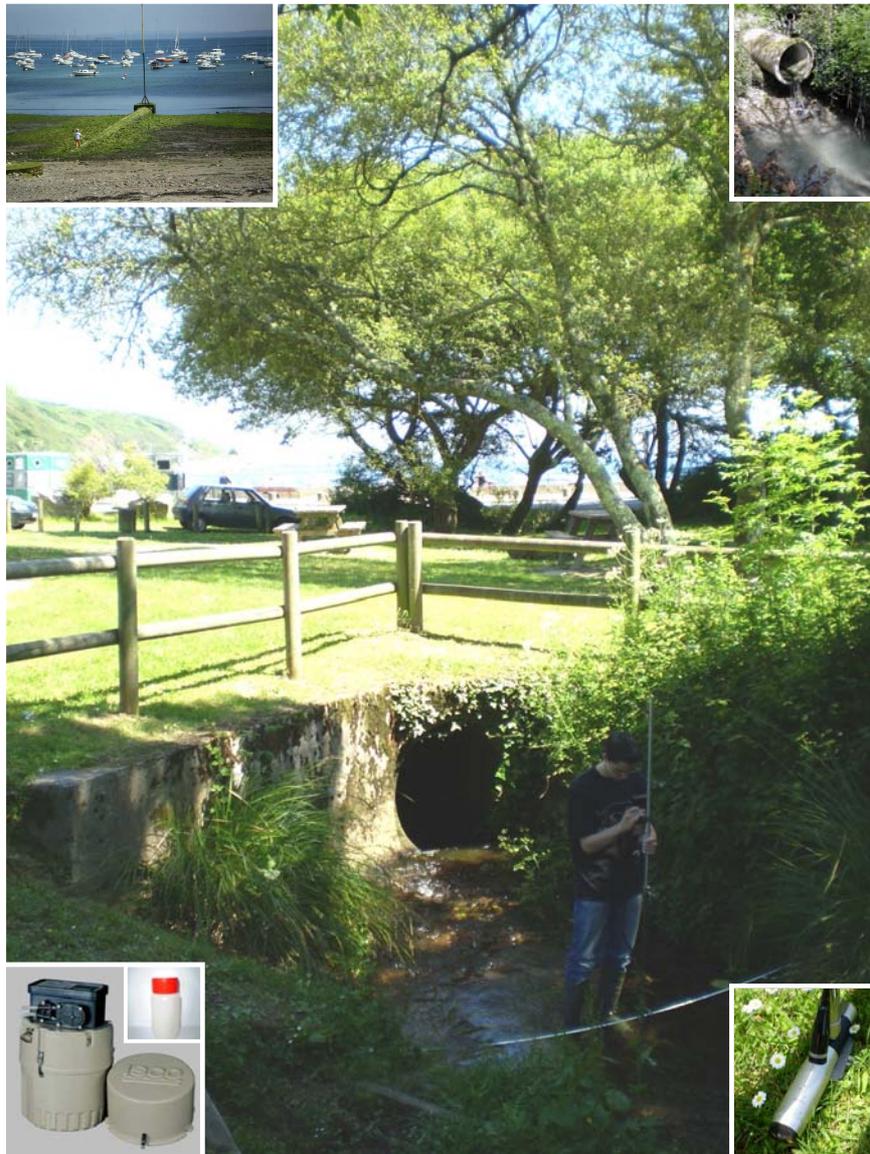


**Caractérisation hydrologique et microbiologique
du bassin versant de Sainte Anne (Plouzané)**



Stage réalisé du *14 avril au 20 juin 2008*,
Département EMP, Laboratoire de Microbiologie,
IFREMER (Brest),
sous la responsabilité de *Morgane BOUGEARD*.

BELLOIR Jérôme

Remerciements

Je voudrais tout d'abord remercier Monique POMMEPUY, pour m'avoir permis de réaliser ce stage, dans son laboratoire et m'avoir apporté de nombreux conseils et transmis sa passion pour le monde de la recherche

J'ai eu l'opportunité d'être encadré lors de mon stage par une personne très rigoureuse et très professionnelle. Elle m'a permis d'exprimer mon savoir faire, en m'accordant beaucoup de confiance et une réelle écoute. Je remercie donc vivement Morgane BOUGEARD pour ce stage inoubliable.

Je souhaite aussi adresser toute ma sympathie à Jean Claude LE SAUX pour m'avoir accordé autant de confiance et pour m'avoir apporté de nombreux conseils.

Enfin, je remercie toute l'équipe du laboratoire de microbiologie, pour leur accueil et leur bonne humeur, qui a fait de ce stage une expérience chaleureuse et sympathique.

Sommaire

Introduction et objectif du stage	1
I. Présentation de l'IFREMER et du laboratoire de microbiologie	2
II. Synthèse bibliographique.....	3
II.1. Notion de bassin versant	3
II.2. L'essentiel du cycle hydrologique	3
II.3. Le Modèle AVSWAT	3
II.4. Les sources de contamination microbiologique des eaux côtières	4
III. Matériels et méthodes.....	5
III.1. Caractéristiques générales du bassin versant de Sainte Anne	5
III.2 Collecte des données	6
III.2.1. Collecte des données auprès des partenaires du Projet GIRAC	6
III.2.2. Investigations terrain et géoréférencement des points de prélèvements.....	6
III.2.3. Mesure de débit	6
III.2.4. Prélèvements des échantillons d'eau destinés à une analyse E. coli	7
III.3. Système d'Information Géographique.....	8
III.3.1. Délimitation du bassin versant de la plage de Sainte Anne.....	8
III.3.2. Création de la couche d'occupation du sol à la parcelle.....	8
III.3.3. Détermination de la part d'influence des stations Météo France avoisinantes par la technique de Thiessen.....	9
IV. Résultats et interprétations	10
IV.1. Résultats Terrain	10
IV.1.1. Travail d'investigation	10
IV.1.2. Débits au point 1	10
IV.1.3. Concentrations en Escherichia coli	10
IV.2. Résultats obtenus grâce au système d'information géographique.....	14
IV.2.1. Délimitation du bassin versant de la plage de Sainte Anne.....	14
IV.2.2. Création de la couche d'occupation du sol à la parcelle	15
IV.2.3. Détermination de la part d'influence des stations Météo France du Conquet, de Lanvéoc et de Guipavas, obtenue par la technique de Thiessen	17
V. Difficultés rencontrés et solutions éventuelles	18
VI. Conclusion et perspectives envisagées.....	19
Références bibliographiques.....	20

