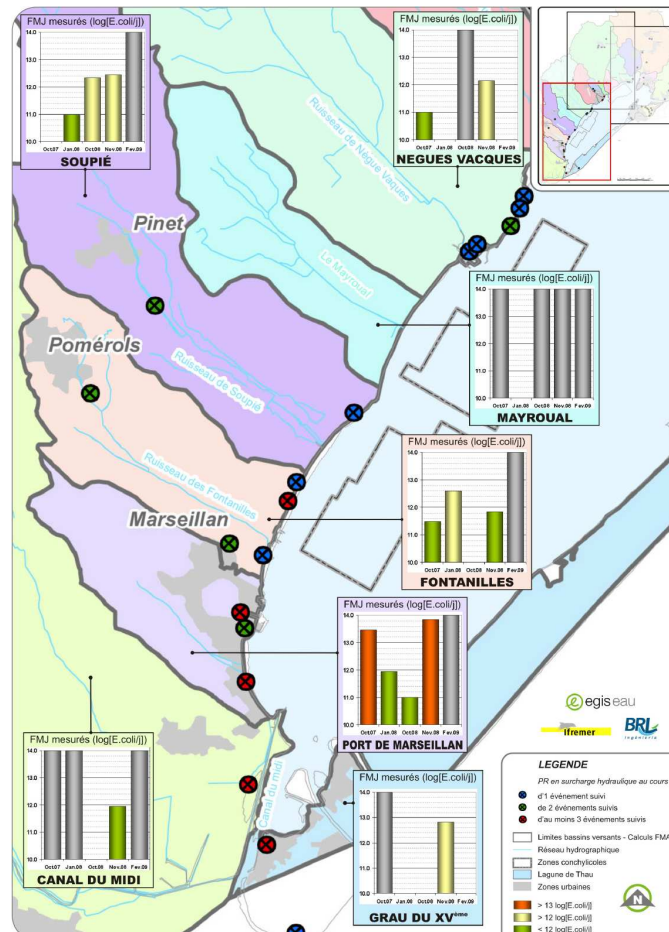


Figure 6 : détail des flux maximum journaliers mesurés aux exutoires de la partie sud du bassin versant à l'issue des campagnes de mesures (BRLi, Egis Eau, Ifremer, 2009).

Pour chaque bassin versant, un histogramme contenant 5 barres, représente le flux journalier (échelle logarithmique) mesuré à l'exutoire durant les 5 campagnes sur le bassin versant. En orange : un flux journalier supérieur à 13 log [E.coli/j]. En jaune : un flux journalier compris entre 12 et 13 log [E.coli/j]. En vert, un flux journalier inférieur à 12 log [E.coli/j]. L'absence de barre apparente signifie un apport inférieur à 10 log (E.coli/j). La couleur grise symbolise une absence de suivi. Cette figure présente également la localisation des PR pour lesquels a été enregistrée au moins une alarme de niveau haut durant les campagnes de suivi.

En temps de pluie, chaque bassin versant contribue plus ou moins selon sa sollicitation aux lames d'eau reçues, néanmoins l'analyse met en évidence les tendances de fonctionnement suivantes relatives aux secteurs suivis :

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 Vène-Crique de l'Angle, et de la zone du Canal du Rhône à Sète (résultats à confirmer) ;
- 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.

3. MODELISATION DES SOURCES DE POLLUTION MICROBIOLOGIQUES SUR LE BASSIN VERSANT DE LA LAGUNE DE THAU.

3.1. Méthodologie, calage et incertitudes

En **temps de pluie**, les modèles détaillés mis en œuvre afin de représenter les différents processus en jeu pour chaque source de pollution bactériologique ont exploité à la fois les données issues des campagnes de mesure du projet et des données issues de travaux antérieurs ou bibliographiques. Basés sur un découpage du bassin en sous-bassins versants, les transferts des écoulements et des bactéries sont par conséquent calculés dans chaque tronçon de cours d'eau, pour fournir des estimations des différentes pollutions générées au niveau de chaque sous-bassin versant.

Plus particulièrement, les processus modélisés sont :

- les déversements éventuels au droit de certains postes de relevage (eaux usées et unitaires),
- les rejets des stations d'épuration,
- le lessivage urbain,
- le lessivage rural,
- le relargage des stocks-rivières.

Les travaux de recherches menés par HydroSciences Montpellier depuis plus de 20 ans sur le bassin de la Vène ont permis de mettre en évidence l'existence de stocks-rivières, alimentés en période d'étiage principalement par les rejets de STEP, et de phénomènes de relargage associés durant les épisodes pluvieux, notamment lors de la première crue de fin d'étiage, ou première crue d'automne (Chu, 2006 ; Tournoud et al., 2008).

