

UFR Sciences & Techniques Côte Basque

Université de Pau et des Pays de l'Adour

Licence Biologie des Organismes

Etude de mise en place d'un réseau de suivi de la qualité de l'eau dans l'estuaire de la Gironde

Et

Etude de la pollution bactérienne sur un réseau déjà existant sur la Côte Basque



LEZIAN Eloi



Stage effectué du Lundi 5 Mars au Mercredi 3 Mai 2014 à

Surfrider Foundation Europe : 16 Avenue Etienne, 64200 Biarritz

Sous la direction de Mr. Nahélou Kévin



« Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui ne peut en aucun cas engager la responsabilité de l'Entreprise ou du Laboratoire d'accueil »

Remerciements

Je tiens à remercier dans un premier temps le siège social de Biarritz de Surfrider Foundation Europe de m'avoir permis de réaliser ce stage de 2 mois et Gilles ASENJO, Président de l'association.

Plus particulièrement, un grand merci au Pôle Environnement : Jean-Baptiste DUSSAUSSOIS, Christina BARREAU, Charléric BAILLY et Kévin NAHELOU mon maître de stage.

Tous ensemble ayant rendu mon intégration au sein de l'équipe rapide et mon stage court, mais toujours dans la bonne humeur.

Avant-propos

Surfrider Foundation Europe (ou SFE) est une association non lucrative. Fondée en 1990 par des surfeurs, dont Tom Curren à Biarritz, SFE lutte pour la défense, la sauvegarde, la mise en valeur et la gestion durable de l'océan et de son littoral par les populations locales.

L'association se divise en de nombreuses antennes, dont le siège social est à Biarritz. Plus d'une trentaine antennes sont ainsi disséminées à travers l'Europe, bien que la plupart d'entre elles demeurent en France. De plus SFE est scindée en différents pôles (environnement, communication et développement, éducation, administration et finance) lui permettant ainsi de couvrir de nombreux secteurs et de maximiser son efficacité dans ses actions.

Ceci se base essentiellement sur des bénévoles et des sympathisants, moteur de l'association, qui vont aider SFE lors d'activité ou en lui signalant des problèmes relevant de sa juridiction.

Le pôle environnement, où j'ai effectué mon stage, s'occupe notamment de la qualité de l'eau et de la gestion d'un réseau de suivi de différentes zones d'activités nautiques. L'objectif est de favoriser le dialogue avec les communes pour résoudre des problèmes en cas de mise en évidence d'incident.

En effet, contrairement au passé, la politique actuelle de Surfrider Foundation Europe est de dialoguer un maximum avec les acteurs locaux, et d'ainsi prendre des décisions conjointes à leurs intérêts respectifs.

Table des matières

1. Introduction	1
2. Etude de faisabilité.....	3
2.1. Exemple antérieur	3
2.2. Début de l'étude	3
2.3. Présentation de la zone d'étude	3
2.4. Les activités nautiques dans l'estuaire	5
2.5. Les réseaux déjà existants et leurs intérêts.....	5
2.6. Les acteurs locaux.....	7
2.6.1. Le SAGE de l'estuaire de la Gironde	7
2.6.2. Les activités industrielles.....	7
2.7. Le bouchon vaseux	7
2.8. La qualité de l'eau	9
2.9. Conclusion.....	9
3. Le réseau de suivi de la Côte Basque.....	11
3.1. Avant-propos	11
3.2. Les bactéries suivies	11
3.2.1. Escherichia coli	11
3.2.2. Les entérocoques	11
3.3. Un choix de l'Etat.....	13
4. Matériels et méthodes.....	13
4.1. Protocole	13
4.1.1. La fiche de suivi	13
4.1.2. Les paramètres étudiés	15
4.1.3. Les lieux de prélèvement	15
4.2. Protocole d'échantillonnage	15
4.3. Analyses des échantillons	17
4.3.1. Matériel	17
4.3.2. Manipulation.....	19
4.3.3. Lecture des résultats.....	19
4.4. Communication.....	20
5. Analyses et Résultats.....	20

5.1.	La base de données	20
5.2.	Test d'indépendance entre <i>E. coli</i> et les Entérocoques à 95%.....	21
5.3.	Test d'indépendance du χ^2 à 95% entre les précipitations et les bactéries	23
5.4.	Analyse des histogrammes des pollutions en fonction des précipitations ...	25
5.5.	Analyse des nuages de points.....	25
5.6.	Analyse des histogrammes de la pollution en fonction des spots.....	27
6.	Discussion.....	29
6.1.	Fiabilité des données.....	29
6.2.	Une dominance des pollutions pour <i>E. coli</i>	29
6.3.	Une surveillance des pollutions par les eaux usées	29
6.4.	Des problèmes méthodologiques et législatifs	31
7.	Conclusion	32
8.	Bibliographie	33

Liste des Figures

Figure 1 : Cartes des différentes plaques de déchets océaniques (tiré du site 5gyres.org).	2
Figure 2 : Vue aérienne du littoral et des berges de l'estuaire de la Gironde (tiré du site google maps).	4
Figure 3 : Sites des réseaux du Consortium MAGEST (tiré du site du Consortium MAGEST).	6
Figure 4 : Circuit des pollutions industrielles et domestiques produites et éliminées (Agence de l'Eau Adour Garonne, 1994).	8
Figure 5 : Carte des différents lieux référencés de pratique de surf (tiré du site surf report).	10
Figure 6 : Carte des différentes zone de baignade officielles (tiré du site du Ministère de la Santé : Eaux de baignade).	10
Figure 7 : Schéma d'une <i>Escherichia coli</i> (tiré du site www.steadyhealth.com).	12
Figure 8 : Image d' <i>Enterococcus faecalis</i> par microscope électronique.	12
Figure 9 : Fiche de prélèvement utilisée au cours du stage.	14
Figure 10 : Carte des lieux de prélèvements du réseau de suivi de la Côte Basque.	16
Figure 11 : Scelleuse de plaques à micropuits.	18
Figure 12 : Microplaque à 96 puits.	18
Tableau 1 : Tableau récapitulatif des variables quantitatives.	22
Tableau 2 : Tableau récapitulatif des variables qualitatives.	22
Figure 13 : Histogramme des pollutions bactériennes (<i>E. coli</i> ou Entérocoques) selon l'intensité des précipitations.	26
Figure 14 : Histogrammes des pollutions bactériennes selon les lieux de prélèvements.	28
Figure 15 : Cycle des eaux usées (tiré du site dechetsdesmenages.typepad.fr).	30

Annexe

Figure 16 : Origine du bouchon (tiré du site laGaronne, Le bouchon vaseux du système estuarien Garonne - Dordogne - Gironde).	1
Figure 17 : Oxygénation du bouchon vaseux (tiré du site laGaronne, Apports du MAGEST sur l'oxygénation).	1
Figure 18 : Ancienne fiche de prélèvement.	2
Figure 19 : Table de lecture à 2 dilutions des Entérocoques.	3
Figure 20 : Figure 20 : Table de lecture à 2 dilutions d' <i>E. coli</i>	4
Tableau 3 : Base de données.	5
Figure 21 : Nuages de points des concentrations bactériennes (<i>E. coli</i> ou Entérocoques) selon les précipitations (sur 24 ou 72H).	6

1. Introduction

L'eau est une composante importante de ce monde et sa qualité demeure un des enjeux majeurs de ce siècle. Il ne s'agit pas seulement de la qualité de l'eau douce, mais aussi de l'eau de mer.

En effet, de nombreuses substances chimiques, utilisées par l'homme, se retrouvent en mer sans avoir été traitées. Il ne s'agit pas seulement de matières chimiques : on retrouve également des produits manufacturés. Provenant principalement du continent, ils s'accumulent en mer, formant de gigantesques plaques de déchets comme « l'Eastern Pacific Garbage et la Western Pacific Garbage (Howell et al., 2012), dont bon nombre s'échoueront sur le littoral ou finiront ingurgités par des animaux, les tuant souvent (**Figure 1**).

Heureusement, il existe des lois garantissant une certaine qualité de l'eau que ce soit pour l'eau douce ou de mer. Mais les lois concernant l'eau de mer, telles la DGS/EA4/2009/389 (Ministère de la Santé et des Sports, 2010) et la directive européenne 2006/7/CE (Union européenne, 2006), sont relativement incomplètes.

Bien que plus précises et strictes que leurs aînées vis-à-vis des paramètres étudiés, elles en gardent certaines erreurs. Ainsi, cette Directive Cadre Eau (ou DCE) (Roche et al., 2005) ne s'intéresse toujours qu'uniquement aux zones de baignade, ne prenant en compte que des paramètres bactériologiques, et seulement sur la période estivale.

C'est donc pour répondre en partie à cette absence de suivi que SFE réalise des analyses de zones d'activités nautiques, répondant ainsi à une demande croissante de la part des pratiquants d'activités nautiques telles que le surf, le kayak ou encore la voile.

Cependant, avant de pouvoir réaliser ce genre de suivi, il est nécessaire de monter tout un réseau à une échelle locale, ce qui requiert de nombreuses conditions. Il faut ainsi qu'il y est une demande et un soutien réel de la part des communes, une aide de la part de bénévoles locaux, le fait qu'il n'existe aucune autre structure s'occupant de la zone ou bien qu'il est y est un intérêt particulier à suivre cette zone plutôt qu'une autre.

C'est donc pour répondre en partie à ces modalités que des études préliminaires sont menées.



Figure 1 : Cartes des différentes plaques de déchets océaniques (tiré du site 5gyres.org).

2. Etude de faisabilité (Annexe à part)

2.1. Exemple antérieur

Dans le cas du réseau de suivi de la qualité de l'eau dans les Landes une étude avait également été menée. Cette enquête avait mis en évidence de nombreux problèmes liés à des pollutions, notamment signalés par les Gardiens de la Côte, une association partenaire à celle de SFE, et aussi une base importante de bénévoles.

Suite à cette investigation, le projet a reçu un avis favorable de la part du pôle administratif, et un nouveau réseau de suivi a vu le jour.

C'est dans une optique similaire qu'une nouvelle étude a été menée, pour un potentiel réseau de suivi dans l'estuaire de la Gironde.

2.2. Début de l'étude

Pour cette étude les principaux traits des enquêtes passées ont été repris, afin de servir de base. L'étude se devant d'être neutre, il a fallu ignorer les affaires locales où Surfrider, ou une des associations affiliées, avaient été impliquées. La recherche d'informations s'est donc portée sur les enjeux locaux, les études récentes réalisées, sur le lieu où SFE souhaiterait mettre en place son réseau, et leurs aboutissants, et les acteurs locaux : aussi bien les communes et les associations de recherche ou de bénévoles, que les industries.

Surfrider Foundation Europe s'intéresse donc à la mise en place d'un réseau de suivi de la qualité de l'eau des zones d'activités nautiques dans l'estuaire de la Gironde, similaires à ceux existants déjà sur la Côte Basque ou encore dans les Landes. Pour la réaliser, il m'a été demandé d'étudier la zone de l'estuaire allant de Hourtin à La Tremblade pour son embouchure et les fleuves en amont, jusqu'à Bordeaux pour la Garonne et jusqu'à Libourne pour la Dordogne (**Figure 2**).

2.3. Présentation de la zone d'étude

Résultant de la rencontre des fleuves de la Garonne et de la Dordogne, l'estuaire de la Gironde est le plus grand de l'Europe de l'Ouest avec une superficie de 636 km², une longueur de 75 km et une largeur de 12 km (Conseil général de la Gironde, Conseil général de la Charente Maritime, 2012). Un estuaire est une zone particulière correspondant à l'embouchure d'un important cours d'eau, où la zone de rencontre entre l'eau salée et l'eau douce est visible.

Un estuaire est un lieu clé que ce soit pour le commerce ou l'écologie. Ainsi, de nombreux grands estuaires sont anthropisés et présentent souvent des barrages en leur amont et des ports le long de leurs berges. De même, différentes substances liées aux activités humaines tendent à s'accumuler dans les sédiments présents en leur fond (Lansard et al., 2007). De plus, les estuaires sont des écosystèmes très particuliers, avec des espèces endémiques comme l'Angélique des estuaires (Conservatoire botanique national Sud-Atlantique, 2012) ou menacées comme l'esturgeon ou l'anguille d'Europe.

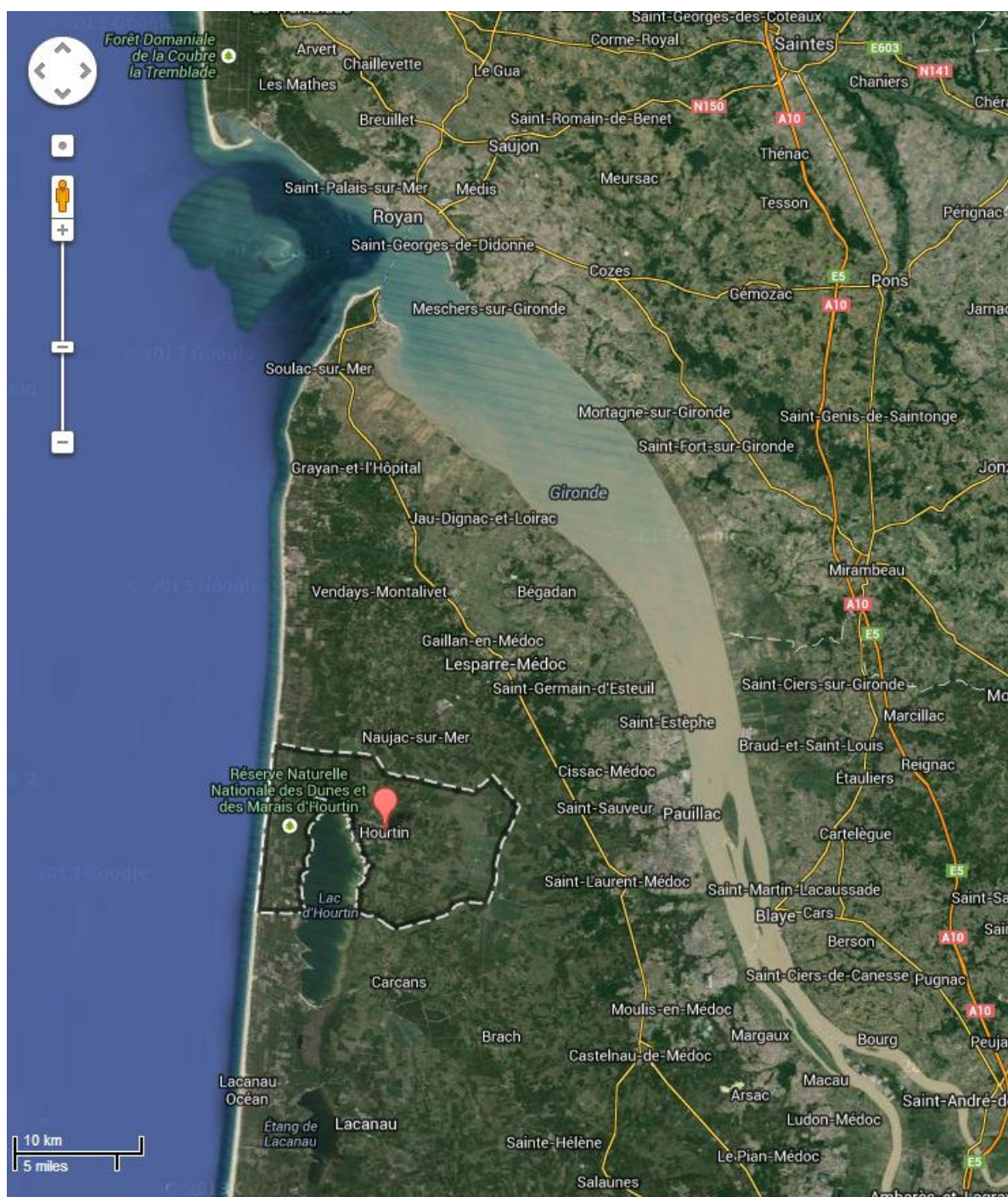


Figure 2 : Vue aérienne du littoral et des berges de l'estuaire de la Gironde (tiré du site google maps).

De par cette spécificité et sa biodiversité, l'estuaire de la Gironde abrite 2 zones classées Natura 2000 : FR7200677 et FR5412011, recouvrant sa quasi-totalité (INPN, 2013).

2.4. Les activités nautiques dans l'estuaire

Mais bien qu'une zone de baignade ne soit pas incompatible avec une zone Natura 2000, il n'existe aucune zone de baignade sur la zone considérée. Toutes les zones de baignade officielles sont, selon le Ministère de la Santé (Ministère des affaires sociales et du Sport, 2014), sur le littoral. Cependant, si de nombreux sites d'activités nautiques se trouvent aussi sur le littoral, concordant avec les zones de baignade (Surf Report, 2014), des activités nautiques sont aussi pratiquées le long de l'estuaire (SMIDDEST, 2014).

2.5. Les réseaux déjà existants et leurs intérêts

Il existe aussi une surveillance de la qualité de l'eau de l'estuaire, hors celle du Ministère de la Santé gérant les zones de baignade, réalisée par le consortium MAGEST (Consortium MAGEST, 2011). MAGEST (MArel Gironde ESTuaire) est un réseau de suivi de la qualité de l'eau basé sur des paramètres physico-chimiques. Ce partenariat se fait entre 14 partenaires du bassin Adour-Garonne (le Conseil régional d'Aquitaine, le Conseil régional de Garonne, le SMIDDEST, l'Agence de l'eau Adour-Garonne, Epidor, le SMEAG, le port de Bordeaux, EDF, LACUB, Ifremer, Irstea, EPOC, l'Observatoire aquitain des sciences de l'univers, l'université de Bordeaux, Adera, GEO-Transfert). Pour cela, ce consortium possède 4 stations de mesure. Elles utilisent une technologie de l'Ifremer afin d'être adaptées aux conditions de l'estuaire, mais il n'y a au final qu'une seule station située dans le périmètre voulu par SFE (**Figure 3**). Ces partenaires assurent le financement du réseau ou l'entretien des stations et l'analyse des données.