Liste des figures

Figure 1 : Distinction entre bassin versant topographique et bassin versant hydrogéologique	3
Figure 2 : Le modèle AVSWAT	3
Figure 3 : Situation géographique du bassin versant de Sainte Anne	5
Figure 4 : Ruisseau du Nevent, au niveau de l'exutoire naturel	5
Figure 5 : Canalisation du Nevent	5
Figure 6 : Points de prélèvements d'eau sur le bassin versant	6
Figure 7 : Schéma de la mesure de débit par exploration du champs de vitesse	6
Figure 8 : Mesure du débit à l'aide du courantomètre OTT ADC	7
Figure 9 : Prélèvements d'eau au point 12	7
Figure 10 : Lisier épandu sur une parcelle du bassin versant de Sainte, en amont du point 15	7
Figure 11 : Préleveur automatique de type ISCO	8
Figure 12 : Compartiments flacons avec réfrigérants, du préleveur automatique de type ISCO	8
Figure 13 : Topographie du bassin versant de Sainte Anne	8
Figure 14 : Usages du sol sur le bassin versant de Sainte Anne selon le programme européen Corine Land Cover	9
Figure 15 : Débits mesurés au point 1 et pluviométrie journalière associée (station Météo France de Guipavas), entre le 17 avril et le 21 mai 2008	10
Figure 16 : Relation débits mesurés au point 1 avec la pluviométrie cumulée	10
Figure 17 : Concentrations moyennes (écarts types) d' <i>Escherichia coli</i> /100mL par point de prélèvement, du 9 avril au 06 juin 2008 et comparaison avec les limites d'altérations SEQ bactériologie.	11
Figure 18 : Evolution de la concentration en <i>E. coli</i> /100mL au niveau des exutoires 1 et 3bis, du 09 avril au 6 juin 2008.	11
Figure 19 : Flux d' <i>E. coli</i> au point 1, du 17 avril au 21 mai 2008	11
Figure 20 : Evolution de la concentration en <i>E. coli</i> /100mL au trois affluents 10, 11, 12 situés en amont dans le bassin versant	12
Figure 21 : Localisation du point 15 et du lisier épandu en amont	12
Figure 22 : Evolution de la concentration en <i>E. coli</i> dans le cours d'eau au point 15, après l'épandage de lisier sur la parcelle amont.	12
Figure 23 : Suivi 24h de la concentration en <i>E. coli</i> au point 1 en temps pluvieux, du 28 au 29 avril 2008	13
Figure 24 : Suivi 24h de la concentration en <i>E. coli</i> au point 1 en temps sec, du 20 au 21 mai 2008	14
Figure 25 : Concentrations en <i>E. coli</i> lors des suivi 24h en temps sec et en temps de pluie, comparaison avec les valeurs d'altérations microbiologique limites SEQ eau.	14
Figure 26 : Couche d'occupation du sol à la parcelle, sur le bassin versant de Sainte Anne	15
Figure 27 : Occupation du sol du bassin versant de la plage de Sainte Anne, en pourcentages de la superficie totale	15
Figure 28 : Comparaison entre les occupations du sol de Corine Land Cover et ceux obtenus avec la numérisation à la parcelle	16
Figure 29 : Occupations du sol des sous bassins versants (ssbv), des points de prélèvements 1, 3 bis, et de 10, 11, 12	16
Figure 30 : Part d'influence des stations Météo France avoisinantes par la technique de Thiessen	17

Liste des tableaux

Tableau I : Codes attribués aux différents usages du sol.	8
---	---

Liste des annexes :

- Annexe 1 La Directive cadre sur l'eau, et le projet GIRAC
- Annexe 2 Données Collectées sur le bassin versant de Sainte Anne
- Annexe 3 Inventaire des sites de prélèvements
- Annexe 4 Courantomètre OTT ADC à effet DOPPLER
- Annexe 5 Quantification des *Escherichia coli* dans les eaux (NF EN ISO 9308-3 de mars 1999)
- Annexe 6 Echantillonneur automatique de type ISCO
- Annexe 7 Utilisation de logiciels de Cartographie et de SIG
- Annexe 8 Résultats bruts des deux journées d'investigations terrain, valeurs d'*E. coli*/100mL aux différents points et pour les 2 dates
- Annexe 9 Résultats bruts des mesures de débits
- Annexe 10 Concentrations moyennes, maximales, minimales en *E. coli*/100mL, calculées pour chaque point de prélèvements, du 09/04/08 au 06/06/08
- Annexe 11 Système d'Evaluation de la Qualité de l'eau, bactériologie, des eaux superficielles
- Annexe 12 Caractéristiques morphologiques du bassin versant de Sainte Anne
- Annexe 13 Schéma récapitulatif des missions réalisées lors de la caractérisation hydrologique et microbiologique du bassin versant de Sainte Anne.

Abréviations :

AVSWAT : Arc View – Soil and Water Assessment Tool

BDD : Base de données

BMO : Brest Métropole Océane

BV : Bassin versant

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

DDAF : Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt

E. coli : *Escherichia coli*

EMP : Environnement, Microbiologie et Phycotoxines

Ha : Hectare

IDHESA : Institut Départemental d'analyses, de conseil et d'expertise en Hygiène alimentaire, Eau et environnement et Santé Animale

GIRAC : Gestion Intégrée des Rejets d'Assainissement Côtier

GPS : Global Positioning System

IFEN : Institut Français de L'ENvironnement

IGN : Institut géographique National

m : mètre

MIC : MICrobiologie

MNT : Modèle Numérique de Terrain

ODE : Observatoire de l'eau

SIG : Système d'Informations Géographique

Ssbv : Sous bassin versant

SWAT : Soil and Water Assessment Tool

TIN : Triangular Irregular Network

Introduction et objectifs du stage

La zone littorale est le siège de nombreuses activités telles que la baignade, la pêche et la conchyliculture. Une bonne qualité d'eau est essentielle tant au niveau écologique qu'économique. « En effet, des normes destinées à prévenir les risques sanitaires sont imposées pour définir la qualité microbiologique des eaux conchylicoles et de baignade. L'application de ces normes peut ainsi conduire à l'interdiction de ces activités et entraîner des préjudices » (Corre et al., 1999). C'est pourquoi, il est essentiel de mettre en place des actions permettant d'arriver à un bon état écologique des milieux aquatiques, comme défini dans la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), (cf. annexe n° 1). Les eaux littorales reçoivent de nombreux apports du bassin versant et ils sont très variables, aussi bien au niveau qualitatif que quantitatif et sont liés directement aux variations météorologiques (orages) et aux rejets directs de polluants. La directive « Eaux de baignade » souligne l'importance de limiter les apports de coliformes fécaux en provenance du bassin versant pour la préservation des eaux littorales (Ifremer., 2006).

La sensibilité des eaux de baignades sur le territoire de Brest Métropole Océane a favorisé la mise en place du projet Gestion Intégrée des Rejets d'Assainissement Côtier (GIRAC), dans le cadre du Pôle Mer Bretagne, comprenant différents partenaires tels que l'IFREMER, Véolia, Littoralis et Météo France (cf. annexe n° 1). Afin de surveiller et contrôler la qualité des eaux, il est nécessaire d'avoir recours à un indicateur qui évalue le risque sanitaire. L'indicateur de contamination fécale le plus couramment utilisé à ce jour est *Escherichia coli* (*E. coli*). Le projet GIRAC vise à modéliser les flux d'*E. coli* et leur impact sur les zones de baignades et à mettre en place un système simplifié de surveillance permettant aux gestionnaires de réseaux de l'utiliser. GIRAC constituera un précieux outil d'information sur la qualité de l'eau pour les usagers et un outil d'aide à la décision pour les élus locaux amenés à redimensionner leurs réseaux d'assainissement ou à adapter les techniques de traitement.