Les rejets associés à l'assainissement autonome et aux campings, ainsi que les rejets industriels n'ont pas fait l'objet de modélisation spécifique. Les valeurs prises en compte sont issues de la bibliographie disponible sur le sujet.

En **temps sec**, les rejets de pollution microbiologiques modélisés sont constitués :

- des rejets des stations d'épuration,
- des rejets accidentels, dus à des pannes de postes de relevage des eaux usées.

Le modèle « bassin versant » est un modèle conceptuel, spatialisé et événementiel qui simule en temps de pluie à un pas de temps infra-horaire les apports en eau douce et en *Escherichia coli* du bassin versant superficiel aux exutoires lagunaires.

Pour chaque processus modélisé, un calage a été réalisé, et les incertitudes associées ont été estimées afin de mieux appréhender les limites de la modélisation.

Les figures suivantes illustrent le calage réalisé sur la modélisation des surverses sur réseaux d'assainissement, et des apports du lessivage urbain (calage notamment sur les résultats acquis sur le bassin pilote strictement urbain du Bourbou, instrumenté durant l'étape 2) :

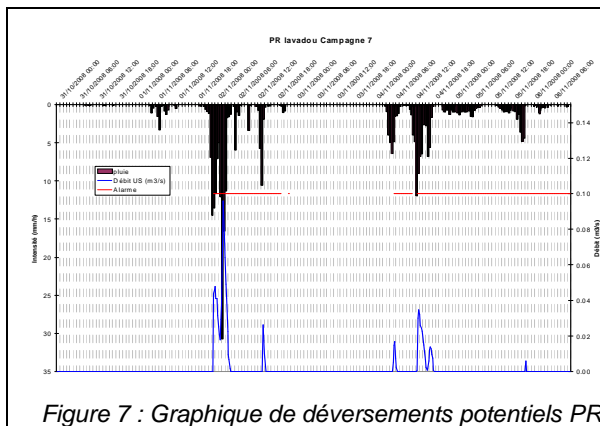


Figure 7 : Graphique de déversements potentiels PR

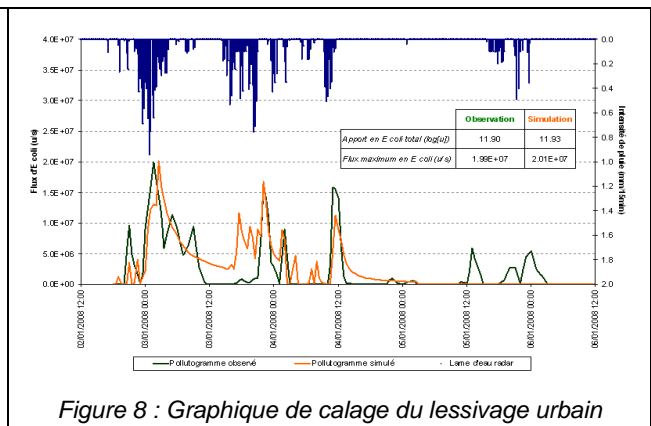


Figure 8 : Graphique de calage du lessivage urbain

3.2. Evaluation des pollutions pour les pluies de projet

Les modèles ont été mis en œuvre pour estimer les hydrogrammes et pollutogrammes aux exutoires (points d'entrée dans la lagune) pour les pluies de projet de période de retour 2 ans et 5 ans. Les périodes hors saison (octobre à mai) et saison estivale (juin à septembre) ont été distinguées du fait de la variation importante des pollutions générées par les processus de lessivage et de relargage des stocks-rivière entre ces deux périodes. La durée de temps sec précédant la pluie est en effet un facteur déterminant pour l'estimation de ces pollutions.

CONCLUSION : PERSPECTIVES POUR UNE HIERARCHISATION DES SOURCES DE POLLUTION.

Surverses des postes de refoulement et lessivage urbain : 2 principales sources.

Quelque soit la période de l'année, la pollution microbiologique générée par les surverses de PR est prépondérante (souvent plus de 80% de l'apport global du bassin versant), exceptée pour les secteurs les plus urbanisés (Balaruc et Sète – Ile de Thau), pour lesquels les apports liés au lessivage urbain sont majoritaires. Viennent ensuite, par ordre d'importance décroissante (le classement pouvant néanmoins varier d'un exutoire à l'autre) : les effluents de STEP, les rejets de l'ANC, le lessivage rural et le relargage des stock-rivières.

Comparaison des approches saisonnières.