Cependant, d'une part, ce réseau ne mesure pas des paramètres de la qualité de l'eau intéressant directement les pratiquants de loisirs nautiques ; mais d'autre part, il s'intéresse davantage à l'évolution de l'écosystème qu'à la qualité de l'eau. En effet, ces stations suivent le comportement du bouchon vaseux, l'oxygénation des eaux, la biodisponibilité des polluants et la dynamique des populations. Bien qu'au final l'objectif des données récoltées soit orienté vers le changement climatique et la pression anthropique, certains des facteurs sont néanmoins intéressants par rapport à l'objectif du réseau de SFE (Consortium MAGEST, 2011). Ainsi, l'étude de la biodisponibilité des polluants permet à Surfrider de mettre en évidence le besoin d'un suivi de la qualité de l'eau autre que bactériologique.

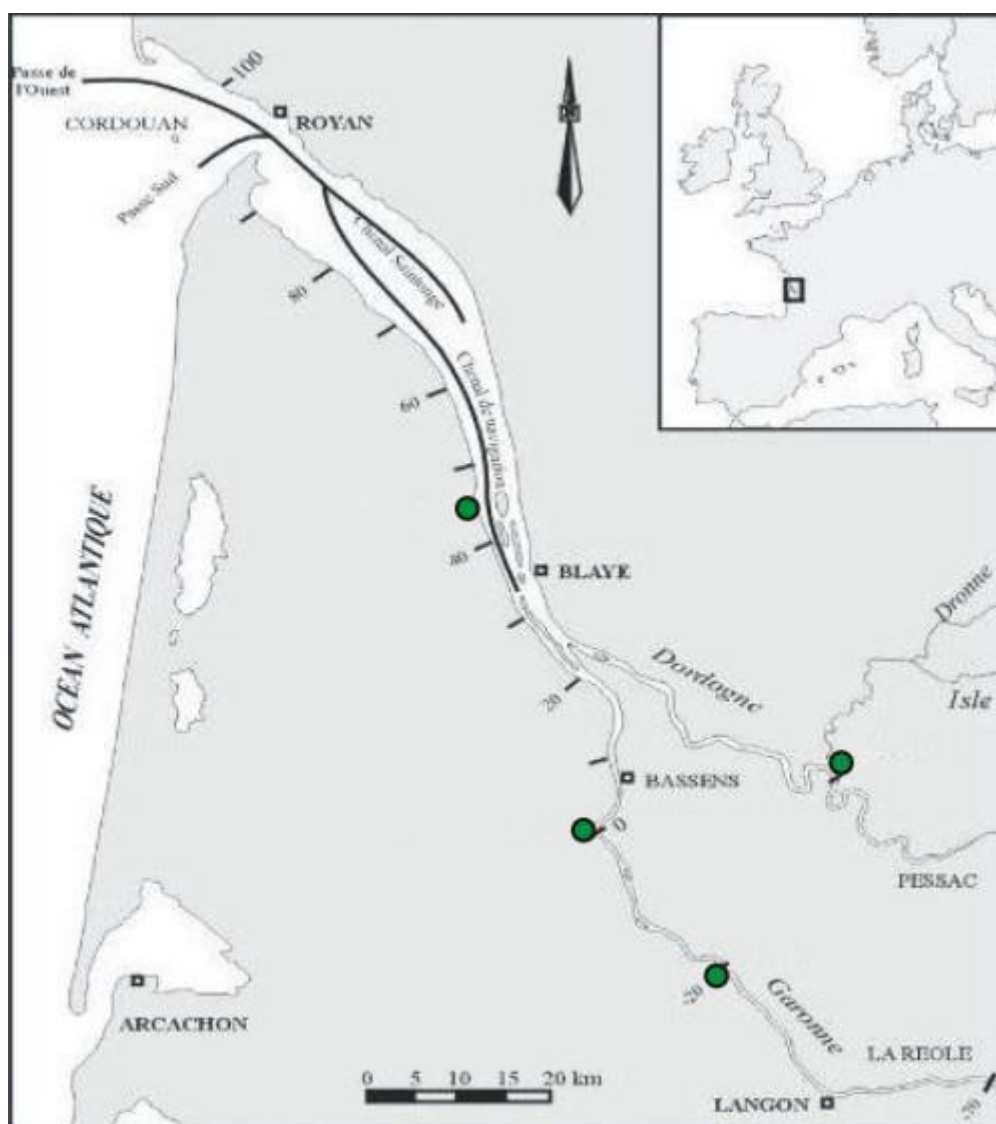


Figure 3 : Sites des réseaux du Consortium MAGEST (tiré du site du Consortium MAGEST).

2.6. Les acteurs locaux

2.6.1. Le SAGE de l'estuaire de la Gironde

En plus de ce besoin, il y a une véritable demande de la part d'organismes officiels dont le principal est le SAGE (ou Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux) de l'estuaire de la Gironde. Ce dernier a publié son Plan de Gestion et d'Aménagement et de Gestion Durable de la ressource en eau et des milieux aquatiques (PAGD) qui définit différents objectifs avec des budgets associés. Le PAGD de l'estuaire de la Gironde prévoit un suivi de la qualité de l'eau hors des zones de baignade basé sur la pollution chimique de l'eau du milieu, ce qui correspond à ce que peut proposer SFE et en partie au réseau que l'association veut établir (SAGE Estuaire de la Gironde, 2013).

Il faut néanmoins tenir compte aussi des différents acteurs similaires à Surfrider dont les plus importants font déjà partie du consortium MAGEST, se divisant entre financeurs et techniciens. Ils demeurent importants dans le cas où SFE établirait un réseau, devenant alors des soutiens financiers ou des associés potentiels.

2.6.2. Les activités industrielles

Autres intervenants dans l'estuaire de la Gironde, de nombreuses industries sont présentes le long du cours d'eau et de son amont, notamment à Bordeaux. Elles sont diverses, aussi bien chimiques que métallurgiques, avec même une centrale nucléaire (centrale nucléaire du Blayais) (Manageo, 2014). A cela s'ajoutent des activités de culture telles que la pisciculture ou la viticulture (MIDAGO, 2008).

En probable relation avec ces activités anthropiques, de nombreux polluants différents ont été identifiés dans les eaux de l'estuaire (**Figure 4**). Ainsi, des polluants chimiques tels que le cadmium, le zinc, le plomb et le mercure ont été mis en évidence, de même que diverses molécules organiques comme les phosphates, les nitrates, des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP²), des polychlorobiphényles (PCB³) (Agence de l'Eau Adour Garonne, 1994).

Mais, les études les plus poussées sur ces polluants sont relativement anciennes et ne peuvent donc plus être réellement considérées comme étant d'actualité (Ifremer, 1993 ; Gonzalez et al., 1999). Cependant, d'autres plus récentes montrent qu'ils y auraient une persistance dans l'environnement de certains de ces polluants : en particulier pour le cadmium, principalement dans le bouchon vaseux de l'estuaire (Damy, 2011).

2.7. Le bouchon vaseux

Le bouchon vaseux est un ensemble de sédiments en suspension se trouvant à l'embouchure des grands cours d'eau, quand les eaux fluviales rencontrent les eaux marines (**Annexe : Figure 16**). Ainsi, il jouit de conditions particulières avec une turbidité et une salinité variable, et aussi d'un taux d'oxygène relativement faible (**Annexe : Figure 17**). Ce sont ces conditions qui vont faire réagir certaines

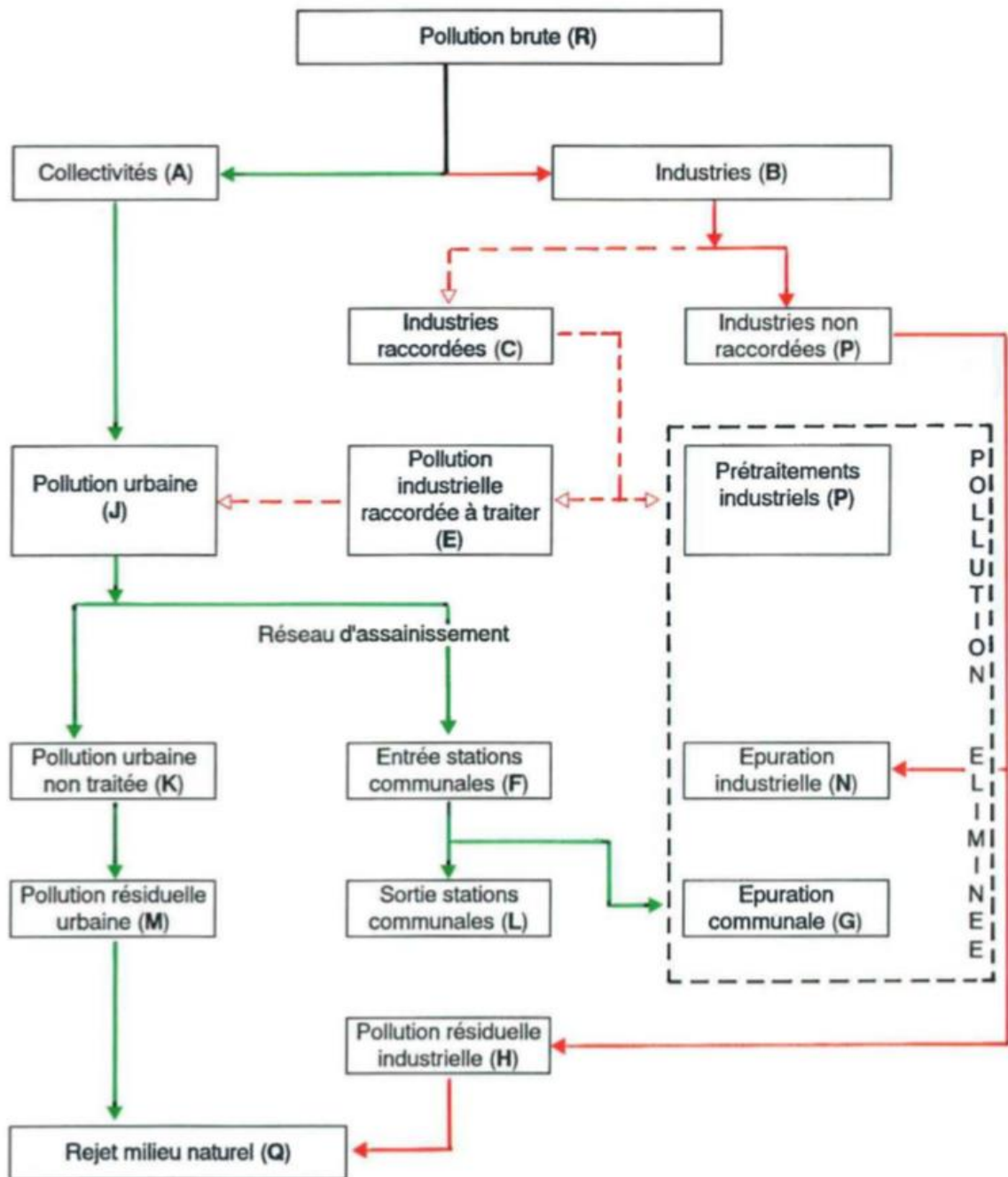


Figure 4 : Circuit des pollutions industrielles et domestiques produites et éliminées (Agence de l'Eau Adour Garonne, 1994).

molécules (comme le cadmium) et les faire s'associer aux sédiments en suspension, s'accumulant. De plus, ces sédiments finissent par couler, s'amassant et formant une crème de vase, partie la plus polluée du bouchon vaseux (Boutier et al., 1989).

En outre des études et des articles plus récents font valoir le lien entre ces substances et les activités industrielles locales. Cette relation se fait soit au travers d'étude, comme celle de Tapie N., Budzinski H. et Elie P. en 2006 qui montre que certaines pollutions, déjà répertoriées il y a longtemps, par le biais de la persistance de polluants dans le bouchon ou d'un apport renouvelé en molécules. Cet approvisionnement peut être dû à divers accidents ou encore à un mauvais système d'écoulement des eaux usées.

2.8. La qualité de l'eau

Pour ce qui est de la qualité des eaux de baignade, cette dernière est suivie par les Agences Régionales de Santé (ou ARS) qui rendent compte de la propreté de leurs eaux au Ministère de la Santé. Au final, la qualité des eaux des zones de baignade du littoral est relativement bonne, avec une amélioration au cours des dernières années.

Mais si certaines des zones de baignade (**Figure 6**) concordent avec les zones d'activités nautiques (**Figure 5**) les plus fréquentées au niveau de l'estuaire de la Gironde. Ceux ne sont que les zones de baignade qui sont mesurées, et non celles d'activités nautiques. De plus, du fait de la localisation des zones de bain, aucun suivi n'est fait sur le reste de l'estuaire.

Enfin, avec les lacunes de la loi 2006/7/CE, on a aucun suivi des pollutions chimique et organique, seul celui bactériologique étant réalisé, alors que leur présence à clairement étaient démontrée.

2.9. Conclusion

L'estuaire de la Gironde semble propice à la mise en place d'un réseau de suivi le long du fleuve et sur son embouchure. La présence d'un PAGD l'encourage d'autant plus que les partenaires potentiels et les acteurs locaux sont nombreux, et que l'importance des activités industrielles engendre des potentielles pollutions du milieu. Couplés à l'absence de suivi, ces facteurs favorisent l'implantation d'un nouveau réseau de suivi de la qualité de l'eau.

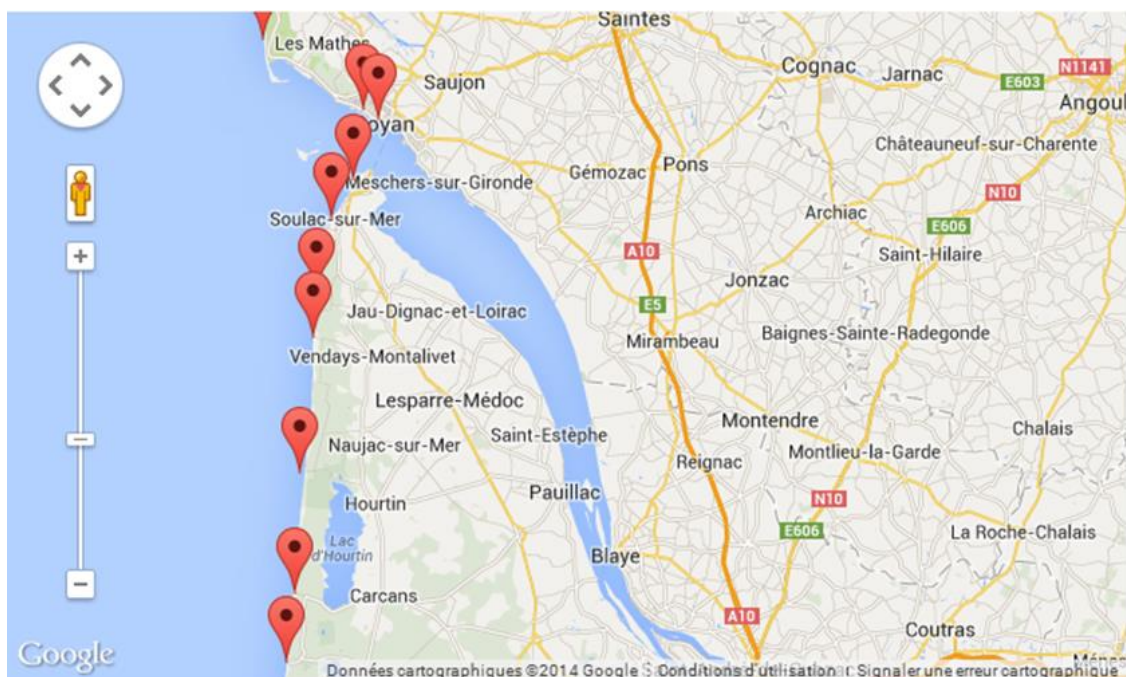


Figure 5 : Carte des différents lieux référencés de pratique de surf (tiré du site surf report).