Dans le cadre de ce projet, une étude a été mise en place au laboratoire de Microbiologie de l'IFREMER dont l'objectif final est la modélisation des écoulements d'eau sur le bassin versant et des flux de contamination fécale arrivant dans l'Anse de Sainte Anne avec un modèle agro-hydrologique. Ce stage se situe en amont de la partie modélisation et a pour but de caractériser le bassin versant d'un point de vue hydrologique et microbiologique. Le suivi du bassin versant de Sainte Anne comprend la caractérisation physique du bassin, des processus hydrologiques et l'identification des sources de contaminations fécales.

Dans un premier temps, la synthèse bibliographique présentera un état de l'art succinct concernant les bassins versants, les cycles hydrologiques et le modèle SWAT. Ensuite, le chapitre deux aura pour objet la présentation du bassin versant de Sainte Anne et la méthodologie mise en place pour répondre aux objectifs du stage. Puis, le chapitre trois sera consacré aux différents résultats obtenus et à leur discussion. Enfin, dans une dernière partie, une conclusion sur le stage sera développée ainsi que les perspectives envisagées.

I. Présentation de l'IFREMER et du laboratoire de microbiologie

 **L'Institut Français pour la Recherche et l'Exploitation de la MER** a été créé en 1984 par la fusion du CNEXO (Centre National pour l'Exploitation des Océans) et de l'ISTPM (Institut Scientifique et Technique des Pêches maritimes). Il s'agit d'un Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial (EPIC) placé sous la tutelle conjointe des ministères chargés de la Recherche, de l'Agriculture et de la Pêche, de l'Équipement, des Transports et du Logement et du Développement durable. Le budget annuel est de près de 160 millions d'euros.

L'IFREMER regroupe 1385 salariés et 320 salariés de l'armateur Genavir répartis dans 5 centres (Manche-Mer du Nord, Brest, Nantes, Méditerranée, Pacifique) et 26 implantations sur le littoral métropolitain et dans les DOM-TOM. Il dispose d'un ensemble de moyens d'élevage aquacole d'expérimentation, de 7 navires (dont 4 hauturiers), d'un submersible habité et d'un engin téléopéré pour grande profondeur (-6000 m).

L'IFREMER a pour missions de conduire et de promouvoir des recherches fondamentales et appliquées, des activités d'expertise et des actions de développement technologique et industriel destinées à :

- connaître, évaluer et mettre en valeur les ressources des océans et permettre leur exploitation durable ;
- améliorer les méthodes de surveillance, de prévision d'évolution, de protection et de mise en valeur du milieu marin et côtier ;
- favoriser le développement économique du monde maritime.

Les différents domaines d'activités sont les suivants :

- Surveillance, usage et mise en valeur des mers côtières ;
- Surveillance et optimisation des productions aquacoles ;
- Ressources halieutiques, exploitation durable et valorisation ;
- Exploration et exploitation des fonds océaniques et de leur biodiversité ;
- Circulation et écosystèmes marins, mécanismes, évolution et prévision ;
- Grands équipements au service de l'océanographie.

Le département « Environnement, Microbiologie & Phycotoxines » (EMP) mène des recherches au niveau national sur les microorganismes pathogènes bioaccumulables dans les produits de la mer les rendant impropres à la consommation. Il comprend 3 laboratoires répartis sur les centres de Brest et Nantes : Microbiologie, Phycotoxines et le Laboratoire National de Référence en Microbiologie des coquillages.

Le laboratoire de Microbiologie (MIC) a développé différents thèmes de recherche qui sont les suivants :

- Virus entériques ;
- Bactéries pathogènes, dont les vibrions pathogènes pour l'homme ;
- Impact des rejets agricoles ;
- Impact des rejets urbains ;
- Recherche de l'origine de la contamination fécale ;
- Impact du dragage sur la qualité des eaux côtières ;
- Purification virale des coquillages ;
- Mise au point de systèmes d'alerte en temps réel.

L'étude présentée ici a été effectuée au sein du département EMP et plus précisément au laboratoire MIC du centre de Brest dans le cadre du projet de recherche sur les systèmes d'alerte microbiologique.

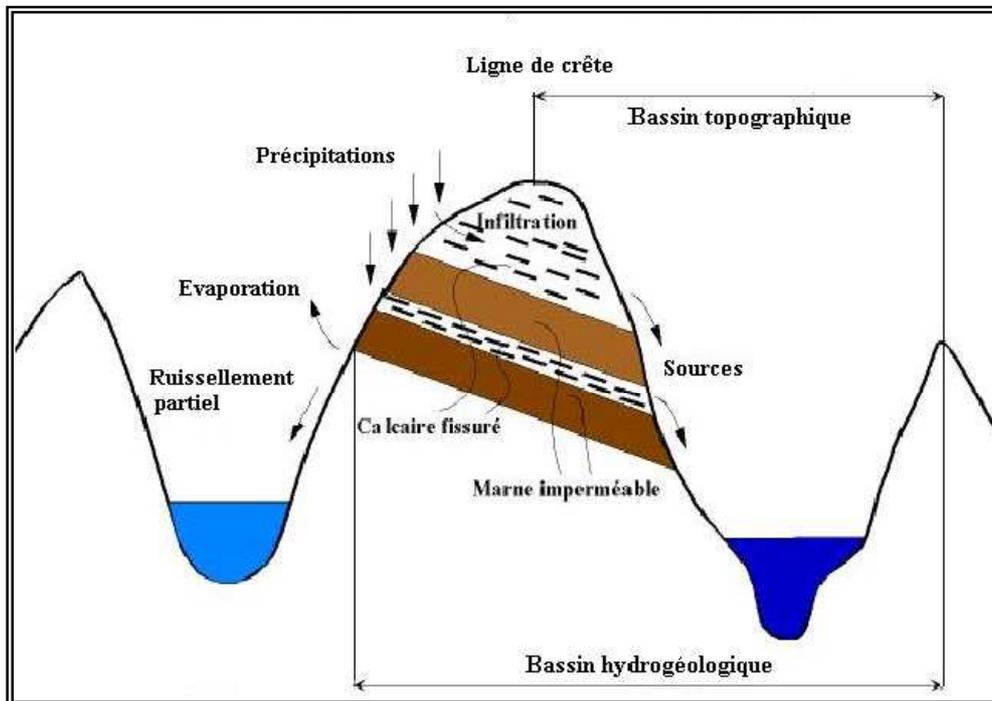


Figure 2 : Distinction entre bassin versant topographique et bassin versant hydrogéologique (Musy, 2003)