Pour les pluies survenant en période estivale (durée de temps sec importante entre 2 pluies) :

- les rejets dus au lessivage urbain augmentent, et deviennent souvent du même ordre de grandeur que les apports liés aux déversements de PR ;
- le relargage des stock-rivières est également maximisé, plaçant souvent cette source de pollution en 2^{ème} ou 3^{ème} position.

Pour les pluies survenant « hors saison » (durée de temps sec réduite entre 2 pluies) :

-
- les rejets dus au lessivage urbain sont plus faibles (moins d'accumulation de bactéries) ;
 - les rejets des stations d'épuration sont alors souvent du même ordre de grandeur que les rejets dus au lessivage urbain, et se placent pour certains exutoires en seconde position.

Comparaison des apports selon les types de pluie (2 ans et 5 ans).

Il est également intéressant de constater que les variations en termes d'apports en *E. coli* sont faibles entre les résultats obtenus pour les événements de périodes de retour 2 ans et 5 ans : En moyenne +0.1 à +0.2 log *E. coli*, pour les rejets des PR et le lessivage urbain, +0.4 à +0.5 log *E. coli* pour les rejets dus aux STEP. Ceci peut notamment s'expliquer par une durée de lessivage efficace peu différente, et par la limitation du stock de bactéries mobilisables sur le bassin versant.

Ce faible écart entre les apports d'une pluie de 2 ans et d'une pluie 5 ans tient compte de l'augmentation importante des apports en eau douce (+50% en moyenne). Il impliquera en revanche des stratégies distinctes de gestion des eaux pluviales (quantitatif et qualitatif).

Vers une priorisation spatiale des actions.

Finalement, la définition d'un programme d'actions correctives pertinent à l'échelle du territoire d'étude nécessite d'intégrer la sensibilité de chaque exutoire des bassins versants vis à vis du risque de contamination des zones conchylicoles (ou de tout autre usage sensible de la lagune, comme les zones de baignade) à la hiérarchisation finale des sources de pollution.

Ainsi, certains exutoires apportant des quantités importantes de pollution ne seront pas prioritaires dans le programme d'actions du fait de leur faible impact sur la contamination microbiologique des zones conchylicoles.

Le modèle 3D de la lagune interviendra à ce niveau pour apporter les éléments de diagnostic complémentaires (détermination des seuils de contamination pour chaque exutoire ou ensemble d'exutoires, pour une pluie et des conditions météorologiques données) pouvant être croisés avec les résultats des modèles « bassin versant » (apports microbiologiques pour chaque exutoire ou ensemble d'exutoires, pour une pluie et des conditions météorologiques données).

Les Flux maximum journalier admissibles (FMJA) propres à chaque exutoire, comparés aux flux réels apportés à la lagune, permettront de confirmer les zones critiques du bassin versant et de préciser les programmes de travaux prioritaires pour réduire la pollution d'origine fécale.

Capitalisation des simulations pour la construction du système d'avertissement.

La banque de données de simulations du devenir des *E. coli* dans la lagune apportés selon différentes conditions météorologiques permettra en outre d'alimenter le système d'avertissement du risque de contamination microbiologique, à destination des usagers de la lagune.

BIBLIOGRAPHIE

BRLi, Egis Eau, 2007. Outil de Management Environnemental et de Gestion des Avertissements. Phase 1 / Etape 1. 379 p. + annexes.

BRLI, Egis Eau, Ifremer, 2009. Outil de Management Environnemental et de Gestion des Avertissements. Phase 1 / Etape 2. Bilan de la campagne de mesures. 71 p. + annexes

Ifremer, 2007. Synthèse des résultats REMI Etang de Thau - Période 1997-2006. OMEGA THAU. Phase 1 - Etape 1. 50 p.

Ifremer, Egis Eau, BRLi, 2008. Outil de Management Environnemental et de Gestion des Avertissements. Etude des contaminations microbiologiques par temps sec de l'étang de Thau. 111 p.

CHU Yin, 2006. Flux de polluants en crue sur les petits bassins versants côtiers méditerranéens. Sources, estimations et modélisation. Mémoire de thèse. Université de Montpellier 2. Sciences et techniques du Languedoc. 166p.

Tournoud M.-G., Chahinian N., Perrin J.-L., Picot B., Septembre 2008. 13th World Water Congress, Montpellier. Coupled water flow and quality modelling of an intermittent French river : The Vène. 15 p.

Tournoud M.-G., Perrin J.-L., Picot B., Salles C., Got P., Caro A., Rodier C., Grillot C., Chu Y., Septembre 2008. 13th World Water Congress, Montpellier. Impact of the biological behaviour on pollutant dynamics in an intermittent Mediterranean River (Vène, France) : 12 p.