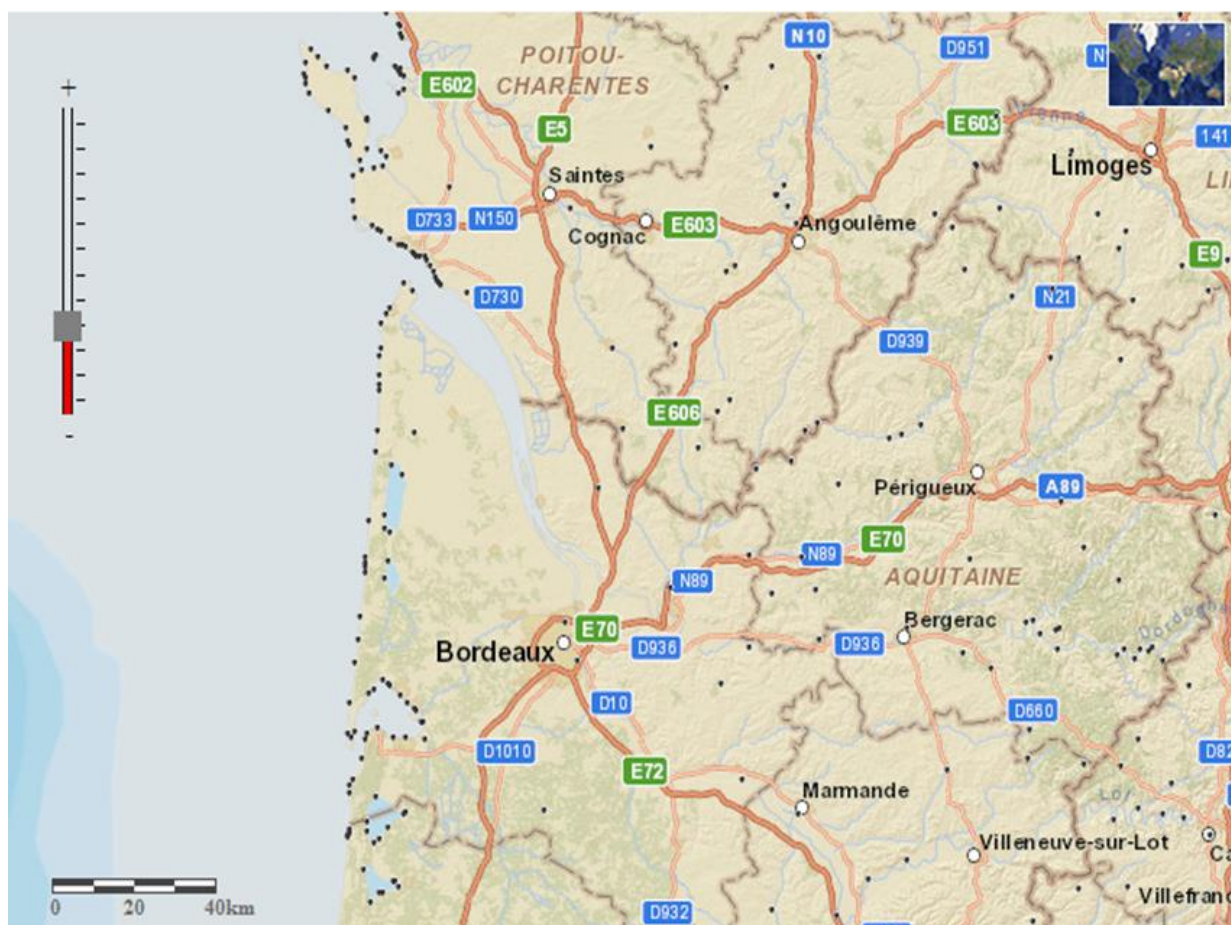


Figure 6 : Carte des différentes zone de baignade officielles (tiré du site du Ministère de la Santé : Eaux de baignade).

3. Le réseau de suivi de la Côte Basque

3.1. Avant-propos

La seconde partie de mon stage s'est déroulée sur un réseau déjà existant : celui de la Côte Basque, un des plus anciens.

Tout au long du stage, j'ai aidé au suivi de ce réseau en gérant la base de données, en aidant aux prélèvements et à l'interprétation des résultats transmis par le laboratoire.

Les analyses ne se sont portées uniquement sur *E. coli* et les entérocoques, afin de donner une légitimité à l'intervention de Surfrider dans la gestion de la qualité de l'eau. En effet, s'il n'existe aucune réglementation pour la qualité des eaux des zones d'activités nautiques, il en va tout autrement pour les eaux de baignade. Ainsi, c'est selon la législation encadrant la qualité de ces eaux, déterminée par les directives DGS/EA4/2009/389 et 2006/7/CE, que SFE fait effectuer l'analyse de ses échantillons. C'est un laboratoire indépendant qui se charge de faire les mesures, et cela selon les méthodes des directives des zones de baignade.

3.2. Les bactéries suivies

3.2.1. *Escherichia coli*

Escherichia coli (**Figure 7**) est une bactérie de la famille des entérobactéries. Faisant naturellement partie du microbiote intestinal humain (et plus généralement des animaux homéothermes), *E. coli* représente près de 80% de la flore intestinale aérobie. Il existe cependant plusieurs souches de cette bactérie, celle habituellement présente dans le système digestif est une souche non pathogène, mais il existe de nombreuses autres souches pathogènes.

Ce sont ces souches qui sont à l'origine de diverses pathologies telles que la diarrhée, la gastro-entérite, etc. Ceci est possible du fait de la grande plasticité du génome de cette bactérie commensale (et des bactéries de façon générale). De plus, faisant partie de la flore intestinale, *E. coli* se retrouve dans les matières fécales des « animaux à sang chaud ».

C'est ainsi que l'on peut trouver ces protéobactéries dans les eaux usées non traitées (Yang et Wang, 2014). Cela fait d'elles un bon indicateur en cas de pollution par ces eaux dans différents milieux comme la mer, où elles risquent alors de persister si les conditions le permettent, jusqu'à être un risque pour la santé des baigneurs et autres pratiquants de loisirs nautiques.

3.2.2. Les entérocoques

Il en va de même pour les entérocoques (**Figure 8**). Cette famille de bactéries, qui au contraire d'*E. coli* est anaérobie et Gram positif, fait également partie de la flore. Cela, couplé à sa résistance dans le milieu extérieur, fait d'elle un indice efficace dans la recherche de pollution fécale. De plus, les espèces les plus représentatives

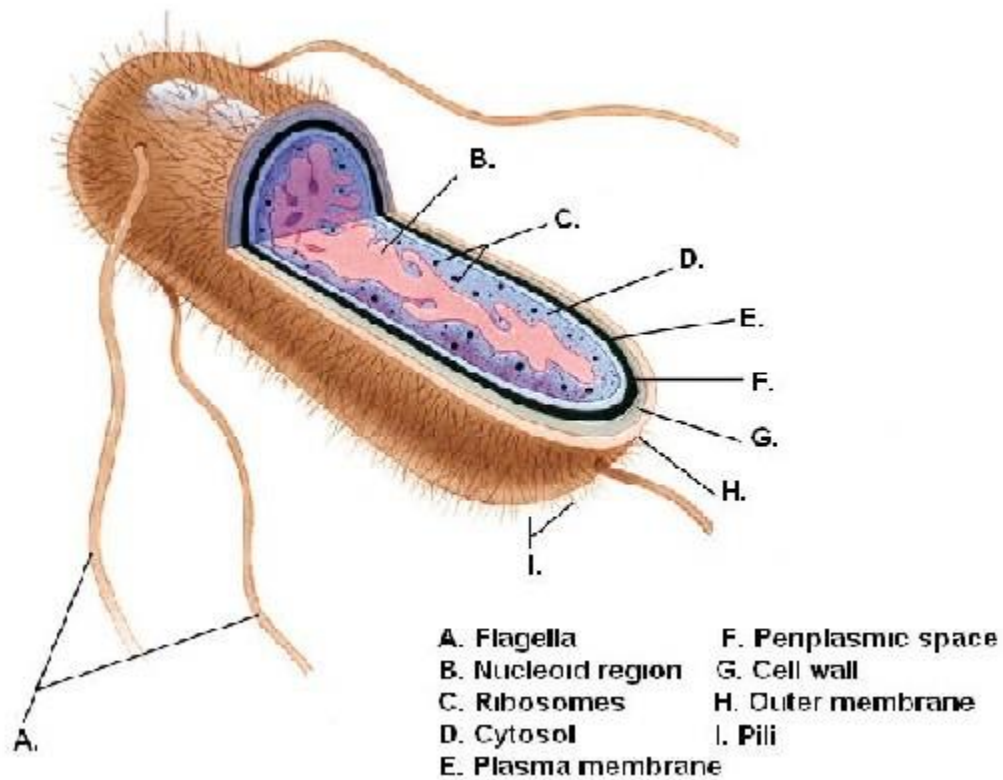


Figure 7 : Schéma d'une *Escherichia coli* (tiré du site www.steadyhealth.com).

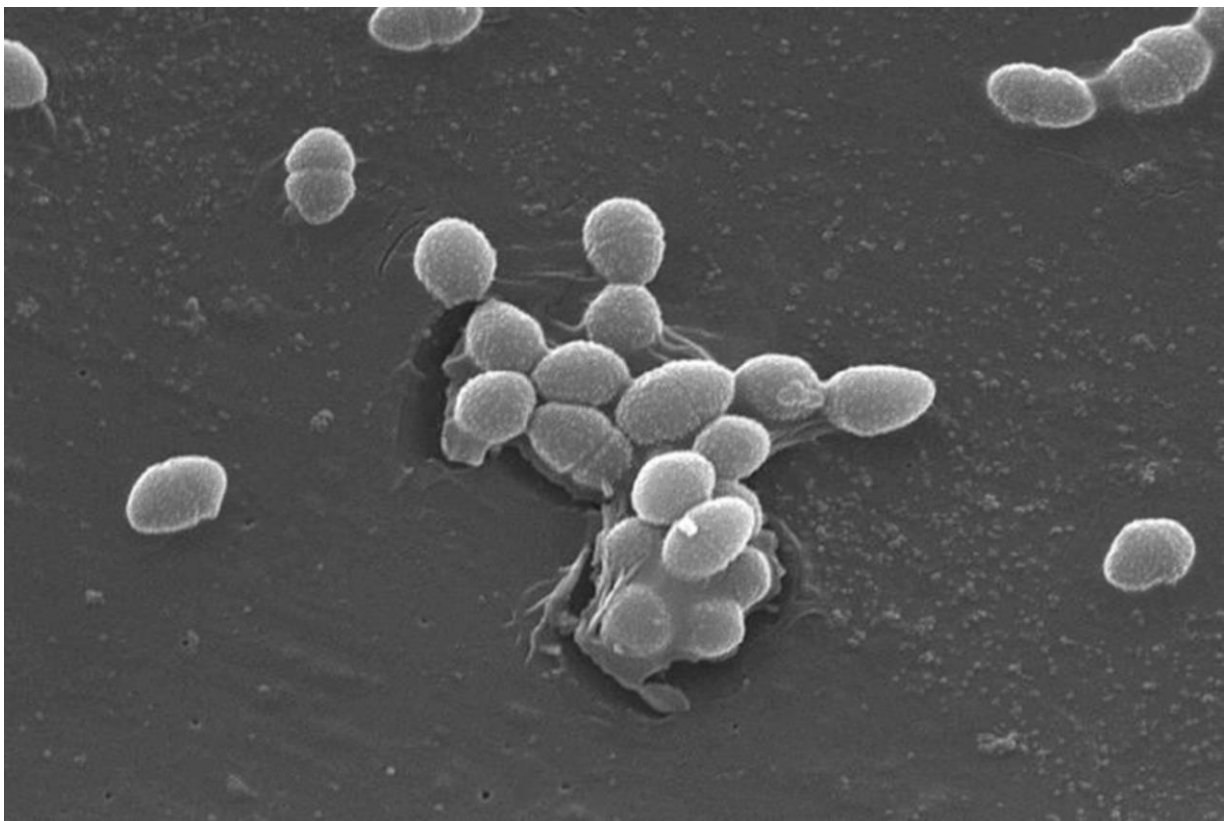


Figure 8 : Image d'*Enterococcus faecalis* par microscope électronique.

d'*Enterococcus spp.*, *Enterococcus faecalis* et *Enterococcus Faecium*, sont des pathogènes opportunistes naturellement présents dans le tube digestif de nombreux mammifères dont l'homme. La présence de ces derniers peut témoigner d'une pollution d'origine fécale, tout comme *E. coli*, le plus souvent par le déversement d'eaux usées non traitées directement dans le milieu (Acar, 1994).

3.3. Un choix de l'Etat

C'est principalement grâce à ces propriétés : présence dans le système digestif humain, pathogénicité et résistance en milieu extérieur, qu'*Enterococcus spp.* et *Escherichia coli* ont été choisis (Kay et al., 2004). En effet, le Gouvernement les a désignés comme indices officiels pour la détection de pollution bactériologique, due au déversement d'eaux usées directement dans le milieu, vis-à-vis de la qualité de l'eau de baignade (Soller et al., 2010). Se faisant, le Gouvernement a également fixé les méthodes d'analyse à utiliser pour mesurer ces indices. Les méthodes choisies étaient les plus rapides à l'époque, mais s'il existe désormais d'autres méthodes offrant des résultats plus prompts, les protocoles officiels offrent un des meilleurs rapports qualité/prix.

Cependant, si les méthodes d'analyse des bactéries sont strictement encadrées par la loi, ISO 9308-3 pour *E. coli* et ISO 7899-1 pour les entérocoques, Surfrider réalise en marge de ces contrôles des observations sur le terrain lors du prélèvement des échantillons.

4. Matériels et méthodes

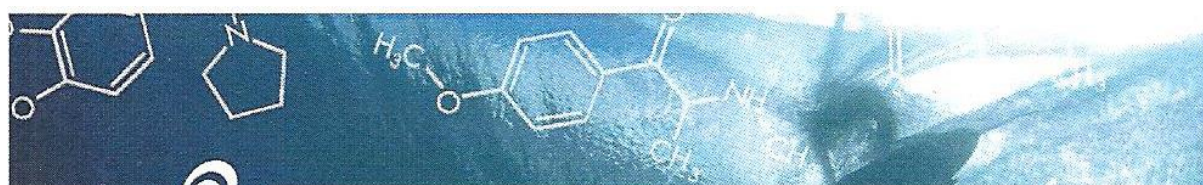
4.1. Protocole

4.1.1. La fiche de suivi

Avec un changement du responsable du réseau local, il a fallu faire une nouvelle fiche de prélèvement (**Figure 9**). Le but était de le rendre plus intuitif et simple à remplir pour les bénévoles s'occupant de la prise d'échantillons, tout en détaillant certains paramètres ou en en supprimant d'autres : car jugés peu intéressants ou pour favoriser des mesures plus précises et professionnelles de ces variables.

L'ancienne fiche de prélèvement (**Annexe : Figure 18**) était surtout orientée sur les conditions de la mer lors de la prise du prélèvement, ne s'attardant que très brièvement sur les pollutions et déchets rencontrés (sous la simple forme d'une rubrique remarque). Aussi, le plus souvent cette partie-là n'était pas remplie, ou alors les waterman testeurs ne s'intéressaient pas aux déchets, dans le meilleur des cas les observations restées relativement incomplètes.

Aussi, la nouvelle fiche d'observation se voulait plus orientée dans l'optique des types de déchets rencontrés. Pour se faire, et inciter les bénévoles à s'attarder sur ce point, le paramètre des différents types de déchets a été détaillé au maximum sous forme d'une liste à cocher, tout comme le reste des variables. De cette façon, et avec



6. Bidart // spot de l'Uhabia

A. IDENTIFICATION DU PRÉLÈVEMENT

N° du prélèvement :

Date :

Nom du Waterman Testeur :

Heure :

B. MÉTÉO

Ensoleillement :


☐

☐

☐

☐

Vagues :


☐

☐

☐

☐

D. FRÉQUENTATION



SURF

☐


LONGBOARD

☐


BODYBOARD

☐


STAND-UP

☐


BAIGNEURS

☐


PLAGISTES

☐

C. ETAT DU SPOT

Eau :



CLAIRE

☐


TROUBLE

☐


MARRON

☐


SANS DÉCHETS

☐


AVEC DÉCHETS

☐

Plage :

PLASTIQUE

- ☐ Médias filtrants
- ☐ Mégots de cigarette
- ☐ Bouteille plastique
- ☐ Emballage alimentaire
- ☐ Sacs plastique et fragment
- ☐ Cotons tiges
- ☐ Morceaux de plastique/polystyrène
- ☐ Pneus
- ☐ Cordages/filets Déchets liés à la conchyliculture/pêche

VERRE

- ☐ Bouteille en verre
- ☐ Morceaux de verre

MÉTAL

- ☐ Canette
- ☐ Morceaux de fer, ferraille

ORIGINE

- ☐ Abandonné sur place
- ☐ Venu de la mer

E. ETAT DE L'ADOUR

Débit :



nul

☐


faible

☐


moyen

☐


fort

☐

Couleur :



claire

☐


trouble

☐


marron

☐

Présence de :

- ☐ Mousses (détergents)
- ☐ Hydrocarbures
- ☐ Odeurs
- ☐ Déchets

F. REMARQUES

.....

.....

CONT ACT

Kévin Nahélou, Chargé de mission Qualité de l'eau et Usages
qualite.eau64@surfrider.eu
06 12 17 17 16 // 05 24 67 12 23

Figure 9 : Fiche de prélèvement utilisée au cours du stage.

le retrait des variables météorologiques, qui étaient jusqu'alors laissées au jugé des préleveurs, cette fiche est plus intuitive et rapide à compléter que l'ancienne.

4.1.2. Les paramètres étudiés

La fiche s'intéresse, en plus des déchets, aux cours d'eau présents sur certains spots et se jetant dans la mer. En effet, ces cours d'eau peuvent renseigner via leur débit ou leur eau sur une éventuelle pollution en amont (odeur pour des hydrocarbures, mousse pour des détergents) susceptible d'être ensuite retrouvée dans la mer.

Les paramètres météorologiques quant à eux, sont désormais pris séparément des autres variables sur divers sites météorologiques : Marée info pour les horaires des marées, Météo ciel et Windguru pour les informations météorologiques.

Ces informations permettent, en cas de détection de pollution bactériologique suite aux analyses de laboratoire, de déterminer s'il y a eu des conditions particulières pouvant avoir favorisé ou être à l'origine de la pollution.

De même, les autres paramètres pris en considération directement sur le terrain permettent d'établir une base de données. Cela, pour les déchets, peut mettre en évidence la négligence de certaines plages et ou encore voir l'évolution dans le temps de la quantité et les types de déchets anthropiques trouvés. Pour la fréquentation des spots, cela peut être lié à l'état des plages, au temps ou autre.

Si de nombreux facteurs ne sont pas par la suite utilisés directement, ils peuvent néanmoins se révéler intéressants selon les situations mises en avant par les prélèvements.

4.1.3. Les lieux de prélèvement

Le réseau de la Côte Basque se compose de 11 lieux de prélèvements : Sokoburu à Hendaye, Flot bleu, Erromardie et Lafiténia à Saint-jean de Luz, Cénitz à Guéthary, Uhabia, la plage du Centre et Ilbarritz à Bidart, Port vieux et la Grande plage à Biarritz, la Barre à Anglet (**Figure 10**).