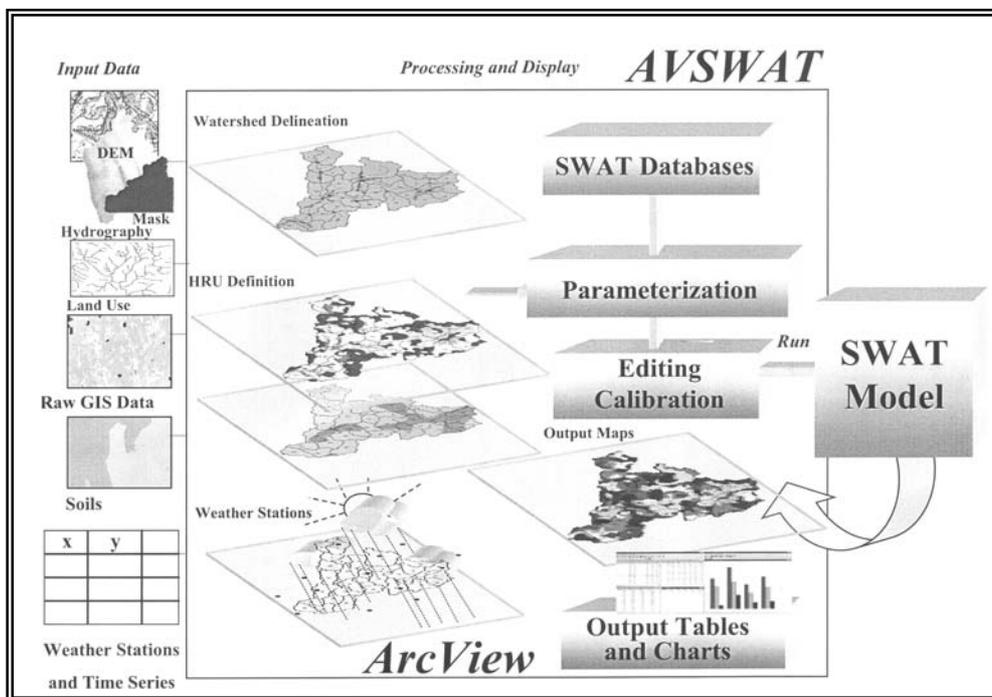


Figure 2 : Le modèle AVSWAT (Di Luzio et al., 2002)

II. Synthèse bibliographique

II.1. Notion de bassin versant

Selon la Directive Cadre sur l'Eau, un bassin versant ou bassin hydrographique est une portion de territoire délimitée par des lignes de crête, dont les eaux alimentent un exutoire commun : cours d'eau, lac, mer, océan (DCE., 2005). Cependant, il faut faire la distinction entre un bassin versant topographique et un bassin versant hydrogéologique. Ce dernier, le plus réaliste, représente la portion de l'espace géographique (superficiel et souterrain) pour laquelle les eaux sont drainées vers un même cours d'eau, tandis qu'un bassin versant topographique comprend uniquement la surface topographique drainée sur ce cours d'eau (cf. figure n° 1)(Musy, 2003). Un bassin versant peut aussi être défini comme une surface où toutes les eaux de ruissellements arrivent au même exutoire.

II.2. L'essentiel du cycle hydrologique

« Les précipitations constituent l'unique « entrée » des principaux systèmes hydrologiques continentaux que sont les bassins versants » (Musy, 2003). Celles-ci peuvent provenir de bruine, pluie, averse, neige, grêle, rosée, gelée, givre et sont exprimées en mm/heure.

Une précipitation va entraîner un ruissellement de surface et une infiltration si le terrain est suffisamment perméable. Ensuite, le ruissellement superficiel peut subir différents processus tels que l'évaporation, l'absorption par les végétaux, la percolation dans le sol.

De plus, il existe deux phénomènes associés aux pertes dans le bilan hydrologique :

- L'interception : processus par lequel une partie des précipitations est captée et retenue par de la végétation ou par des surfaces plus ou moins perméables, puis évaporée sans avoir atteint la surface du sol (Musy, 2003).
- Le stockage d'eau de surface, processus correspondant à l'eau retenue dans les creux et les dépressions du sol (flaques, mares, lacs, marais...), pendant et après une averse (Musy, 2003).

II.3. Le Modèle AVSWAT

En hydrologie, la modélisation est devenue un outil essentiel pour la compréhension des transferts d'eau. Le modèle a pour objectif de créer une représentation du cycle hydrologique réel sous la forme d'équations mathématiques définissant la façon dont un système complexe (bassin versant) transforme un ensemble de variables de forçages (pluie, température, utilisation du sol...) en variable de sortie (débit). Ces équations font intervenir un jeu de constantes qui correspondent aux paramètres du modèle (Durand et al., 2006).

Le modèle AVSWAT (*ArcView - Soil and Water Assessment Tool*) est un modèle semi- distribué, permettant de représenter les écoulements de surface, de sub-surface et souterrain tout en tenant compte de la variabilité spatiale des caractéristiques physiques du bassin versant (climatologie, pédologie, utilisations du sol...), (Di Luzio et al., 2002).

L'objectif de ce modèle est de prévoir l'impact des pratiques de l'occupation du sol sur l'eau, les sédiments et les rendements des apports agricoles sur de larges bassins versant caractérisés par des hétérogénéités spatiales du sol et des usages (Neitsch et al., 2002). Ceci passe par une étape de modélisation des débits dans les cours d'eau. Pour caler et valider le modèle en terme d'écoulement d'eau, il est essentiel d'avoir préalablement mesuré des débits sur le cours d'eau. La deuxième étape correspond à la modélisation des flux de bactéries avec AVSWAT, en intégrant les sources de contaminations microbiologiques (Bougeard, 2007).

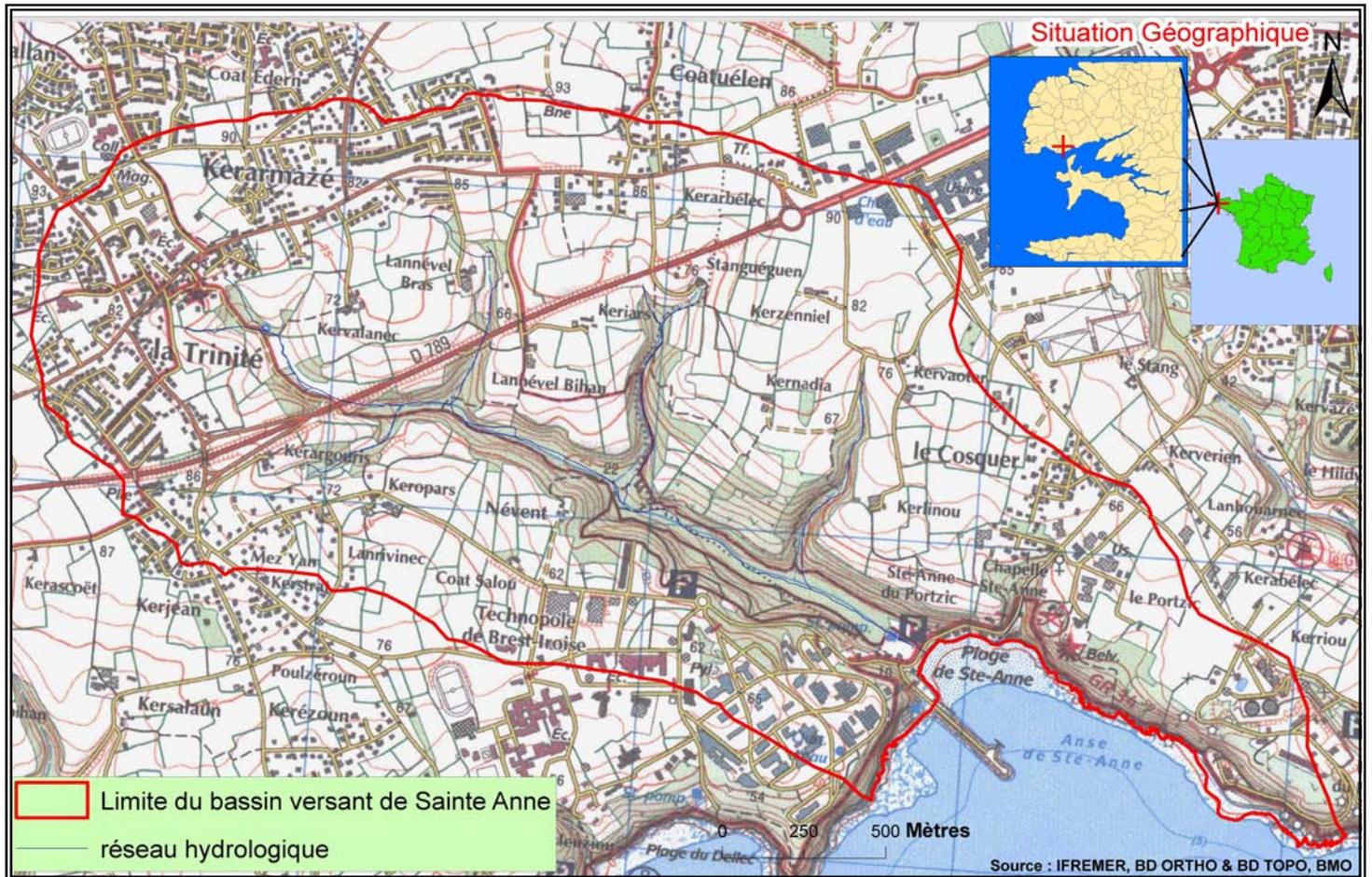


Figure 3 : Situation géographique du bassin versant de Sainte Anne (IGN)



Figure 4 : Ruisseau du Nevent, au niveau de l'exutoire naturel

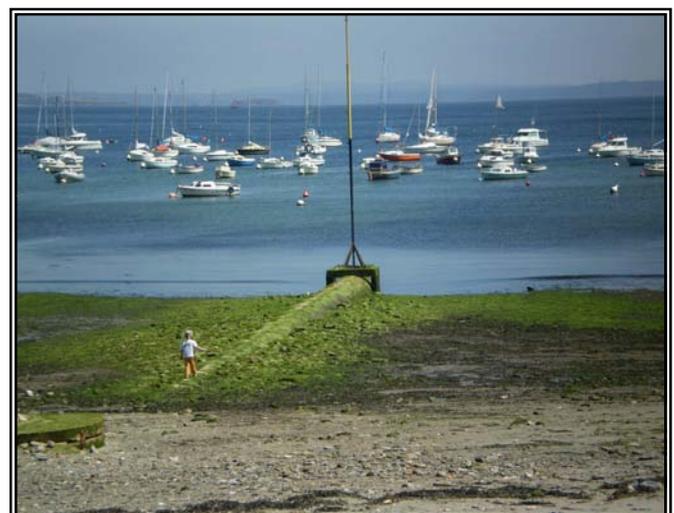


Figure 5 : Canalisation du Nevent

II.4. Les sources de contamination microbiologique des eaux côtières

Les principales sources de contamination microbiologique des eaux sont les rejets permanents et accidentels dus aux stations d'épuration, les rejets d'assainissement autonome, les fuites au niveau des réseaux de collecte d'eaux usées, les rejets agricoles (épandage, fuite de fosses à lisier). Ces apports microbiologiques peuvent rejoindre les eaux littorales soit par les cours d'eau (rivières, ruisseaux et autres petits affluents), soit par des rejets directs dans les eaux côtières (Ifremer, 2008).

Afin de surveiller et contrôler la qualité des eaux littorales, il est nécessaire d'avoir recours à un indicateur qui évalue le risque sanitaire. L'indicateur de contamination fécale le plus couramment utilisé à ce jour est *Escherichia coli*. C'est une bactérie, bacille à gram négatif de la famille des Entérobactéries. Plus il est présent, plus le risque d'avoir des pathogènes associés est important. Cependant cet indicateur peut poser certains problèmes au niveau de la représentation des pathogènes dans l'environnement marin étant donné que son temps de survie est très court en milieu marin (Ifremer, 2008).

III. Matériels et méthodes

III.1. Caractéristiques générales du bassin versant de Sainte Anne

Localisée en bordure du littoral à 10 kilomètres au Sud-Ouest de Brest, la vallée de Sainte Anne est reconnaissable par son relief pentu. La vallée s'achève sur la plage de Sainte Anne du Portzic et son bassin versant est situé sur les communes de Plouzané et de Brest, où il s'étend sur une superficie de 5,01 km² (cf. figure 3). La plage de Sainte Anne, située au niveau du Goulet de la rade de Brest, est un lieu de loisir, de tourisme, d'activité de baignade et de pêche à pied.

Le bassin versant de Sainte Anne a un réseau hydrographique d'une longueur totale de 6,35 km. Son cours d'eau principal, le Nevent, possède un linéaire total, avec ses affluents, de 6,1 kilomètres. Dans la vallée se déploie aussi un deuxième cours d'eau, sur un linéaire 291,2 m, ce petit ruisseau sera appelé le ruisseau de la chapelle.

La commune de Plouzané appartient à l'ensemble physique appelé « Plateau du Léon », surface relativement plate (altitude moyenne de 80 m), mais entaillée de profondes et parfois larges vallées telles que la vallée de Sainte Anne (e-Cité, 2006). Le territoire de la vallée de Sainte Anne est donc une faille, divisant naturellement Plouzané et Brest (Hamon et al., 1999). L'altitude maximale du bassin versant atteint les 93 m. Sa topographie caractérisée par une dépression et une forte pente du quartier de la Trinité vers la mer (de 93 m d'altitude à 0 m, en moins de 3 Km), il draine naturellement toutes les eaux de ruissellement de l'amont du bassin versant jusqu'à la mer. L'exutoire se situe naturellement en amont de la plage (cf. figure 4). Cependant l'eau a été canalisée jusqu'à la limite des plus basses mer, afin d'éviter les rejets directs au niveau de la zone de baignade (cf. figure 5).