Chacun de ses spots est prélevé le même jour de la semaine, le jeudi, avec une fréquence variant selon la saison : une fois par semaine en saison estivale (début mai à fin octobre) ou une fois toutes les deux semaines en saison hivernale (début novembre à fin avril).

4.2. Protocole d'échantillonnage

Les prises d'échantillon sont réalisées soit par des bénévoles spécialement formés par l'association (des waterman testeurs) ou par des membres de l'équipe de Surfrider. L'échantillonnage se fait de façon précise de sorte que cela soit conforme avec la législation en vigueur pour les eaux de baignade. Ainsi, le prélèvement est réalisé en un lieu défini pour chaque spot, avec toujours un minimum de 1 mètre de profondeur.



Figure 10 : Carte des lieux de prélèvements du réseau de suivi de la Côte Basque.

Le flacon d'échantillonnage, fourni par le laboratoire d'analyse, doit pouvoir être considéré stérile (propre et neuf). Fermé jusqu'alors, il est ouvert sous l'eau à une profondeur d'environ 30 cm sous la surface puis refermé, toujours en étant immergé. La personne faisant l'échantillonnage doit alors observer le flacon et vérifier qu'il est bien rempli à ras bord et ne contient que de l'eau (pas d'organisme vivant ou mort, et pas de sédiments ou autres éléments macroscopiques). Il sera ensuite marqué de façon à pouvoir l'associer à la fiche et au lieu correspondant.

Tant qu'il est présent sur le lieu de suivi et durant la période de prélèvement, avant ou après l'échantillonnage, la personne doit remplir la fiche d'observation qui lui aura été fournie en même temps que le flacon. Cette fiche inclut l'état de la plage et de la mer, la fréquentation du lieu ainsi que le cours d'eau s'il y en a un (cela est précisé par la fiche).

Les données de cette fiche seront complétées par des données tirées de différents sites de mesures météorologiques (hauteur de la houle, sens de la houle et du vent, température de l'air et de l'eau, précipitations sur 24h et 72h) et offriront des informations en suppléments de celles des analyses des échantillons (type de déchets sur la plage, couleur de l'eau et présence ou non de déchets, nombre et type de personnes présentes à l'heure du prélèvement, couleur, débit et état du cours s'il y en a un et remarques diverses).

Les différents prélèvements effectués sur les spots du réseau de suivi sont tous stockés dans une glacière avec des pains de glace avant d'être envoyés dans la journée (sous les 24 heures) à un laboratoire d'analyse indépendant : les Laboratoires des Pyrénées et des Landes situés à Lagor.

4.3. Analyses des échantillons

4.3.1. Matériel

Le laboratoire fait pour chaque échantillon deux types d'analyse afin d'être en conformité avec la directive européenne de la qualité des eaux de baignade (aucune valeur seuil n'étant définie pour la qualité des eaux des zones d'activité nautiques), selon les protocoles expérimentaux définis par cette loi.

Pour se faire le laboratoire utilise :

- _ pipette à embout stérile
- _ scelleuse de microplaques (**Figure 11**)
- _ plaques à micropuits (**Figure 12**)
- _ lampe UV
- _ table de lecture pour bactéries correspondantes (**Annexe : Figures 19 et 20**)



Figure 11 : Scelleuse de plaques à micropuits.

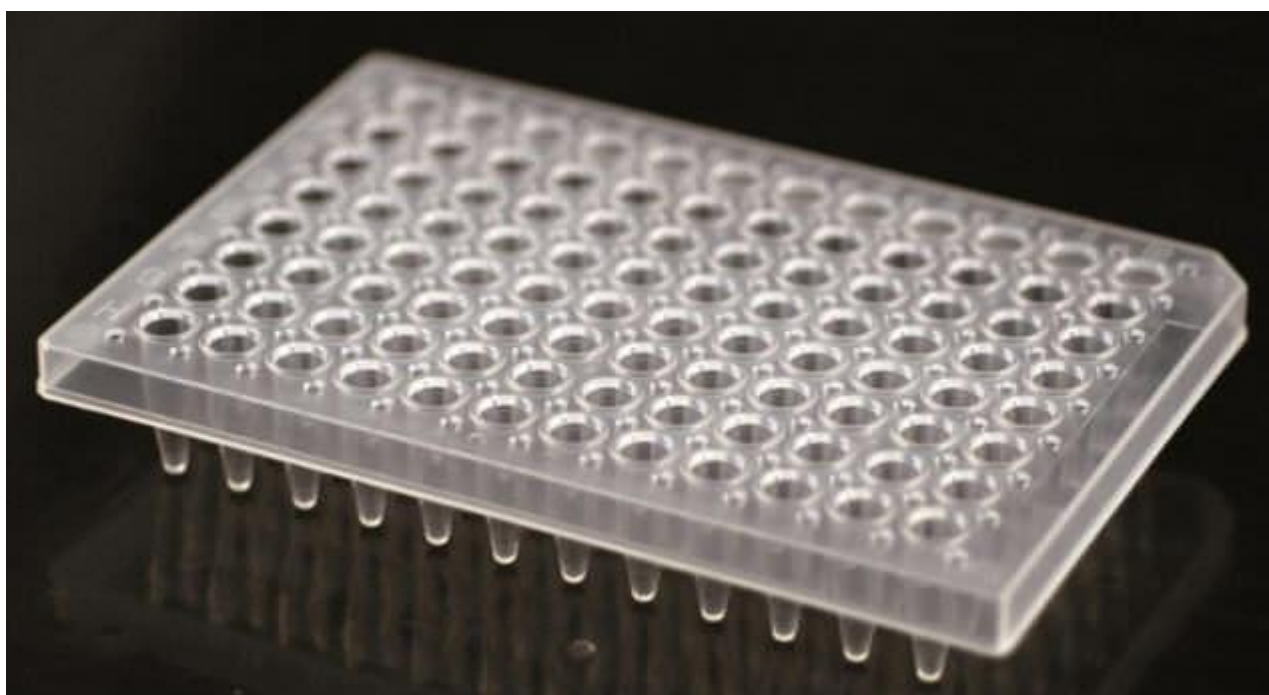


Figure 12 : Microplaque à 96 puits.

4.3.2. Manipulation

Pour *E. coli*, le laboratoire suit la méthode d'analyse classée ISO 9308-3 et pour les entérocoques, le laboratoire suit la méthode d'analyse classée ISO 7899-1. La méthode de mesure est la même, mais seules les valeurs de la table de lecture du nombre le plus probable changent.

L'échantillon est prélevé du flacon à l'aide d'une pipette à embout stérile, et est mis dans des puits de plaques à 96 micropuits avec 12 rangées de 8 puits chacune. Chaque micropuits contient un substrat déshydraté constitué par du MUG (4-méthylumbelliféryl- β -D-glucuronide). Dans 64 d'entre elles, l'échantillon est dilué au 1/2 dans de l'eau distillée, et dans les 32 micropuits restants l'échantillon est dilué au 1/20.

Chaque plaque est ensuite scellée, afin d'éviter la contamination des micropuits, et est mise en incubation à 44°C ($\pm$ 5°C) pendant 36 à 72h. Lors de l'incubation, les bactéries *E. coli* et les entérocoques présents dans les micropuits (origine du prélèvement) se multiplient et vont se nourrir du substrat. En hydrolysant le substrat, réhydraté par l'apport d'eau, *E. coli* et *Enterococcus* spp. vont produire du 4-méthylumbelliférone, un composé à fluorescence bleue. Aussi, plus il y aura de bactéries présentes dans le micropuit, plus il y aura de composés fluorescents produit. De même, plus il y aura d'*E. coli* et d'entérocoques dans l'échantillon, plus il y aura de micropuits susceptibles de réagir à la lecture.

4.3.3. Lecture des résultats

La lecture consiste, après la période d'incubation, à compter le nombre de micropuits par plaque se colorant de bleu à la lumière d'une lampe UV, pour une longueur d'onde de 366nm.

La manipulation étant effectuée sur plusieurs plaques, une moyenne du nombre de micropuits à dilution 1/2 et 1/20 est réalisée. Les deux nombres obtenus permettent, à la lecture d'une table (**Annexe : Figure 20**), de déterminer la concentration d'*E. coli* présents dans l'échantillon en UFC (Unité Formant Colonie) pour 100ml.

Le nombre le plus probable représente l'estimation statistique de la concentration en micro-organismes recherchés dans l'échantillon analysé. Cette estimation répond à la loi de Poisson. Les limites inférieures et supérieures correspondent à un intervalle de confiance de 95% : soit la limite inférieure et la limite supérieure. Cependant cette méthode d'analyse a une limite de 15 UFC/100ml sous laquelle elle ne peut être plus précise.

Pour les entérocoques, le laboratoire suit la méthode d'analyse classée ISO 7899-1. Cependant, leurs lectures diffèrent avec des seuils différents pour la qualité de l'eau de baignade. En effet, la persistance en milieu exogène (ici de l'eau de mer) d'*E. coli* et des entérocoques est différente avec *Escherichia coli* qui a une durée de survie de moins de deux semaines contre plus d'un mois pour les entérocoques (Pourcher et al., 2012).

Ces caractéristiques permettent ainsi de déterminer si une pollution est plus ou moins ancienne selon la présence ou non d'*E. coli*. De même, le rapport entre la concentration en *E. coli* et la concentration en entérocoques (ou rapport coliformes fécaux/streptocoques fécaux) permet de déterminer l'origine d'une pollution par ces indices bactériologiques : soit d'origine humaine, soit d'origine animale. Mais cette méthode a ses limites : elle est peu fiable du fait des différences du taux de survie entre *Escherichia coli* et *Enterococcus spp.*, et des variations des concentrations de ces bactéries en fonction du régime des individus (Baudart et Paniel, 2014).

4.4. Communication

Les résultats obtenus par le laboratoire sont ensuite envoyés à l'association, par mail et par courrier. Les résultats sont ensuite rentrés dans la base de données et communiqués aux mairies, aux membres de l'association, et également affichés sur internet via différents réseaux sociaux (le site, le blog, le facebook et le tweeter de Surfrider Foundation Europe, et autres partenaires).

5. Analyses et Résultats

5.1. La base de données

Les résultats utilisés pour la base de données sont du 16/06/2011 au 27/03/2014 afin d'avoir un grand nombre de données. Cependant, l'analyse ne se portera que sur les critères de pollution bactériologiques et de précipitations, paramètres des anciennes fiches d'échantillonnage. En effet, la nouvelle méthode de prélèvement n'étant en vigueur que depuis moins de 2 mois, et à raison d'une tournée de prélèvement toutes les 2 semaines, le nombre de données pour les autres critères est trop faible pour pouvoir travailler dessus. De plus, le nombre de données pour chaque spot diffère, car leur début de suivi n'est pas identique, certains ayant été ajoutés au réseau tardivement. Mais le nombre de données pour chaque spot est tel que l'on peut quand même tous les étudier, il faudra en revanche nuancer les résultats lors des comparaisons entre autres.

Ainsi les paramètres suivis sont les précipitations sur 24H et 72H avant le prélèvement, les différents lieux prélevés, la concentration (Unité Formant Colonie par 100mL) en *Escherichia coli* et en Entérocoques, la présence ou non d'une pollution bactérienne.

Afin de les mettre en évidence, la base de données (**Annexe : Tableau 3**) a été retravaillée pour changer les types de variables. On obtient ainsi une variable qualitative nominale « Pollution » à partir des variables quantitatives continues « *E. coli* » et « Entérocoques » afin de mettre en avant les dépassements des concentrations bactériennes. On ajoute aussi des variables « Pluviométrie moyenne 24H » et « Pluviométrie moyenne 72H », en faisant respectivement la moyenne des variables sur la pluviométrie sur 24H et 72H de Socoa et Biarritz, les 11 sites de prélèvement se situant entre ces 2 points.

Ces variables sur la pluviométrie moyenne ont été transformées en différents intervalles. La taille de ces derniers a été définie de façon arbitraire en prenant en compte le nombre d'échantillons de chaque intervalle et l'intensité des précipitations qu'ils représentent :

- Pluviométrie moyenne sur 24H

[0 ; 10[: faibles précipitations

[10 ; ∞ [: fortes précipitations

- Pluviométrie moyenne sur 72H

[0 ; 10[: faibles précipitations

[10 ; 30[: précipitations moyennes

[30 ; ∞ [: fortes précipitations

On peut ainsi travailler à partir du jeu de données de base sur la concentration en *E. coli* et en Entérocoques (en UFC/100 mL) en fonction des précipitations moyennes sur la zone étudiée, de façon générale et pour chaque spot (**Tableaux 1 et 2**).

5.2. Test d'indépendance entre *E. coli* et les Entérocoques à 95%

Pour mettre en évidence les liens existants entre *Escherichia coli* et les Entérocoques, l'ensemble des données des différents échantillons récoltés a été utilisé pour réaliser un test d'indépendance. Ce test s'est fait via le logiciel Xlstat 2013, et a pris la forme d'un test du khi² avec un indice de confiance de 95% :

Test d'indépendance entre les lignes et les colonnes (*E. Coli* / Entérocoques) :

Khi ² (Valeur observée)	41332,837
Khi ² (Valeur critique)	15612,080
DDL	15323
p-value	< 0,0001
alpha	0,05

Interprétation du test :

H₀ : Les lignes et les colonnes du tableau sont indépendantes.

H_a : Il existe un lien entre les lignes et les colonnes du tableau.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification alpha=0,05, on doit rejeter l'hypothèse nulle H₀, et retenir l'hypothèse alternative H_a.

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H₀ alors qu'elle est vraie est inférieur à 0,01%.

On a donc bel et bien un lien de dépendance entre ces bactéries, indicatrices des pollutions fécales.

UFR Sciences & Techniques Côte Basque

		Effectif	Moyenne	Ecart-type	Variance	Maximum	Minimum	Médiane
Sokoburu	<i>E. coli</i>	97,00	250,71	501,84	251843,37	3042,00	15,00	61,00
	Entérocoques	97,00	49,97	130,30	16978,78	1020,00	15,00	15,00
Flot bleu	<i>E. coli</i>	95,00	390,65	772,96	597468,12	4368,00	15,00	109,00
	Entérocoques	95,00	100,00	307,33	94449,36	2341,00	15,00	15,00
Errormardie	<i>E. coli</i>	96,00	401,46	897,86	806152,95	6068,00	15,00	126,00
	Entérocoques	96,00	85,39	288,83	83420,79	2482,00	15,00	15,00
Lafiténia	<i>E. coli</i>	47,00	267,47	395,26	156232,78	1754,00	15,00	77,00
	Entérocoques	47,00	27,34	30,97	959,32	159,00	15,00	15,00
Cénitz	<i>E. coli</i>	46,00	250,83	478,73	229177,88	2567,00	15,00	45,50
	Entérocoques	46,00	27,02	33,71	1136,51	197,00	15,00	15,00
Uhabia	<i>E. coli</i>	95,00	398,69	902,55	814591,15	5712,00	15,00	110,00
	Entérocoques	95,00	234,59	1128,65	1273839,82	10491,00	15,00	15,00
Bidart centre	<i>E. coli</i>	46,00	268,74	350,04	122531,40	1315,00	15,00	118,00
	Entérocoques	46,00	43,54	63,40	4019,72	304,00	15,00	15,00
Ilbarritz	<i>E. coli</i>	92,00	269,09	432,76	187283,88	3071,00	15,00	109,50
	Entérocoques	92,00	39,98	56,47	3188,53	289,00	15,00	15,00
Port vieux	<i>E. coli</i>	29,00	250,76	492,11	242176,55	1988,00	15,00	46,00
	Entérocoques	29,00	22,31	17,98	323,36	94,00	15,00	15,00
Grande plage	<i>E. coli</i>	46,00	883,48	1911,37	3653336,39	9043,00	15,00	197,00
	Entérocoques	46,00	135,50	332,03	110246,03	1882,00	15,00	15,00
La Barre	<i>E. coli</i>	91,00	915,81	2146,23	4606293,42	13864,00	15,00	172,00
	Entérocoques	91,00	217,15	617,67	381510,20	3543,00	15,00	15,00
<i>E. coli</i>		780,00	423,49	1075,38	1156441,18	13864,00	15,00	109,00
Entérocoques		780,00	102,15	483,99	234249,28	10491,00	15,00	15,00
Pluviométrie moyenne	24H	780,00	3,26	6,10	37,25	31,50	0,00	0,20
	72H	780,00	13,57	18,65	347,81	78,25	0,00	4,30

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des variables quantitatives.

	<i>E. coli</i>		Entérocoques		Pollution		Pluviométrie moyenne				
							24H		72H		
Nombre d'observations	780		780		780		780		780		
Modalités	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	[0; 10[	[10; ∞[	[0; 10[	[10; 30[	[30; ∞[
Effectifs	77	703	16	764	78	702	696	84	490	159	131
Fréquence	9,87 %	90,13 %	2,05 %	97,95 %	10,00 %	90,00 %	89,23 %	10,77 %	62,82 %	20,38 %	16,79 %

Tableau 2 : Tableau récapitulatif des variables qualitatives.

5.3. Test d'indépendance du χ^2 à 95% entre les précipitations et les bactéries

Test d'indépendance entre les lignes et les colonnes (Pluviométrie moyenne 24H / *E. Coli*) :

Khi ² (Valeur observée)	12714,362
Khi ² (Valeur critique)	8974,799
DDL	8756
p-value	< 0,0001
alpha	0,05

Test d'indépendance entre les lignes et les colonnes (Pluviométrie moyenne 72H / *E. Coli*) :

Khi ² (Valeur observée)	15780,846
Khi ² (Valeur critique)	13602,732
DDL	13333
p-value	< 0,0001
alpha	0,05

Test d'indépendance entre les lignes et les colonnes (Pluviométrie moyenne 24H / Entérocoques) :

Khi ² (Valeur observée)	6238,096
Khi ² (Valeur critique)	3524,526
DDL	3388
p-value	< 0,0001
alpha	0,05

Test d'indépendance entre les lignes et les colonnes (Pluviométrie moyenne 72H / Entérocoques) :

Khi ² (Valeur observée)	7011,524
Khi ² (Valeur critique)	5327,209
DDL	5159
p-value	< 0,0001
alpha	0,05

Interprétation du test :

H₀ : Les lignes et les colonnes du tableau sont indépendantes.