La géologie de Sainte Anne est constituée en majorité de gneiss de Brest. Quelques zones de schistes zébrés sont présentes et un dépôt d'alluvions s'accumule tout le long du Nevent. L'unique profil pédologique dont nous disposons sur le bassin versant de Sainte Anne se situe tout en amont du bassin et présente une texture limono-sableuse avec une faible charge caillouteuse. La vallée de Sainte Anne comme le montre ses anciens lavoirs, possède de nombreuses sources souterraines (Hamon et al., 1998).

Ce bassin versant est caractérisé par une urbanisation importante sur les franges, du fait de la présence du Technopôle Brest-Iroise sur le site de la Pointe du Diable, de la ville de Plouzané à l'Ouest, de la zone d'habitat à l'Est et d'implantations économiques, notamment Thalès, au Nord Est. D'après le programme européen Corine Land Cover, qui est une base de données représentant l'occupation du sol, le type d'occupation du sol, sur le bassin versant est en amont une zone urbaine discontinue s'étendant sur la moitié de la surface du bassin versant. En aval se trouvent des systèmes cultureux et parcellaires complexes. Le long du Nevent s'étend une forêt de feuillus et une trame bocagère morcelle le site..

Actuellement, l'orientation d'aménagement du bassin versant de la plage de Sainte Anne tend plutôt vers un accroissement des zones urbaines. Dans le but de minimiser l'impact de l'urbanisation, Brest Métropole Océane (BMO) prévoit de récupérer les eaux des parcelles imperméabilisées et de les traiter avant des les rejeter en mer. BMO prévoit aussi d'aménager des bandes de boisement vers l'Est de la vallée (CUB, 2008).

Le bassin versant subit un climat de type tempéré océanique et la région a la particularité de ne subir que de faibles écarts de température, la température moyenne observée à la station météorologique de Guipavas entre 1969 et 2004 est d'environ 11,3°C (Gnouma et al., 2007). En Bretagne, il n'y a pas de période sèche et les précipitations sont assez régulières en été comme en hiver. Les données pluviométriques ont été fournies par la station Météo France de Guipavas.

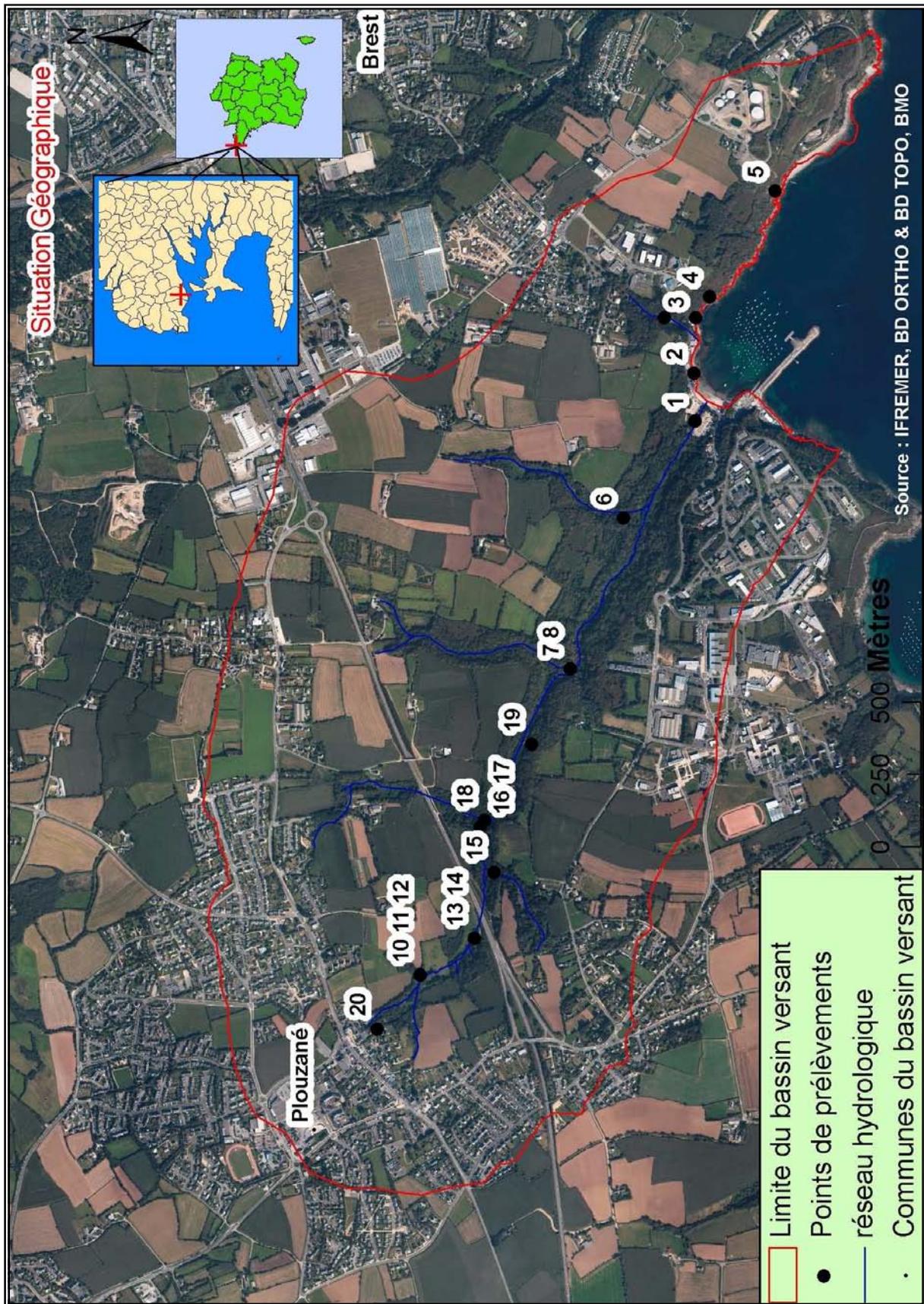


Figure 6 : Points de prélèvements d'eau sur le bassin versant.

III.2. Collecte des données

III.2.1. Collecte des données auprès des partenaires du Projet GIRAC

Des données sur la pluviométrie horaire, journalière, sur les courbes de niveaux, les parcelles et sur le réseau hydrologique, concernant le bassin versant de Sainte Anne ont été collectées auprès des différents partenaires du projet GIRAC, qui sont BMO, l'Idhesa et Météo France. Elles sont détaillées dans l'annexe n°2. Un travail de regroupement et de fusion de ces données a été réalisé. Etant donné la différence des sources d'origine de ces données, le système de géoréférencement a été homogénéisé pour l'ensemble des données sous le Lambert I Zone Nord NTF.

III.2.2. Investigations terrain et géoréférencement des points de prélèvements

L'objectif de ces investigations terrain était de découvrir le bassin versant et plus particulièrement son réseau hydrologique et les différentes sources d'apports microbiologiques pour pouvoir mettre en place un protocole de terrain. Pour cela, des prélèvements d'eaux ont été effectués sur le Nevent et sur ses affluents, sur le ruisseau de la chapelle et sur les rejets côtiers. Chaque point de prélèvements a été référencé à l'aide d'un GPS (cf. figure 6). L'inventaire des sites étudiés est établi dans l'annexe n° 3.

III.2.3. Mesure de débit

La mesure de débit équivaut à quantifier le volume d'eau passant à travers une section d'un cours d'eau, par unité de temps. Elle s'exprime généralement en mètre cube par seconde (m^3/s).

• Méthode

La méthode utilisée pour l'estimation des débits, à l'aide du courantomètre OTT ADC, est l'exploration du champ de vitesse. Le principe de cette méthode consiste à déterminer les vitesses moyennes, dans une section transversale du cours d'eau (cf. figure 7), puis à calculer le débit, en intégrant l'ensemble des données obtenues sur la section. Les caractéristiques techniques du courantomètre OTT ADC à effet Doppler ont été présentés dans l'annexe n° 4.

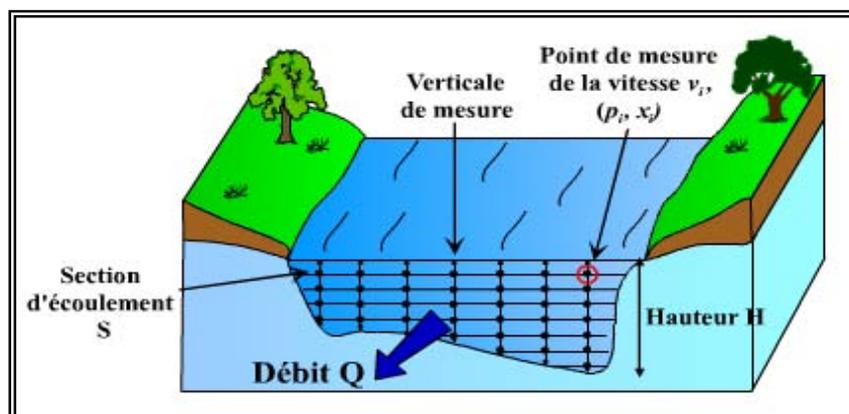


Figure 7 : Schéma de la mesure de débit par exploration du champs de vitesse



Figure 8 : Mesure du débit à l'aide du courantomètre OTT ADC.



**Figure 9 : Prélèvements d'eau
au point 12**



**Figure 10 : Lisier épandu sur une parcelle
du bassin versant de Sainte Anne,
en amont du point 15**

- **Qualification de la station de mesure de débits**

Choisir une bonne station de mesure est essentiel pour la précision de la mesure de débit. En effet, elle dépend étroitement de la qualité de la section choisie. Une section idéale comprend des filets de courant parallèles, le moins de tourbillons et de remous possibles et un écoulement le long des rives ni nul, ni inversé (Forray, 1998). Cette section idéale est donc un tronçon de cours d'eau bien canalisé, dans une partie du cours d'eau droite, sur une longueur augmentant avec la largeur du cours d'eau et comportant des rives parallèles, bien régulières. Le fond du lit doit être, dans la mesure du possible plat ou en pente régulière et sans cailloux, ni herbes aquatiques. Il faut aussi s'assurer de bien mesurer tout le débit et donc d'éviter les zones marécageuses (Le Peutrec, 2007).

- **Estimation hebdomadaire des débits à l'exutoire du Nevent**

La mesure de débit a été effectuée de façon hebdomadaire au point 1 (cf. figure n° 8). Ce point correspond à l'exutoire naturel du bassin versant du Nevent. Sa station de mesure est conforme aux exigences nécessaires à la mesure de débit. Cependant, un aménagement léger de la station a été apporté en enlevant les plus gros cailloux afin d'aplanir le fond du lit de la station. Les bords ont également été aplanis en taillant les arbustes sur les berges. Pendant les épisodes pluvieux, des mesures supplémentaires de débits ont été réalisées afin de mieux comprendre le réseau hydrologique et d'estimer le temps de réponse du bassin versant du Nevent.

III.2.4. Prélèvements des échantillons d'eau destinés à une analyse *E. coli*

Les prélèvements d'eau effectués tout au long des campagnes de mesures sont destinés à une analyse *E. coli* afin d'estimer la qualité microbiologique des eaux. Les prélèvements d'eau sont effectués à l'aide de flacons stériles en polyéthylène de 100 mL et avec des gants en latex (cf. figure n° 9). Une fois échantillonné, le flacon est placé dans une glacière contenant des réfrigérants, pour maintenir une température comprise entre 3 et 5°C, ceci afin d'éviter une évolution des caractéristiques biologiques et physicochimiques des échantillons (AELB, 2006). Le temps de prélèvement et de transport doit être le plus bref possible pour que les analyses puissent s'effectuer dans les 24 heures suivants le premier échantillonnage. Les échantillons sont envoyés à l'IDHESA, qui réalise une analyse microbiologique miniaturisée normalisée (NFEN ISO9308-3 de mars 1999), permettant la quantification des *E. coli* (cf. annexe n° 5), (IFREMER, 2006).

- **Prélèvements journaliers d'eau**

Les deux points de suivi 1 et 3 bis permettent d'avoir une idée globale de la qualité des eaux arrivant dans l'anse de Sainte Anne, c'est pourquoi ils sont suivis de façon quotidienne. Lors de l'investigation terrain, des concentrations importantes en *E. coli* furent constatées aux points 10, 11, 12, trois cours d'eau canalisés en amont du bassin versant (cf. annexe n° 3). Ils sont donc également suivis tous les jours.

Les heures des prélèvements journaliers furent alternées afin d'identifier les sources de contaminations microbiologiques ponctuelles.

Dans le cadre des campagnes de prélèvements journaliers, un suivi du ruissellement d'épandage de lisier sur une parcelle du bassin versant à été effectué (cf. figure n° 10). Un prélèvement de lisier a pu être réalisé directement sur un champ, le lendemain de l'épandage. Les jours suivants, divers prélèvements ont été effectués afin de suivre l'évolution de la concentration dans le cours d'eau et donc d'évaluer l'effet de la pluie et du ruissellement sur un épandage riverain d'un cours d'eau.