H_a : Il existe un lien entre les lignes et les colonnes du tableau.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0,05$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H₀, et retenir l'hypothèse alternative H_a.

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H₀ alors qu'elle est vraie est inférieur à 0,01%.

Ces résultats mettent en évidence la dépendance existante entre les précipitations récentes et la concentration en bactéries fécales dans les eaux récréatives, concordant avec les études menées jusque-là (Soyeux et Tisserand, 2007 et Cho et al. 2010) (Soyeux et Tisserand, 2007 ; Cho et al., 2010).

Ce lien entre les variables se retrouve aussi avec les intervalles et les variables qualitatives de pollution bactériologique avec un nouveau test du khi² avec un indice de confiance de 95% :

Test d'indépendance entre les lignes et les colonnes (Pluviométrie moyenne 24H / *E. Coli*) :

Khi ² (Valeur observée)	24,215
Khi ² (Valeur critique)	3,841
DDL	1
p-value	<0,0001
alpha	0,05

Test d'indépendance entre les lignes et les colonnes (Pluviométrie moyenne 24H / Entérocoques) :

Khi ² (Valeur observée)	26,162
Khi ² (Valeur critique)	3,841
DDL	1
p-value	<0,0001
alpha	0,05

Test d'indépendance entre les lignes et les colonnes (Pluviométrie moyenne 24H / Pollution) :

Khi ² (Valeur observée)	23,534
Khi ² (Valeur critique)	3,841
DDL	1
p-value	<0,0001
alpha	0,05

Test d'indépendance entre les lignes et les colonnes (Pluviométrie moyenne 72H / *E. Coli*) :

Khi ² (Valeur observée)	47,065
Khi ² (Valeur critique)	5,991
DDL	2
p-value	<0,0001
alpha	0,05

Test d'indépendance entre les lignes et les colonnes (Pluviométrie moyenne 72H / Entérocoques) :

Khi ² (Valeur observée)	39,602
Khi ² (Valeur critique)	5,991
DDL	2
p-value	<0,0001
alpha	0,05

Test d'indépendance entre les lignes et les colonnes (Pluviométrie moyenne 72H / Pollution) :

Khi ² (Valeur observée)	45,340
Khi ² (Valeur critique)	5,991
DDL	2
p-value	<0,0001
alpha	0,05

Interprétation du test :

H0 : Les lignes et les colonnes du tableau sont indépendantes.

Ha : Il existe un lien entre les lignes et les colonnes du tableau.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0,05$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H0, et retenir l'hypothèse alternative Ha.

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est inférieur à 0,01%.

On peut donc faire le lien entre les intervalles utilisés, soit l'intensité des précipitations, et la présence de pollution bactérienne due à *E. coli* et/ou aux Entérocoques.

5.4. Analyse des histogrammes des pollutions en fonction des précipitations

Les histogrammes (**Figure 13**) tirés de ces variables mettent ainsi en évidence que plus les précipitations sont fortes, plus il y a de chance qu'il y ait un dépassement et donc une pollution. Cependant, on peut remarquer que les pollutions par *E. coli* sont plus fréquentes que celles provoquées par des Entérocoques. Bien qu'il existe un écart important entre le nombre d'échantillons du plus faible intervalle et ceux au-dessus, il y en a suffisamment pour que les comparaisons puissent être effectuées : cela n'est donc pas dû au jeu de données. Cette différence s'explique par le fait que les précipitations relativement fortes sont bien moins nombreuses que celles plus faibles.

5.5. Analyse des nuages de points

Ces données concordent avec les nuages de points (**Annexe : Figure 21**). Ces derniers ont été réalisés en éliminant les valeurs extrêmes des concentrations d'*E. coli* et des Entérocoques pour être plus lisibles. Pour se faire, un test de Grubbs pour les valeurs extrêmes a été effectué sur les valeurs correspondant à un dépassement des seuils légaux (effectuer ce test sur l'ensemble des données éliminant la quasi-totalité des dépassements) avec un intervalle de confiance de 95% :

<i>E. coli</i>	G	G(Valeur critique)	p-value	Pas
13864,000	4,722	3,292	< 0,0001	1

Entéro	G	G(Valeur critique)	p-value	Pas
10491,000	3,522	2,587	< 0,0001	1

Interprétation du test :

H0 : Il n'y a pas de valeur extrême dans les données

Ha : Le minimum ou le maximum est une valeur extrême

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0,05$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H0, et retenir l'hypothèse alternative Ha.

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est inférieur à 0,01%.

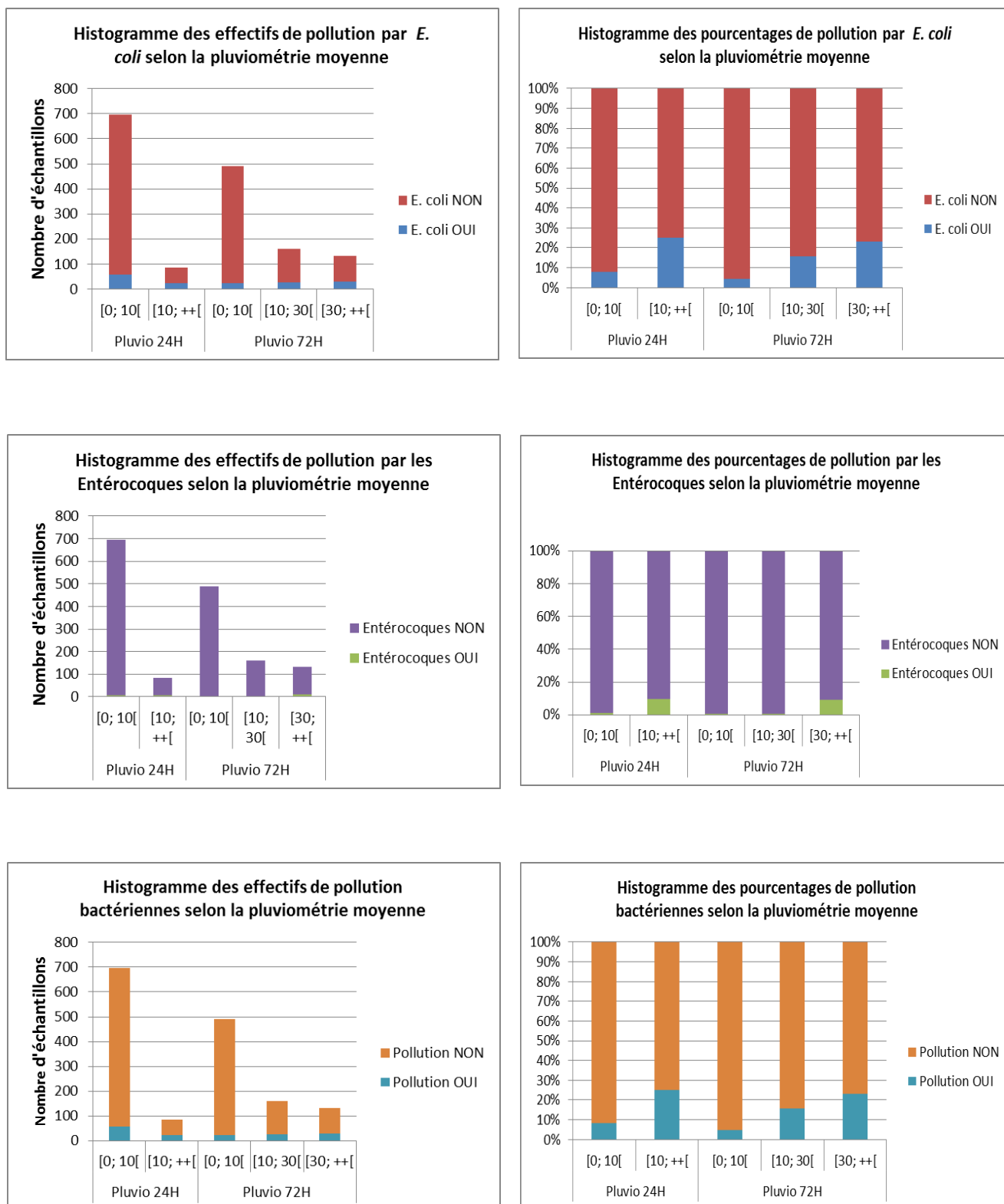


Figure 13 : Histogramme des pollutions bactériennes (*E. coli* ou Entérocoques) selon l'intensité des précipitations.

On peut alors voir sur les nuages de points que la fréquence des dépassements (>1000 UFC/100 mL pour *E. coli* et >370 UFC/100 mL pour les Entérocoques) augmente avec l'intensité des précipitations que ce soit pour 24 ou 72 heures, en concordance avec les résultats des histogrammes. L'agglomération des points en bas à gauche sur les différents graphiques s'explique du fait que les fréquences des faibles précipitations et concentrations bactériennes restent plus importantes que les autres : il y a donc un nombre d'échantillons en plus important dans les zones correspondantes.

5.6. Analyse des histogrammes de la pollution en fonction des spots

En s'intéressant aux histogrammes des pollutions des différents spots (**Figure 14**), on observe des différences d'effectifs s'expliquant par différentes dates d'intégration des zones au réseau de suivi de la Côte Basque. Ces différences peuvent faire varier le nombre d'échantillons entre différents lieux du simple au double, on les considérera comme étant toujours en nombre suffisant pour effectuer une comparaison.

On peut donc voir que la fréquence des pollutions par *E. coli* est plus importante que celle due aux Entérocoques. Et, de façon plus générale, que les différents spots partagent une fréquence de pollution bactériologique relativement similaire, à deux exceptions près. En effet, la Grande Plage à Biarritz et La Barre à Anglet montrent une fréquence allant au double de l'autre.

Pour La Barre, cela peut s'expliquer par la présence de l'Adour se jetant dans la mer depuis cette plage, et de la zone industrielle située juste en amont de cette dernière.

Pour la Grande Plage, cela s'avère plus difficile à déterminer. On peut supposer que cette probabilité de pollution est due à son emplacement au cœur du milieu urbain de la ville de Biarritz. Mais, au contraire du Port Vieux ayant lui aussi cette caractéristique, elle cumule à cette situation une grande superficie et une fréquentation régulière tout au long de l'année (que ce soit des plagistes ou des pratiquants de loisirs nautiques).

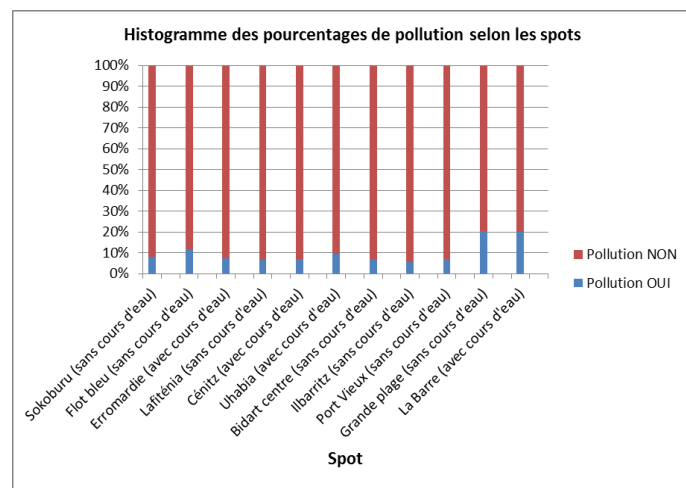
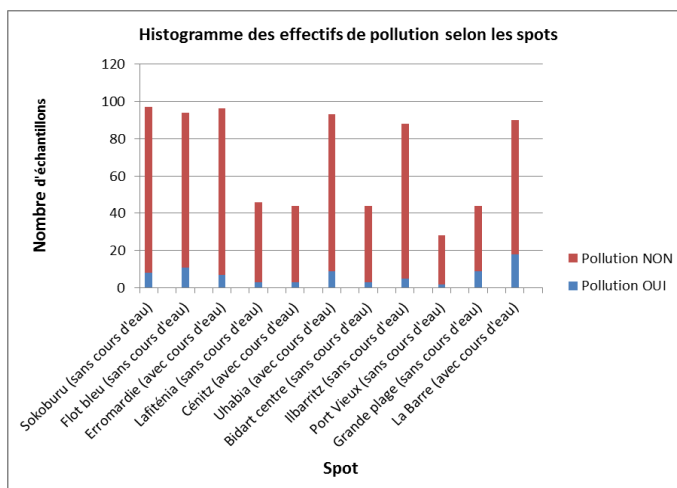
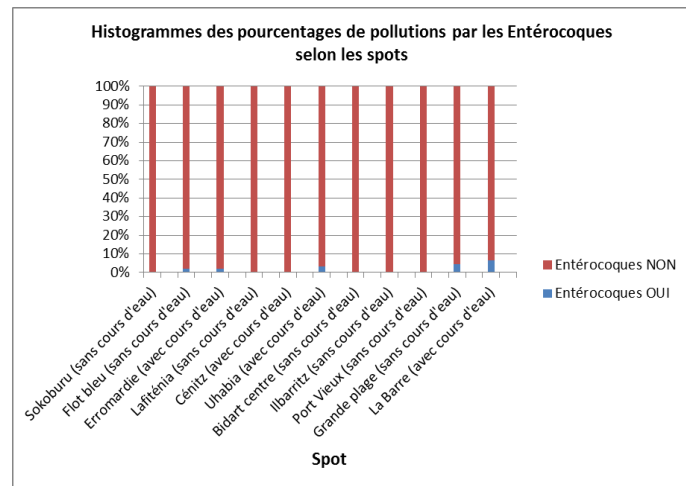
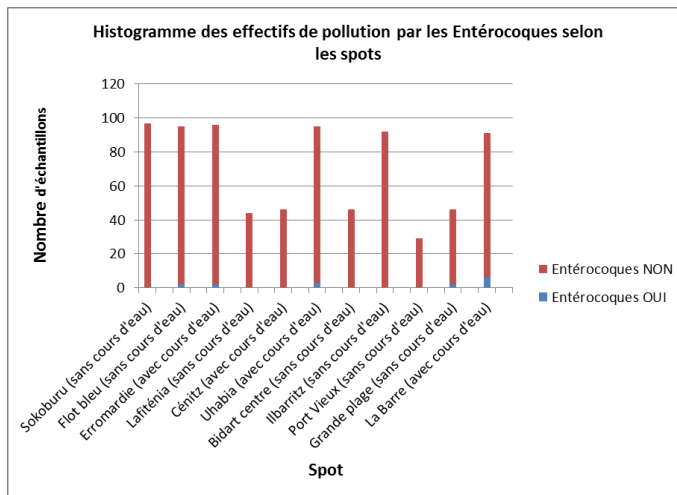
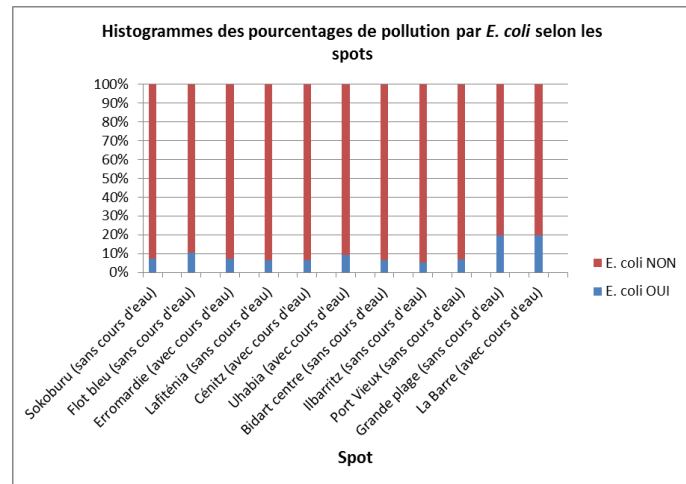
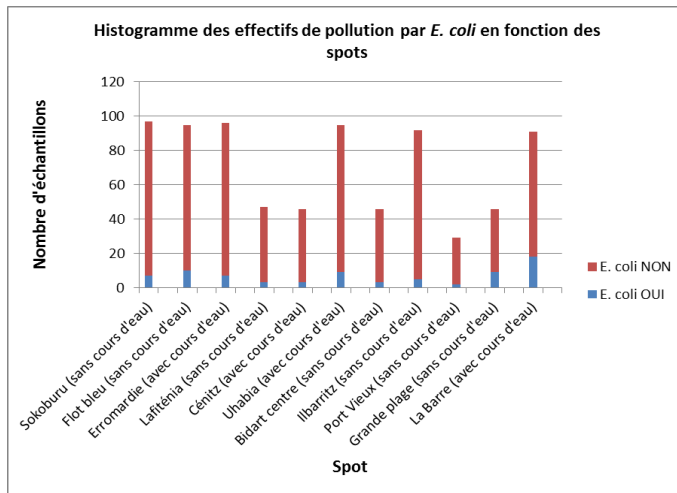


Figure 14 : Histogrammes des pollutions bactériennes selon les lieux de prélèvements.

6. Discussion

6.1. Fiabilité des données

On peut supposer que la base de données utilisée est fiable, les analyses ayant été effectuées par le même laboratoire et les données météorologiques étant tirées d'un même site. Cependant, les résultats sont nombreux et les prélèvements couvrent un panel de différentes plages assez important. Mais le nombre d'échantillons par plage peut varier du simple ou double à cause d'un ajout tardif de ces lieux au réseau de suivi de l'association. Les résultats étant quand même suffisamment nombreux pour effectuer des comparaisons entre ces zones, et assez peu nombreux pour garder une certaine distance vis-à-vis des conclusions de ces rapports.

6.2. Une dominance des pollutions pour *E. coli*

Les résultats ont donc mis en avant l'existence d'un lien entre les pollutions bactériologiques et l'importance des précipitations, ainsi que d'autres paramètres pouvant influencer comme l'urbanisation ou l'industrialisation proche. De plus, dans ce type de pollution, toutes les bactéries ne sont pas égales. Les différents graphiques ont mis en évidence que le taux de pollution par *E. coli* était généralement toujours plus important que celui lié aux Entérocoques (Lauber et al., 2003).

Cela peut s'expliquer par une mécanique différente entre *E. coli* et les Entérocoques dans le milieu exogène qu'est l'eau de mer : ces bactéries ont des conditions de croissance liées au corps humain. Dans l'eau, elles ne peuvent croître en nombre (Le Guyader et al., 2014). A cela se rajoute une sensibilité aux ultraviolets (UV) qui vont faire diminuer la population des bactéries. Mais, *E. coli* et les Entérocoques possèdent des dynamiques différentes mises en évidence par un déclin distinct de leur population (Kadir et Nelson, 2014 ; Crowther et al. 2001)(Kadir et Nelson, 2014 ; Crowther et al., 2001).

6.3. Une surveillance des pollutions par les eaux usées

Indicatrices de pollution fécales, ces bactéries sont liées à la pluie. La pollution des zones étudiées est plus fréquente en période de fortes précipitations comme en témoignent les tests précédents, mais également diverses études (Cho et al., 2010) et les archives de Surfrider (à chaque fois qu'un dépassement est détecté, il y a une enquête pour voir qu'elle peut en être la source). Lors de fortes précipitations, il y a une chance accrue de déversements d'eaux usées (**Figure 15**), n'ayant pas encore été traitées, dans la mer. Cela implique un rejet direct dans l'océan des déchets, dont ceux du métabolisme humain.

Pour garantir alors un minimum la qualité des eaux de baignade, la loi impose un contrôle de la pollution bactériologique d'origine fécale basé sur ces deux bactéries. Mais cette surveillance reste restreinte, car limitée aux seules zones de baignades officielles et sur la période estivale, pic de fréquentations de ces lieux.

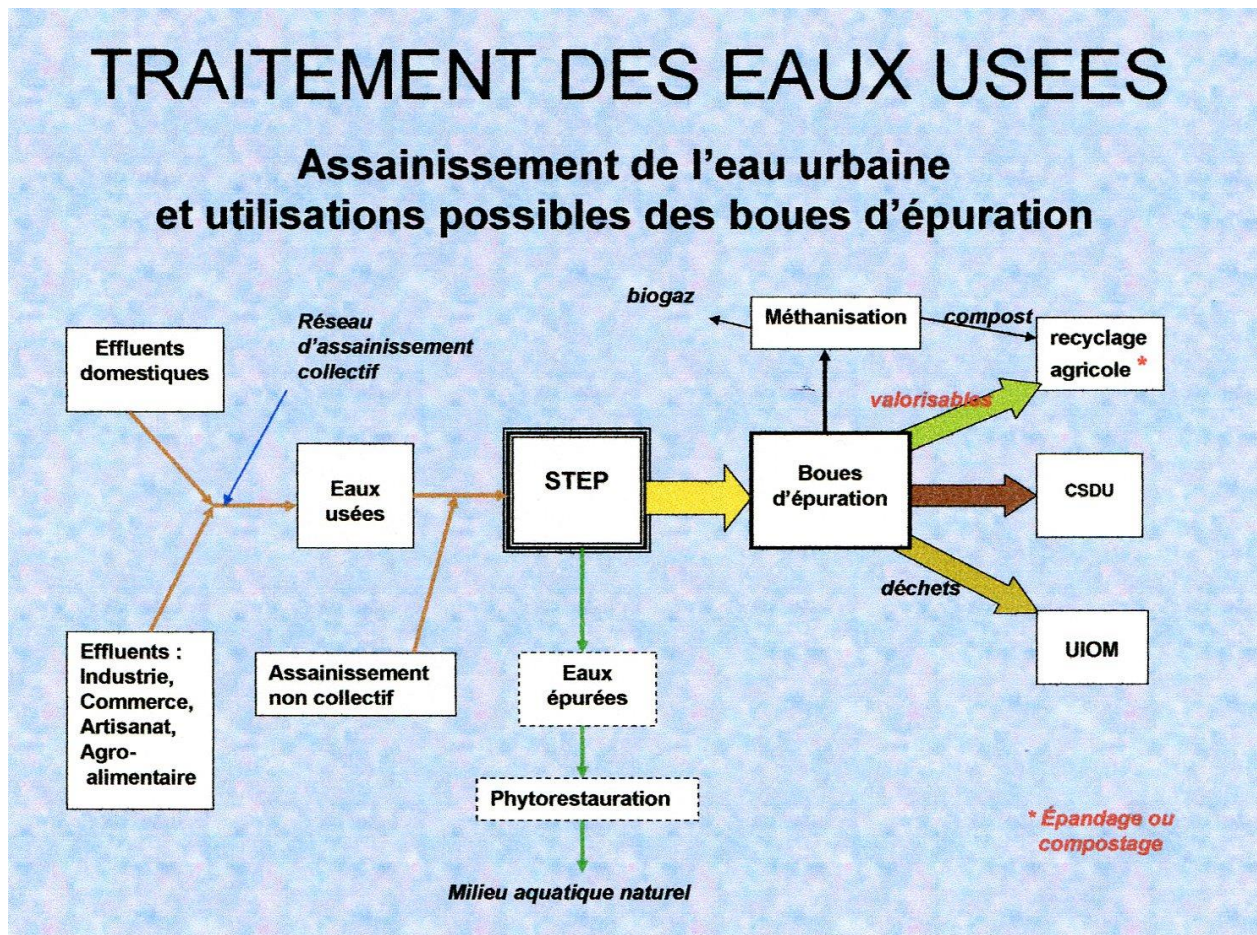


Figure 15 : Cycle des eaux usées (tiré du site dechetsdesmenages.typepad.fr).

STEP : Station d'épuration des eaux usées

CSDU : Centre de stockage des déchets ultimes

UIOM : Usine d'incinération des ordures ménagères

C'est dans ce contexte que Surfrider réalise un suivi des zones d'activités nautiques, non comprises dans la réglementation, et ce sur toute l'année, pour différents endroits (exemples : Côte Basque, Bretagne, Marseille). L'association utilise pour se faire les mêmes techniques d'analyse que celles prescrites par la loi, se donnant alors un certain poids lors de décisions ou de communication auprès de communes et acteurs locaux.

6.4. Des problèmes méthodologiques et législatifs

Mais cette méthode est devenue limitée avec le temps. En effet, elle ne peut détecter une concentration en dessous de 15 UFC/100 mL et le résultat des analyses ne peut être communiqué dans les 24H du prélèvement : le temps d'incubation étant d'au minimum 36H. On peut néanmoins passer outre ce problème en utilisant d'autres méthodes dont celle de l'impédancemétrie (XplOrer64®) pour un résultat en 6H pour les Entérocoques et en 9H pour *E. coli* (<http://omer.saur.fr/questions-experts.html>). Cette méthode est plus efficace et cependant plus onéreuse, et est de ce fait utilisée par des entreprises à but lucratif comme SAUR ou Lyonnaise des Eaux.

En plus de cela la législation ignore le contrôle des autres types de pollutions alors qu'elle reconnaît leur existence dans d'autres domaines comme pour l'alimentation (Tapie et al., 2006). Comme il aura été mis en avant dans l'étude de faisabilité, la loi a interdit la consommation des anguilles dans l'estuaire de la Gironde du fait d'une teneur en PCB trop élevée pour la santé. Ainsi, il existe dans l'estuaire plusieurs polluants dangereux pour la santé, mais également de nombreuses activités nautiques.

En l'attente de mesures prises à ce niveau, Surfrider tente d'étendre son contrôle aux polluants chimiques. Pour cela, il existe un réseau pilote de suivi de la qualité de l'eau au niveau de paramètres chimiques en plus de bactériologiques à Marseille.

7. Conclusion

L'étude de faisabilité de l'estuaire de la Gironde a pointé le besoin d'un suivi poussé de la pollution chimique dans les zones de baignade ou d'activités nautiques. Il n'y a, cependant, aucune mesure prise en ce sens, bien que l'Etat incite à un suivi de cette pollution au travers du PAGD du Sage de l'estuaire de la Gironde. De plus, même s'il n'existe pas de suivi officiel des zones de loisirs nautiques. Ce sont des organisations à but non lucratif ou bien des entreprises engagées par des communes qui réalisent alors cette surveillance, bien que cela ne soit pas systématique. Ainsi, avec les données récoltées par Surfrider au fil des ans, on réalise que le suivi de la qualité bactériologique des eaux en zones nautiques est aussi important que celui des zones de baignade. *E. coli* montre une propension à dépasser son seuil légal plus importante que les Entérocoques. De plus, ces indicateurs fécaux témoignent d'un intérêt à réaliser une surveillance accrue de la qualité de l'eau après de fortes pluies. A cause d'une fréquence plus élevée des pollutions par temps pluvieux, il serait également intéressant d'effectuer des prises de mesures au niveau des eaux usées pour prévenir ces incidents. On peut également noter que la méthode d'analyse est pénalisante pour les communes, surtout en période estivale. Une suspicion de pollution pouvant entraîner la fermeture d'une plage le temps d'avoir le résultat des analyses soit environ 2 jours. Ce temps d'attente peut faire perdre énormément d'argent aux mairies. Il serait donc intéressant que les méthodes d'analyse définies par la loi soient changées pour des plus modernes et plus rapides. Mais la pollution fécale peut avoir d'autres origines que les eaux usées, comme les animaux présents sur la côte (Araújo et al., 2014). On peut également noter l'existence de méthodes permettant d'identifier les origines d'une pollution (Pourcher et al., 2012), ce qui pourrait permettre de réduire leur nombre.

8. Bibliographie

- Acar J., 1994. *Entérocoques*. Médecine et Maladies Infectieuses, 24, p.131. Disponible sur : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0399077X05802951> [Consulté le 30 Avril 2014].
- Agence de l'Eau Adour Garonne, 1994. *Synthèse des connaissances de l'estuaire de la Gironde*. Disponible sur : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00106/21708/19287.pdf> [Consulté le 30 Avril 2014].
- Araújo S., Henriques I.S., Leandro S.M., Alves A., Pereira A., Correia A., 2014. *Gulls identified as major source of fecal pollution in coastal waters: a microbial source tracking study*. The Science of the total environment, 470-471, pp.84–91. Disponible sur : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969713011133> [Consulté le 30 Avril 2014].
- Baudart J. et Paniel N., 2014. *Sources et devenir des micro-organismes pathogènes dans les environnements aquatiques*. Revue Francophone des Laboratoires, 2014(459), pp.29–39. Disponible sur : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1773035X14723627> [Consulté le 30 Avril 2014].
- Boutier B., Chiffolleau J.F., Jouanneau J.M., Latouche C., Philipps I., 1989. *Rapports scientifiques et techniques de l'IFREMER LA CONTAMINATION de la GIRONDE par le CADMIUM origine, extension, importance*. Disponible sur : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00167/27820/26013.pdf> [Consulté le 30 Avril 2014].
- Cho K.H., Cha S.M., Lee S.W., Park Y., Kim J.W., Kim J.H., 2010. *Meteorological effects on the levels of fecal indicator bacteria in an urban stream: a modeling approach*. Water research, 44(7), pp.2189–202. Disponible sur : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135410000102> [Consulté le 3 Mai 2014].
- Conseil général de la Gironde, Conseil général de la Charente Maritime, 2012. *L'Univers de l'Estuaire*. Disponible sur : <http://www.estuaire-gironde.fr/content/download/40114/897621/file/Univers%20de%20l%5C'estuaire%202012.pdf> [Consulté le 30 Avril 2014].
- Conservatoire botanique national Sud-Atlantique, 2012. *Plan de conservation des berges à Angéliques des estuaires des berges du bassin Adour-Garonne*. Disponible sur : http://www.angeliquedesestuaires.fr/fichiers/doc/PC_Etude_02_CBNSA_BAE_2012.pdf [Consulté le 30 Avril 2014].

- Crowther J., Kay D., Wyer, M.D., 2001. *Relationships between microbial water quality and environmental conditions in coastal recreational waters: The Fylde coast, UK*. Water Research, 35(17), pp.4029–4038. Disponible sur : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135401001233> [Consulté le 30 Avril 2014].
- Damy P.C., 2011. *Synthèse des connaissances sur l'origine et la disponibilité du cadmium dans les eaux continentales*. Disponible sur : http://www.oieau.org/documentation/IMG/pdf/DAMY_vf_sr.pdf [Consulté le 30 Avril 2014].
- Gonzalez J.L., Chiffolleau J.F., Miramand P., Thouvenin B., Guyot T., 1999. *Le cadmium : comportement d'un contaminant métallique en estuaire*. Disponible sur : http://seine-aval.crihan.fr/web/attached_file/componentId/kmelia106/attachmentId/2205/lang/fr/name/2534486785lfr_Seine_aval_10.pdf [Consulté le 30 Avril 2014].
- Howell E.A., Bograd S.J., Morishige C., Seki M.P., Polovina J.J., 2012. *On North Pacific circulation and associated marine debris concentration*. Marine pollution bulletin, 65(1-3), pp.16–22. Disponible sur : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X11002372> [Consulté le 3 mai 2014].
- Ifremer, 1993. *La qualité des eaux dans l'estuaire de la Gironde : Synthèse*. Disponible sur : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00037/14855/12213.pdf> [Consulté le 30 Avril 2014].
- Kadir K. et Nelson K.L., 2014. *Sunlight mediated inactivation mechanisms of Enterococcus faecalis and Escherichia coli in clear water versus waste stabilization pond water*. Water research, 50, pp.307–17. Disponible sur : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004313541300852X> [Consulté le 2 Mai 2014].
- Kay D., Bartram J., Prüss A., Ashbolt N., Wyer M.D., Fleisher J.M., Fewtrell L., Rogers A., Rees G., 2004. *Derivation of numerical values for the World Health Organization guidelines for recreational waters*. Water Research, 38(5), pp.1296–1304. Disponible sur : [http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0043-1354\(03\)00686-9](http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0043-1354(03)00686-9) [Consulté le 30 Avril 2014].
- Lansard B., Charmasson S., Gasco C., Anton M.P., Grenz C., Arnaud M., 2007. *Spatial and temporal variations of plutonium isotopes (238Pu and 239,240Pu) in sediments off the Rhone River mouth (NW Mediterranean)*. The Science of the total environment, 376(1-3), pp.215–27. Disponible sur : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969707000976> [Consulté le 3 Mai 2014].
- Lauber C.L., Glatzer L., Sinsabaugh R.L., 2003. *Prevalence of Pathogenic Escherichia coli in Recreational Waters*. Journal of Great Lakes Research, 29(2), pp.301–306. Disponible sur :

- <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0380133003704353> [Consulté le 30 Avril 2014].
- Le Guyader F.S., Olivier J., Le saux J.C., Garry P., 2014. *Les virus entériques humains et l'eau*. Revue Francophone des Laboratoires, 2014(459), pp.41–49. Disponible sur : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1773035X14723639> [Consulté le 30 Avril 2014].
- MIDAGO, 2008. *Etude des potentialités piscicoles des affluents de l'estuaire : cas des migrateurs amphihalins (anguille européenne, lamproies marine et fluviatile, mulets et flets)*. Disponible sur : <http://www.sage-estuaire-gironde.org/site/documents.php> [Consulté le 30 Avril 2014].
- Ministère de la Santé et des Sports, 2010. *Circulaire N°DGS/EA4/2009/389 du 30 décembre 2009*. Disponible sur : http://www.eau-seine-normandie.fr/fileadmin/mediatheque/Eau-et-sante/profil_baignade/circulaire_profil_baignade.pdf [Consulté le 30 Avril 2014].
- Pourcher A.M., Solecki O., Jardé E., Jeanneau L., Jadas-Hécart A., Caprais M.P., Gourmelon M., Durand G., 2012. *Des micro-organismes et des composés chimiques pour identifier les sources de contamination fécale : étude de leur persistance en microcosmes et de leur présence dans les eaux à l'échelle d'un bassin versant*. Sciences Eaux & Territoires, 2012(09), pp.92–97. Disponible sur : <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/77/64/23/PDF/dg2012-pub00037460.pdf> [Consulté le 30 Avril 2014].
- Roche P.A., Billen G., Bravard J.P., Décamp H., Pennequin D., Vindimian E., Wasson J.G., 2005. *Les enjeux de recherche liés à la directive-cadre européenne sur l'eau*. Comptes Rendus Geoscience, 337(1-2), pp.243–267. Disponible sur : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1631071304002937> [Consulté le 3 Mai 2014].
- SAGE Estuaire de la Gironde, 2013. *Plan d'Aménagement et de Gestion Durable - PAGD*. Disponible sur : <http://www.sage-estuaire-gironde.org/site/documents.php> [Consulté le 30 Avril 2014].
- Soller J.A., Schoen M.E., Bartrand T., Ravenscroft J.E., Ashbolt N.J., 2010. *Estimated human health risks from exposure to recreational waters impacted by human and non-human sources of faecal contamination*. Water research, 44(16), pp.4674–91. Disponible sur : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135410004367> [Consulté le 30 Avril 2014].
- Soyeux E., Tisserand B., Blanchet F., 2007. *Impacts des rejets par temps de pluie sur la qualité sanitaire des eaux de baignade*. Disponible sur : http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/25320/1665_054blanchet.pdf?sequence=1 [Consulté le 30 Avril 2014].

Tapie N., Budzinski H., Elie P., Gonthier P., 2006. *Contamination en polychlorobiphényles (PCB) des anguilles du système gluvio-estuarien de la Gironde*. Disponible sur : http://oai.eau-adour-garonne.fr/oai-documents/57780/GED_00000000.pdf [Consulté le 30 Avril 2014].

Union européenne, 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*. Disponible sur : http://www.ineris.fr/aida/consultation_document/951/version_pdf [Consulté le 30 Avril 2014].

Yang X. et Wang, H., 2014. *Encyclopedia of Food Microbiology*, Elsevier. Disponible sur : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123847300003839> [Consulté le 30 Avril 2014].

Supports multimédias

Consortium MAGEST (2011) *MAGEST : réseau d'observation automatisé pour la surveillance de la qualité de eaux* [en ligne] Disponible sur : <http://www.magest.u-bordeaux1.fr/Public/> [Consulté le 17/04/2014].

INPN (2013) *Zone Natura 2000 – Estuaire de la Gironde* [en ligne] Disponible sur : <http://inpn.mnhn.fr/site/natura2000/FR7200677> et <http://inpn.mnhn.fr/site/natura2000/FR5412011> [Consulté le 17/04/2014].

Manageo (2014) *Manageo : Familles d'activités des sociétés du département de la Gironde* 33 [en ligne] Disponible sur : http://www.manageo.fr/annuaire_entreprises_departement/33/gironde.html [Consulté le 17/04/2014].

Ministère des Affaires sociales et de la Santé (2014) *Ministères des Affaires sociales et de la Santé : Eaux de baignade* [en ligne] Disponible sur : <http://baignades.sante.gouv.fr/baignades/editorial/fr/accueil.html> [Consulté le 17/04/2014].

SAGE Estuaire Gironde (2014) *Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux de l'estuaire de la Gironde et des milieux associés* [en ligne] Disponible sur : <http://www.sage-estuaire-gironde.org/site/presentation.php> [Consulté le 17/04/2014].

SMIDDEST (2014) *L'Univers de l'Estuaire : On met les voiles* [en ligne] Disponible sur : <http://www.estuaire-gironde.fr/Carnet-d-adresses-de-l-Univers-de-l-estuaire/La-voile-associations-et-clubs-nautiques/On-met-les-voiles> [Consulté le 17/04/2014].

Surf Report (2014) *Surf infos sur les spots* [en ligne] Disponible sur : <http://www.surf-report.com/surf-info.html> [Consulté le 17/04/2014].

Annexe

- Le bouchon vaseux de l'estuaire de la Gironde

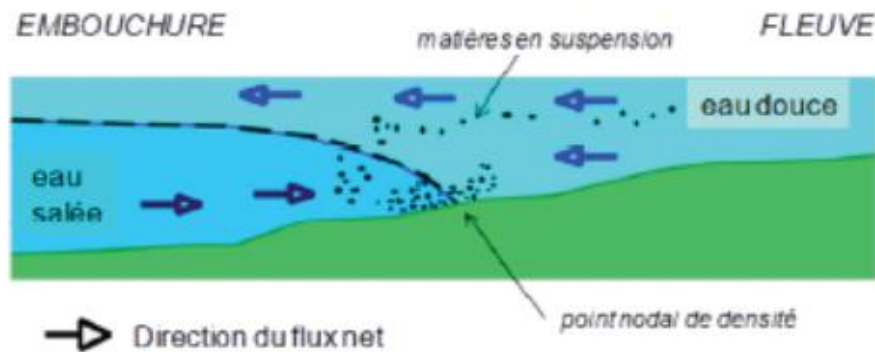


Figure 16 : Origine du bouchon (tiré du site laGaronne, Le bouchon vaseux du système estuarien Garonne - Dordogne - Gironde).

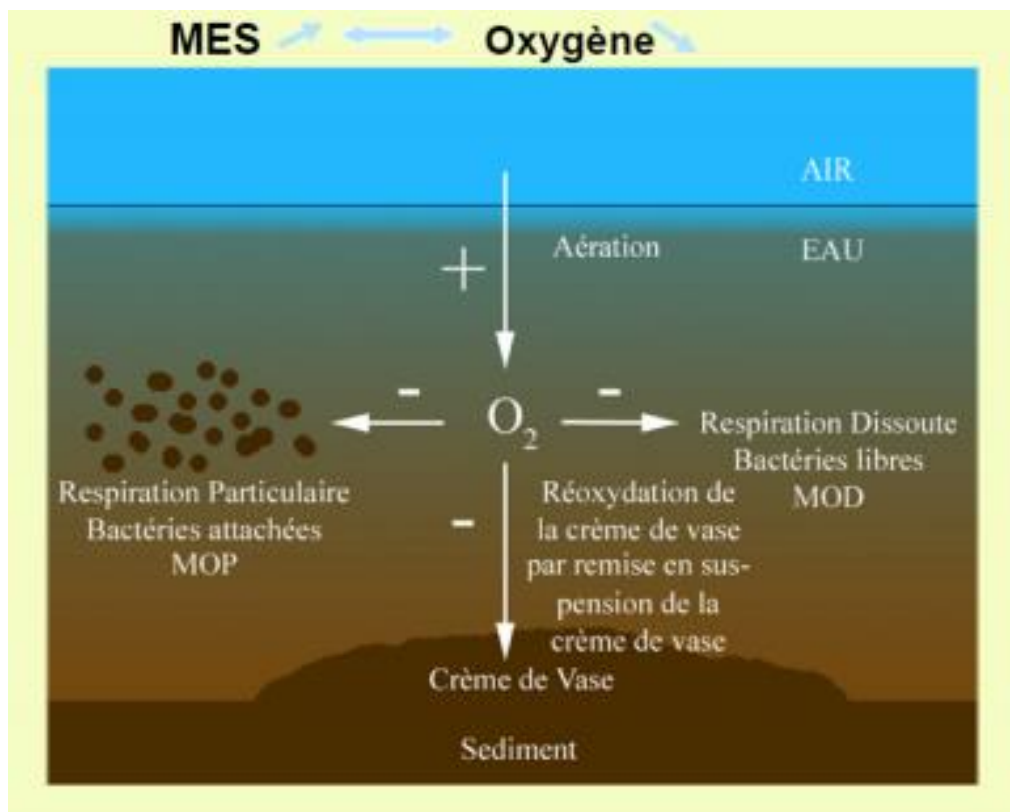


Figure 17 : Oxygénation du bouchon vaseux (tiré du site laGaronne, Apports du MAGEST sur l'oxygénation).



N° du prélèvement : **Date :** 2014
Nom du Waterman Testeur : **Heure :**
Site d'échantillonnage : Erromardie
Commune : Saint-Jean-de-Luz

Fréquentation du site :
 Type d'activité nautique :
 Estimation du nombre de pratiquants présents sur le site :
 Estimation du nombre de personnes présentes sur le site (hors de l'eau) :

Marée :
 Horaire marée basse : Horaire marée haute :
 Coefficient :
 Etat de la mer à l'heure du prélèvement :

Météo :
☐ Ensoleillé ☐ Couvert ☐ Orageux
☐ Vent. Si oui, vent dominant :
☐ Etat de la mer : ☐ Houle :

Pluviométrie :
☐ Le jour même ☐ La veille ☐ L'avant-veille
 Eventuellement la pluie dernières 24h :

Température de l'eau **Température de l'air**

Etat de la plage :
☐ Propre ☐ Présence de déchets. Si oui, précisez :

Association loi 1901 agréée d'Education Populaire
 33 Allée du Moura- 64200 Biarritz-
 E-mail : qualite.eau64@surfrider.eu

Etat de l'eau :
☐ Propre ☐ Présence de déchets. ☐ Autres :
Couleur de l'eau :
☐ Claire ☐ Trouble ☐ Marron ☐ Autre :
Etat du cours d'eau :
☐ Pas de communication avec la mer ☐ Communication avec la mer
 Si oui, débit et hauteur d'eau : ☐ faible ☐ moyen ☐ fort
 Couleur du cours d'eau :
☐ Claire ☐ Trouble ☐ Marron ☐ Autre :
 Présence de mousse (détergent) : ☐ oui ☐ non
 Hydrocarbures : ☐ oui ☐ non
 Odeur du cours d'eau :

Remarques et observations :

Positionnement du prélèvement (repère visuel : cale d'accès) :



Figure 18 : Ancienne fiche de prélèvement.

NC		NPP	LI	LS
1ère dil	2ème dil			
21/64	0/32	375	244	575
21/64	1/32	393	258	598
21/64	2/32	412	272	622
21/64	3/32	430	287	645
21/64	4/32	449	301	669
21/64	5/32	467	316	692
21/64	6/32	486	330	716
21/64	7/32	505	345	739
21/64	8/32	524	359	763

22/64	0/32	397	261	603
22/64	1/32	415	275	626
22/64	2/32	434	290	650
22/64	3/32	453	304	674
22/64	4/32	472	319	697
22/64	5/32	490	334	721
22/64	6/32	509	348	745
22/64	7/32	528	363	769
22/64	8/32	547	378	793

23/64	0/32	419	278	631
23/64	1/32	438	293	655
23/64	2/32	457	307	679
23/64	3/32	476	322	703
23/64	4/32	495	337	727
23/64	5/32	514	352	751
23/64	6/32	533	367	775
23/64	7/32	553	382	799
23/64	8/32	572	397	823
23/64	9/32	591	412	848

24/64	0/32	442	296	660
24/64	1/32	461	311	684
24/64	2/32	480	326	708
24/64	3/32	500	341	733
24/64	4/32	519	356	757
24/64	5/32	538	371	781
24/64	6/32	558	389	806
24/64	7/32	577	401	830
24/64	8/32	597	417	855
24/64	9/32	617	432	880

25/64	0/32	465	314	689
25/64	1/32	485	329	714
25/64	2/32	504	344	738
25/64	3/32	524	360	763
25/64	4/32	543	375	783
25/64	5/32	563	390	812
25/64	6/32	583	406	837
25/64	7/32	603	421	862
25/64	8/32	623	437	887
25/64	9/32	643	453	912

26/64	0/32	489	333	720
26/64	1/32	509	348	744
26/64	2/32	529	363	769
26/64	3/32	549	379	794
26/64	4/32	568	395	819
26/64	5/32	588	410	844
26/64	6/32	609	426	869
26/64	7/32	629	442	895
26/64	8/32	649	458	920
26/64	9/32	669	474	945

NC		NPP	LI	LS
1ère dil	2ème dil			
27/64	0/32	514	352	751
27/64	1/32	534	367	776
27/64	2/32	554	383	801
27/64	3/32	574	399	826
27/64	4/32	594	415	851
27/64	5/32	615	431	877
27/64	6/32	635	447	902
27/64	7/32	655	463	928
27/64	8/32	676	479	954
27/64	9/32	696	495	980

28/64	0/32	539	371	782
28/64	1/32	559	387	808
28/64	2/32	580	403	833
28/64	3/32	600	419	859
28/64	4/32	621	435	885
28/64	5/32	641	452	910
28/64	6/32	662	468	936
28/64	7/32	683	484	962
28/64	8/32	704	501	989
28/64	9/32	725	517	1015
28/64	10/32	746	534	1041

29/64	0/32	565	392	815
29/64	1/32	585	408	840
29/64	2/32	606	424	866
29/64	3/32	627	440	892
29/64	4/32	648	451	919
29/64	5/32	669	473	945
29/64	6/32	690	490	971
29/64	7/32	711	506	998
29/64	8/32	732	523	1024
29/64	9/32	753	540	1051
29/64	10/32	775	557	1078

30/64	0/32	591	412	848
30/64	1/32	612	429	874
30/64	2/32	633	445	901
30/64	3/32	654	462	927
30/64	4/32	676	479	954
30/64	5/32	697	495	980
30/64	6/32	718	512	1007
30/64	7/32	740	529	1034
30/64	8/32	761	546	1061
30/64	9/32	783	563	1088
30/64	10/32	805	581	1116

31/64	0/32	619	434	882
31/64	1/32	640	451	909
31/64	2/32	661	467	936
31/64	3/32	683	484	963
31/64	4/32	704	501	990
31/64	5/32	726	518	1017
31/64	6/32	748	536	1044
31/64	7/32	770	553	1071
31/64	8/32	792	570	1099
31/64	9/32	814	587	1127
31/64	10/32	836	605	1155

32/64	0/32	647	456	917
32/64	1/32	668	473	944
32/64	2/32	690	490	972
32/64	3/32	712	507	999
32/64	4/32	734	525	1027
32/64	5/32	756	542	1054
32/64	6/32	778	559	1082
32/64	7/32	800	577	1110
32/64	8/32	823	595	1138
32/64	9/32	845	612	1166
32/64	10/32	868	630	1195

NC		NPP	LI	LS
1ère dil	2ème dil			
33/64	0/32	675	479	953
33/64	1/32	697	496	981
33/64	2/32	720	513	1009
33/64	3/32	742	531	1037
33/64	4/32	764	549	1065
33/64	5/32	787	566	1093
33/64	6/32	809	584	1121
33/64	7/32	832	602	1150
33/64	8/32	855	620	1178
33/64	9/32	878	638	1207
33/64	10/32	901	656	1236

34/64	0/32	705	502	991
34/64	1/32	728	520	1019
34/64	2/32	750	537	1047
34/64	3/32	773	555	1075
34/64	4/32	796	573	1104
34/64	5/32	818	591	1133
34/64	6/32	841	609	1162
34/64	7/32	865	628	1191
34/64	8/32	888	646	1220
34/64	9/32	911	664	1249
34/64	10/32	935	683	1279
34/64	11/32	958	701	1309

35/64	0/32	736	526	1029
35/64	1/32	759	542	1058
35/64	2/32	782	560	1086
35/64	3/32	805	579	1116
35/64	4/32	828	597	1145
35/64	5/32	851	616	1174
35/64	6/32	875	634	1204
35/64	7/32	898	653	1233
35/64	8/32	922	672	1263
35/64	9/32	946	691	1293
35/64	10/32	970	710	1323
35/64	11/32	994	729	1354

36/64	0/32	767	551	1069
36/64	1/32	791	569	1098
36/64	2/32	814	588	1127
36/64	3/32	838	606	1157
36/64	4/32	861	625	1187
36/64	5/32	885	644	1217
36/64	6/32	909	663	1247
36/64	7/32	933	682	1277
36/64	8/32	957	701	1308
36/64	9/32	982	720	1338
36/64	10/32	1006	739	1369
36/64	11/32	1031	758	1401

37/64	0/32	800	577	1109
37/64	1/32	824	595	1139
37/64	2/32	848	614	1169
37/64	3/32	872	633	1200
37/64	4/32	896	652	1230
37/64	5/32	920	671	1261
37/64	6/32	945	691	1292
37/64	7/32	969	710	1323
37/64	8/32	994	730	1354
37/64	9/32	1019	749	1385
37/64	10/32	1044	769	1417
37/64	11/32	1069	788	1449

Légende:
NC: Nombre de puits Comptabilisés
NPP: Nombre le Plus Probable
LI: Limite Inférieure
LS: Limite Supérieure

Figure 19 : Table de lecture à 2 dilutions des Entérocoques.

NC	NPP	LI	LS	
50/64	0/32	1363	1017	1825
50/64	1/32	1397	1044	1870
50/64	2/32	1431	1070	1914
50/64	3/32	1466	1097	1960
50/64	4/32	1502	1124	2006
50/64	5/33	1537	1151	2053
50/64	6/32	1573	1179	2100
50/64	7/32	1610	1207	2148
50/64	8/32	1647	1235	2197
50/64	9/32	1684	1263	2246
50/64	10/32	1722	1291	2297
50/64	11/32	1760	1320	2348
50/64	12/32	1799	1349	2400
50/64	13/32	1838	1378	2452
50/64	14/32	1878	1408	2506
50/64	15/32	1918	1437	2560

NC	NPP	LI	LS	
51/64	0/32	1423	1064	1903
51/64	1/32	1458	1091	1949
51/64	2/32	1494	1118	1996
51/64	3/32	1531	1146	2044
51/64	4/32	1567	1174	2092
51/64	5/33	1605	1203	2141
51/64	6/32	1642	1231	2191
51/64	7/32	1681	1260	2241
51/64	8/32	1719	1289	2293
51/64	9/32	1758	1318	2345
51/64	10/32	1798	1348	2398
51/64	11/32	1838	1378	2452
51/64	12/32	1879	1408	2507
51/64	13/32	1920	1439	2563
51/64	14/32	1962	1470	2620
51/64	15/32	2004	1501	2677

NC	NPP	LI	LS	
52/64	0/32	1486	1112	1986
52/64	1/32	1523	1141	2035
52/64	2/32	1561	1169	2084
52/64	3/32	1599	1198	2134
52/64	4/32	1638	1228	2185
52/64	5/33	1677	1257	2236
52/64	6/32	1716	1287	2289
52/64	7/32	1756	1317	2342
52/64	8/32	1797	1347	2397
52/64	9/32	1838	1378	2452
52/64	10/32	1880	1409	2508
52/64	11/32	1922	1440	2566
52/64	12/32	1965	1472	2624
52/64	13/32	2009	1504	2683
52/64	14/32	2053	1536	2744
52/64	15/32	2098	1569	2806
52/64	16/32	2143	1601	2869

NC	NPP	LI	LS	
53/64	0/32	1554	1164	2075
53/64	1/32	1593	1194	2126
53/64	2/32	1633	1224	2178
53/64	3/32	1673	1254	2231
53/64	4/32	1713	1284	2285
53/64	5/33	1754	1315	2339
53/64	6/32	1796	1346	2395
53/64	7/32	1838	1378	2452
53/64	8/32	1881	1410	2510
53/64	9/32	1924	1442	2568
53/64	10/32	1969	1474	2628
53/64	11/32	2013	1507	2690
53/64	12/32	2059	1540	2752
53/64	13/32	2105	1574	2816
53/64	14/32	2152	1608	2881
53/64	15/32	2200	1642	2948
53/64	16/32	2249	1677	3016

NC	NPP	LI	LS	
54/64	0/32	1627	1220	2171
54/64	1/32	1668	1251	2225
54/64	2/32	1710	1282	2280
54/64	3/32	1752	1314	2336
54/64	4/32	1794	1345	2393
54/64	5/33	1838	1378	2452
54/64	6/32	1882	1410	2511
54/64	7/32	1927	1443	2571
54/64	8/32	1972	1477	2633
54/64	9/32	2018	1511	2696
54/64	10/32	2065	1545	2761
54/64	11/32	2113	1579	2827
54/64	12/32	2162	1614	2894
54/64	13/32	2211	1650	2963
54/64	14/32	2261	1686	3033
54/64	15/32	2312	1722	3105
54/64	16/32	2365	1759	3179
54/64	17/32	2418	1796	3255

NC	NPP	LI	LS	
55/64	0/32	1706	1279	2276
55/64	1/32	1749	1312	2333
55/64	2/32	1793	1344	2392
55/64	3/32	1838	1378	2451
55/64	4/32	1883	1411	2512
55/64	5/33	1829	1445	2575
55/64	6/32	1976	1480	2638
55/64	7/32	2023	1514	2703
55/64	8/32	2072	1550	2770
55/64	9/32	2121	1585	2838
55/64	10/32	2172	1622	2908
55/64	11/32	2223	1658	2979
55/64	12/32	2275	1695	3053
55/64	13/32	2328	1733	3128
55/64	14/32	2382	1771	3204
55/64	15/32	2438	1810	3283
55/64	16/32	2494	1849	3364
55/64	17/32	2551	1888	3448

NC	NPP	LI	LS	
56/64	0/32	1792	1343	2390
56/64	1/32	1838	1378	2451
56/64	2/32	1884	1412	2514
56/64	3/32	1931	1447	2578
56/64	4/32	1980	1483	2644
56/64	5/33	2029	1518	2711
56/64	6/32	2079	1555	2780
56/64	7/32	2130	1592	2850
56/64	8/32	2182	1629	2923
56/64	9/32	2235	1667	2997
56/64	10/32	2290	1706	3073
56/64	11/32	2345	1745	3151
56/64	12/32	2401	1784	3232
56/64	13/32	2459	1825	3314
56/64	14/32	2518	1865	3399
56/64	15/32	2578	1907	3487
56/64	16/32	2640	1949	3577
56/64	17/32	2703	1991	3669
56/64	18/32	2767	2034	3765

NC	NPP	LI	LS	
57/64	0/32	1885	1413	2516
57/64	1/32	1934	1449	2582
57/64	2/32	1984	1486	2650
57/64	3/32	2035	1523	2719
57/64	4/32	2087	1560	2790
57/64	5/33	2140	1599	2864
57/64	6/32	2194	1637	2939
57/64	7/32	2249	1677	3016
57/64	8/32	2305	1717	3095
57/64	9/32	2363	1758	3177
57/64	10/32	2422	1799	3261
57/64	11/32	2482	1841	3348
57/64	12/32	2544	1883	3437
57/64	13/32	2608	1927	3529
57/64	14/32	2672	1971	3624
57/64	15/32	2739	2015	3723
57/64	16/32	2807	2061	3824
57/64	17/32	2877	2107	3929
57/64	18/32	2949	2154	4038

NC	NPP	LI	LS	
58/64	0/32	1988	1489	2656
58/64	1/32	2041	1527	2728
58/64	2/32	2095	1566	2802
58/64	3/32	2150	1606	2878
58/64	4/32	2206	1646	2956
58/64	5/33	2263	1687	3036
58/64	6/32	2322	1729	3119
58/64	7/32	2383	1771	3205
58/64	8/32	2444	1814	3293
58/64	9/32	2508	1858	3384
58/64	10/32	2573	1903	3479
58/64	11/32	2640	1948	3576
58/64	12/32	2708	1995	3677
58/64	13/32	2779	2042	3782
58/64	14/32	2851	2090	3890
58/64	15/32	2926	2138	4003
58/64	16/32	3002	2188	4120
58/64	17/32	3082	2239	4241
58/64	18/32	3163	2291	4368
58/64	19/32	3247	2343	4499

TABLE DE LECTURE STATISTIQUE

Figure 20 : Figure 20 : Table de lecture à 2 dilutions d'E. coli.

Tableau 3 : Base de données.

					Sokoburu sans cours d'eau		Flot bleu sans cours d'eau		Erromardie avec cours d'eau		Lafiténia sans cours d'eau		Cénitz avec cours d'eau		Uhabia avec cours d'eau		Bidart centre sans cours d'eau		Ilbarritz sans cours d'eau		Port Vieux sans cours d'eau		Grande plage sans cours d'eau		La Barre avec cours d'eau	
Date	Pluvio 24H Biarritz (mm)	Pluvio 72H Biarritz (mm)	Pluvio 24H Socoa (mm)	Pluvio 72H Socoa (mm)	E. Coli	Entérocoques	E. Coli	Entérocoques	E. Coli	Entérocoques	E. Coli	Entérocoques	E. Coli	Entérocoques	E. Coli	Entérocoques	E. Coli	Entérocoques	E. Coli	Entérocoques	E. Coli	Entérocoques	E. Coli	Entérocoques	E. Coli	Entérocoques
16/06/2011	4	4	5,2	5,2	215	15									1047	232									143	30
23/06/2011	1,8	2,6	2	3,2	15	15	142	15	15	15					15	15			15	15					172	15
30/06/2011	0	0,2	0,8	3,8	15	15	15	15	15	15					15	15			15	15					15	15
07/07/2011	3,6	3,8	6,1	6,9	15	15	61	15	15	30					77	15			347	251					15	15
15/07/2011	0	1,2	0	39,5	110	15	77	30	77	30					347	15									15	15
21/07/2011	10,1	31,1	11,7	30,5	15	15	386	45	249	15					30	15			307	15					251	15
27/07/2011	14	44,6	15,5	91	1929	232	3093	480	1285	215					3555	10491			660	110					930	179
04/08/2011	0,2	0,4	0	1	177	30	61	15	30	15					46	15									77	15
11/08/2011	0,2	0,2	0,2	0,4	15	15	126	15	30	15					61	15			127	15					46	15
18/08/2011	0	0	0	0	30	15	77	45	175	15					896	161			268	15					1304	46
25/08/2011	0,8	1	2,8	3,2	61	15	94	15	15	15					94	15			61	15					61	15
01/09/2011	5,4	5,4	3,2	3,2	76	15	15	15	126	15					212	61			15	15					46	15
07/09/2011	0	9,5	0,2	14,5	46	15	77	46	160	15					15	15			15	15					30	15
15/09/2011	0	0,4	0	1,2	15	15	15	15	15	15					126	15			15	15					30	15
22/09/2011	0	0,6	0	2	15	15	15	15	30	15					15	15			15	15					15	15
29/09/2011	0,2	0,4	0,2	0,6	46	30	15	15	30	15					457	179			30	15					61	15
06/10/2011	0,2	0,4	0,2	0,2	15	15	15	15	92	15					15	46			15	15					15	15
13/10/2011	0	0,4	0	0	15	15	77	15	30	30					15	15			94	15					30	15
20/10/2011	13,7	14,1	16,3	16,3	15	15	177	30	504	77					161	15			92	15					77	15
27/10/2011	3	12,7	0,2	0,8	61	15	350	15	30	15					247	127			15	15					30	15
10/11/2011	1,6	7	0,8	7,8	179	77	177	161	195	15					127	94			309	215					434	353
24/11/2011	0,2	1	0,2	1,8	127	15	61	15	127	15					251	46			390	77					109	30
08/12/2011	2,2	34,1	3,2	32,8	324	15	143	30	324	30					289	179			30	15					176	15
05/01/2012	0,6	13,8	3,2	23,5	144	46	734	292	851	249					77	15			144	15					885	476
19/01/2012	0	0,2	0	0	563	15	177	15	77	45					143	15			195	15					45	15
02/02/2012	0	23,2	4,6	35,1	1537	661	661	272	232	15					397	272			30	15					161	61
16/02/2012	3,6	11,1	6,2	14,1	46	15	30	15	734	160					143	30			109	61					15	15
01/03/2012	0	0,2	0	0,2	144	15	46	15	524	15					109	46			232	15					15	15
15/03/2012	0,2	0,6	0,2	0,4	30	15	15	15	77	15					15	15			514	108					195	15
29/03/2012	0	0,4	0	0	161	15	61	15	15	15					15	15			15	15					15	15
12/04/2012	1	19,9	0,8	25,5	15	15	144	15	191	15					30	15			15	15					94	15
26/04/2012	3,2	19,2	2,2	15,9	15	15	15	15	46	46					46	15			15	15					1349	312
03/05/2012	0	6,9	0,6	2,2	46	15	215	30	15	15					15	30			30	15					697	177
10/05/2012	0	3,2	0	5,4	15	15	30	15	94	15					61	15			15	15					30	15
16/05/2012	0	0	0	0	15	15	15	15	15	15					15	15			94	15					15	15
24/05/2012	0	13,1	0	21,6	15	15	307	15	94	15					272	15			30	15					734	61
31/05/2012	0	0	0	0	15	15	15	15	356	15					251	110			15	15					1074	15
07/06/2012	0	0,2	0	0,2	15	30	76	15	126	15					179	46			15	15					558	15
14/06/2012	1,7	50	0	57,3	30	15	247	339	194	30					61	30			61	15					61	61
21/06/2012	2,6	6,4	1,2	15,7	61	15	304	15	127	77					143	15			461	15					256	61
28/06/2012	0	0,4	0	0,2	253	15	61	15	30	15					30	15			109	15					197	15
05/07/2012	0,8	1	1,4	1,4	249	15	46	15	504	46					554	30			1086	15					524	15
12/07/2012	0,2	0,8	0,2	1,6	143	15	177	15	558	30					15	15			1089	15					161	15
19/07/2012	0	0	0	0	332	15	251	15	144	15					46	30			1415	15					126	15
26/07/2012	0	0,2	0	0	77	15	15	15	77	30					109	15			142	30					213	15
02/08/2012	0	0	0	0	15	15	46	15	77	15					125	15			30	15					161	15
09/08/2012	0	0,4	0	0	15	15	61	15	15	15					15	15			94	15					15	15
16/08/2012	0,4	0,8	0,2	0,2	15	15	15	15	480	15					46	15			393	15					46	30
23/08/2012	0	0	0	0,2	15	15	127	30	30	15					61	15			94	15					30	15
30/08/2012	1,8	3	2,6	3,2	342	15	192	15	76	15	538	15	742	15	270	110	374	61	268	61			9043	1206	228	15
06/09/2012	0	0,4	0	0,2	30	15	15	15	92	15	15	15	46	30	30	46	15	15	61	15			15	15	245	15
13/09/2012	3,4	6,9	4,6	6,2	15	46	46	15	5598	2482	15	15	15	15	234	77	529	15	736	15			289	15	495	15
20/09/2012	0	3,4	0,2	5,9	94	61	438	30	61	15	15	15	15	15	15	15	46	15	46	15			197	15	46	15
27/09/2012	16,1	42,5	0	26,9	30	15	144	15	1324	15	30	15	45	15	289	15	210	15	347	15			197	46	868	15
04/10/2012	0	0,2	0,2	0,2	15	15	110	15	144	15	30	15	2567	15	175	125	30	15	266	15			30	61	253	15
11/10/2012	0	0	0,2	0,2	15	15	93	15	197	15	144	15	94	15	61	46	1315	15	251	30			179	46	127	61
25/10/2012	3,4	3,4	3,2	3,8	419	94	756	61	77	15	896	15	207	15	110	46	94	15	838	289			94	15	412	77
08/11/2012	0	37	0	19	126	15	177	61	177	15	144	15	465	45	312	15	160	15	955	15			726	461	1567	15
22/11/2012	3,2	3,4	2,2	3,4	179	15	125	30	160	15	1537	30	1415	15	15	15	412	15	126	15			46	46	127	15
06/12/2012	5,2	52,6	8	56,3	697	179	1327	588	500	212	330	61	1295	108	1494	787	654	212	285	109			773	270	8329	3543
20/12/2012	0	8,5	0,2	8,8	457	15	3306	30	697	61	77	15	289	15	324	77	1195	15	728	15			94	15	415	15
03/01/2013	1,6	14,5	1,2	28,4	1183	15			690	30	1754	15														
17/01/2013	12,7	64,1	16,3	92,4	1509	1020	4368	1713	640	309	330	159	465	197	2296	3315	580	304	285	144			215	292	7101	1972
31/01/2013	0	1,4	0	0,2	1397	30	312	2341	232	15	110	15	350	30	143	15	15	30	93</							

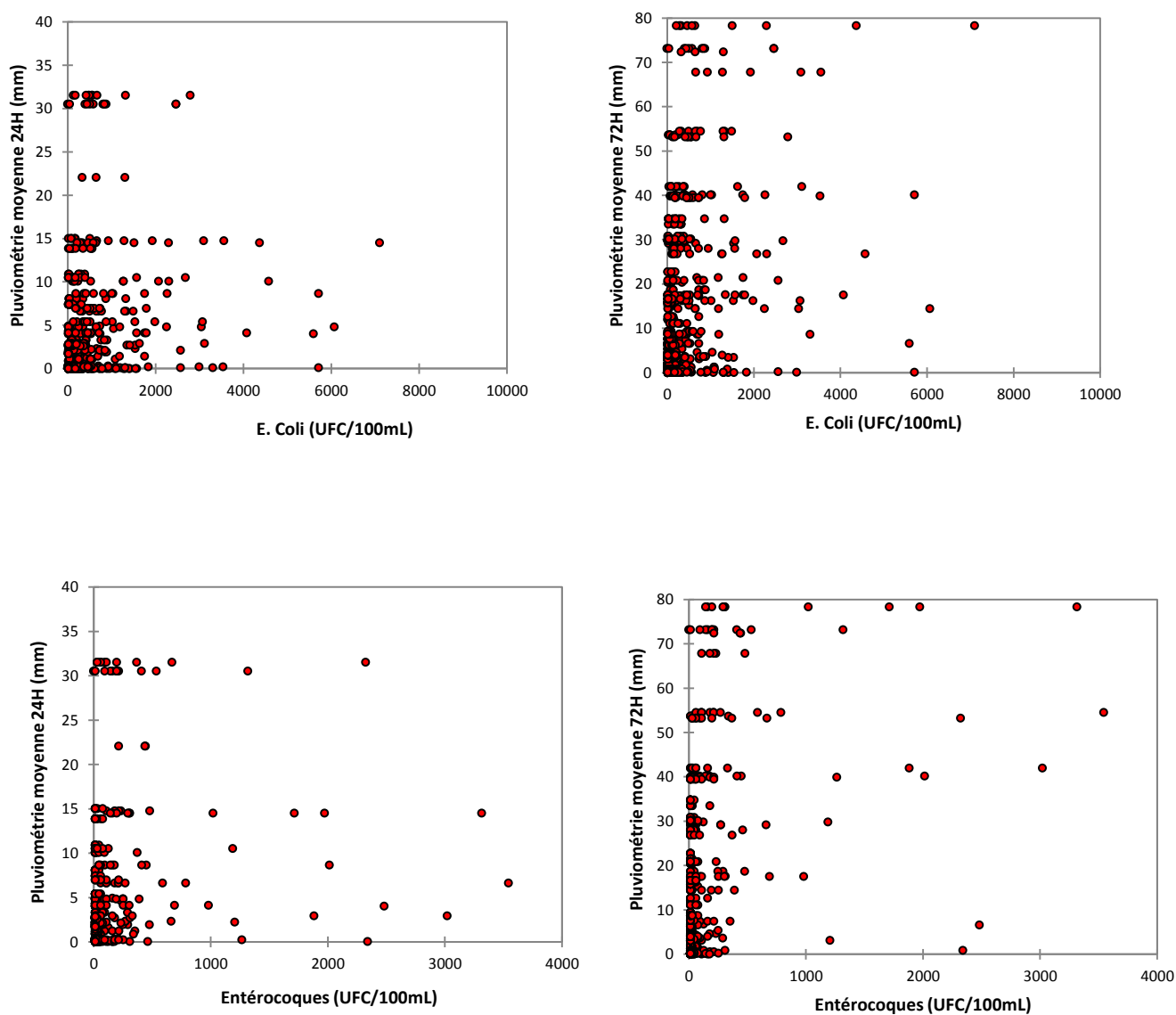


Figure 21 : Nuages de points des concentrations bactériennes (*E. coli* ou Entérocoques) selon les précipitations (sur 24 ou 72H).

Résumé

Dans l'optique de réaliser ses suivis de la qualité de l'eau, Surfrider établit des réseaux en se basant sur la demande des usagers mais aussi sur différents intérêts. Ainsi, l'étude de faisabilité menée sur l'estuaire de la Gironde permet de mettre en avant les spécificités de la zone. Les différents acteurs et problèmes locaux mettent en avant, pour l'estuaire, le besoin d'une surveillance, et donc, la nécessité de l'établissement d'un réseau de suivi. Ce réseau, s'il obtient un retour favorable, pourrait donc être mis en place dans les années à venir.

Ce réseau aurait alors un fonctionnement similaire à ceux déjà en place, comme celui de la Côte Basque. Il consiste en différents lieux, ou « spots », sur lesquels sont effectués des prélèvements en zones d'activités nautiques. Ces échantillons sont ensuite analysés selon des normes gouvernementales liés à la qualité des eaux de baignade. Les résultats de ces analyses permettent de voir s'il existe une pollution bactériologique d'origine fécale du lieu de prélèvement. Ces constats légitiment l'intervention de Surfrider auprès des communes afin d'identifier les sources de ces pollutions et les résoudre.

Mots clefs : qualité de l'eau ; estuaire de la Gironde ; étude de faisabilité ; *Escherichia coli* ; entérocoques ; pollution bactérienne ; fluorimétrie.