- **Prélèvements horaires**

Un préleveur automatique a été installé sur le Nevent au point 1, afin de prélever des échantillons horaires. Il s'agit d'un dispositif autonome sur batterie qui permet de prélever automatiquement des échantillons dans un intervalle de temps donné (cf. figure n° 11). Le préleveur utilisé, de type



Figure 11 : Préleveur automatique de type ISCO



Figure 12 : Compartiments flacons avec réfrigérants, du préleveur automatique de type ISCO

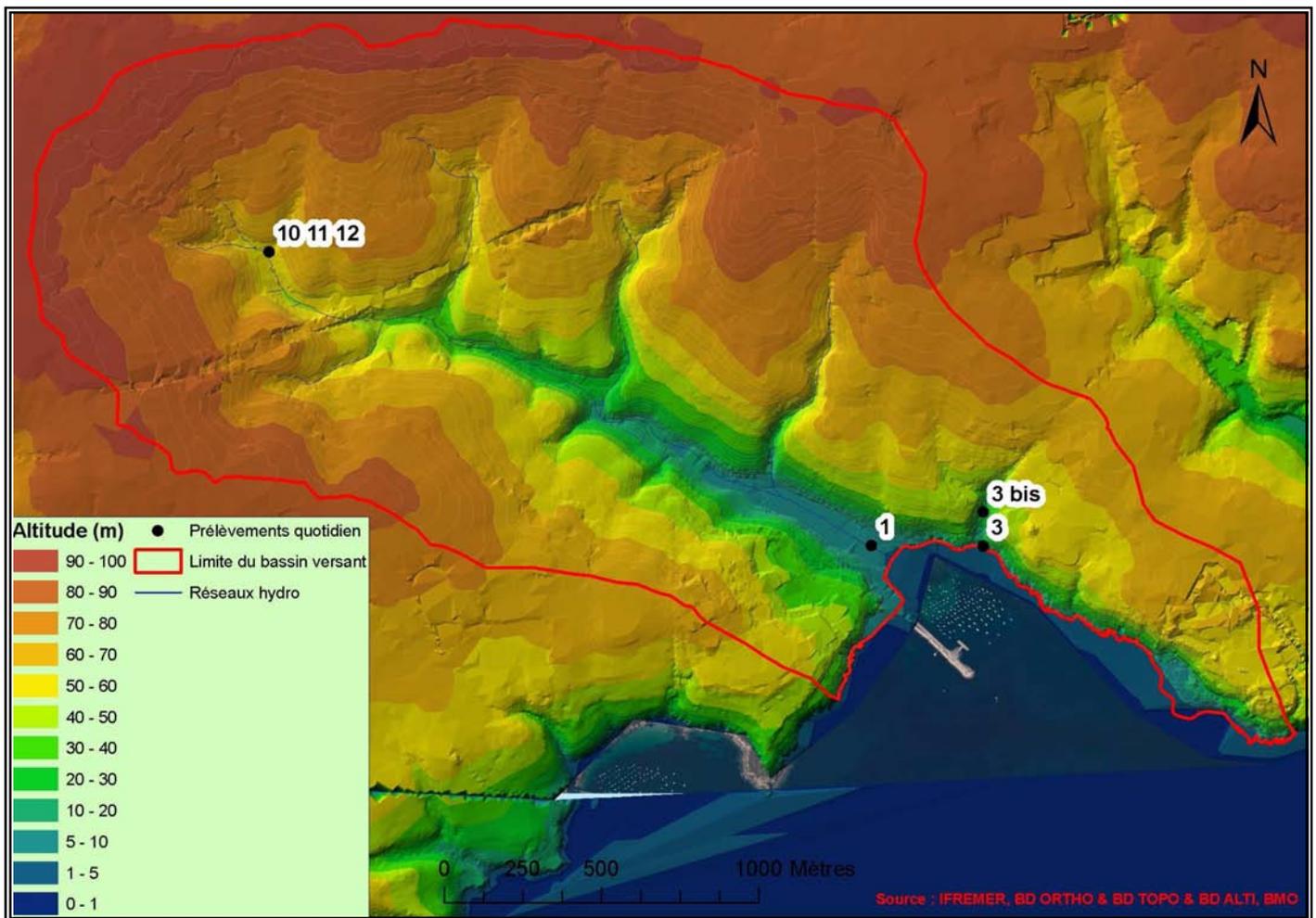


Figure 13 : Topographie du bassin versant de Sainte Anne

Isco, est constitué d'une réserve de 24 échantillons, d'un tuyau d'aspiration, d'une crépine et d'une pompe automatisée, branchée sur une batterie (cf. annexe n° 6).

En complément des prélèvements quotidiens, des suivis de la concentration en *E. coli* ont donc été effectués avec ce préleveur. L'appareil a été réglé de telle sorte qu'un échantillon soit prélevé toutes les heures à partir de la mise en route afin de réaliser un suivi *E. coli* sur 24h. Le préleveur a été placé au niveau du point 1 (30 mètres en amont, dans une zone sécurisée).

Dans la mesure du possible il était prévu de réaliser un suivi d'un épisode pluvieux et un suivi d'un épisode en temps sec. Ce dernier correspond à un suivi témoin permettant d'estimer les pollutions microbiologiques autres que celles dues aux ruissellements.

Le préleveur automatique n'étant pas réfrigéré, des pains de glace ont été stockés dans le compartiment flacons et la moitié des échantillons a été récupérée au bout de 12h (cf. figure n° 12). Par ailleurs, ce préleveur a été placé à l'ombre afin de mieux conserver les échantillons. La crépine d'aspiration a été placée de façon à ce qu'elle ne se trouve pas émergée pendant la manipulation et qu'elle n'aspire pas les sédiments du fond du lit.

III.3. Système d'Information Géographique

Un Système d'Information Géographique (SIG) est un outil informatique permettant d'organiser et présenter des données spatialement référencées. Il permet aussi de produire des cartes et de valider les analyses spatiales de données. Pour cela, le logiciel ArcGis 9.2 d'ESRI a été utilisé dans cette étude (cf. annexe n° 7).

III.3.1. Délimitation du bassin versant de la plage de Sainte Anne

La délimitation du bassin versant topographique a été réalisée à partir d'une couche représentant la limite du bassin versant « urbain », c'est à dire qu'elle intégrait l'ensemble des zones urbaines raccordées au réseau d'eaux usées du bassin versant. Le modèle numérique de terrain ne prend en compte que les ruissellements et non les canalisations du réseau urbain. Cette limite a donc été modifiée, pour les besoins du modèle, à l'aide des courbes de niveaux et des points cotés, afin d'obtenir les limites réelles du bassin versant topographique (cf. figure n° 13).

III.3.2. Création de la couche d'occupation du sol à la parcelle

Le programme Corine Land Cover permet d'observer les types d'usages du sol sur le bassin versant de la rivière de Sainte Anne (IFEN) (cf. figure n° 14). Cependant, sa précision étant relativement faible, la réalisation d'une couche d'occupation du sol au niveau parcellaire a été réalisée.

Ce travail a été effectué à partir de la couche cadastrale, contenant l'ensemble des parcelles du bassin versant et de l'orthophotoaérienne de l'IGN (avril 2008). L'observation de cette dernière a permis d'attribuer à chaque parcelle un code d'usages du sol. Quatre types d'usages du sol ont été choisis, ils sont détaillés dans le tableau n° I :

Tableau n° I : Codes attribués aux différents usages du sol

Occupation du sol	Numéro de code attribué
Zones urbanisées.	1
Forêts	2
Prairies	3
Terres arables	4
Voies routières	5

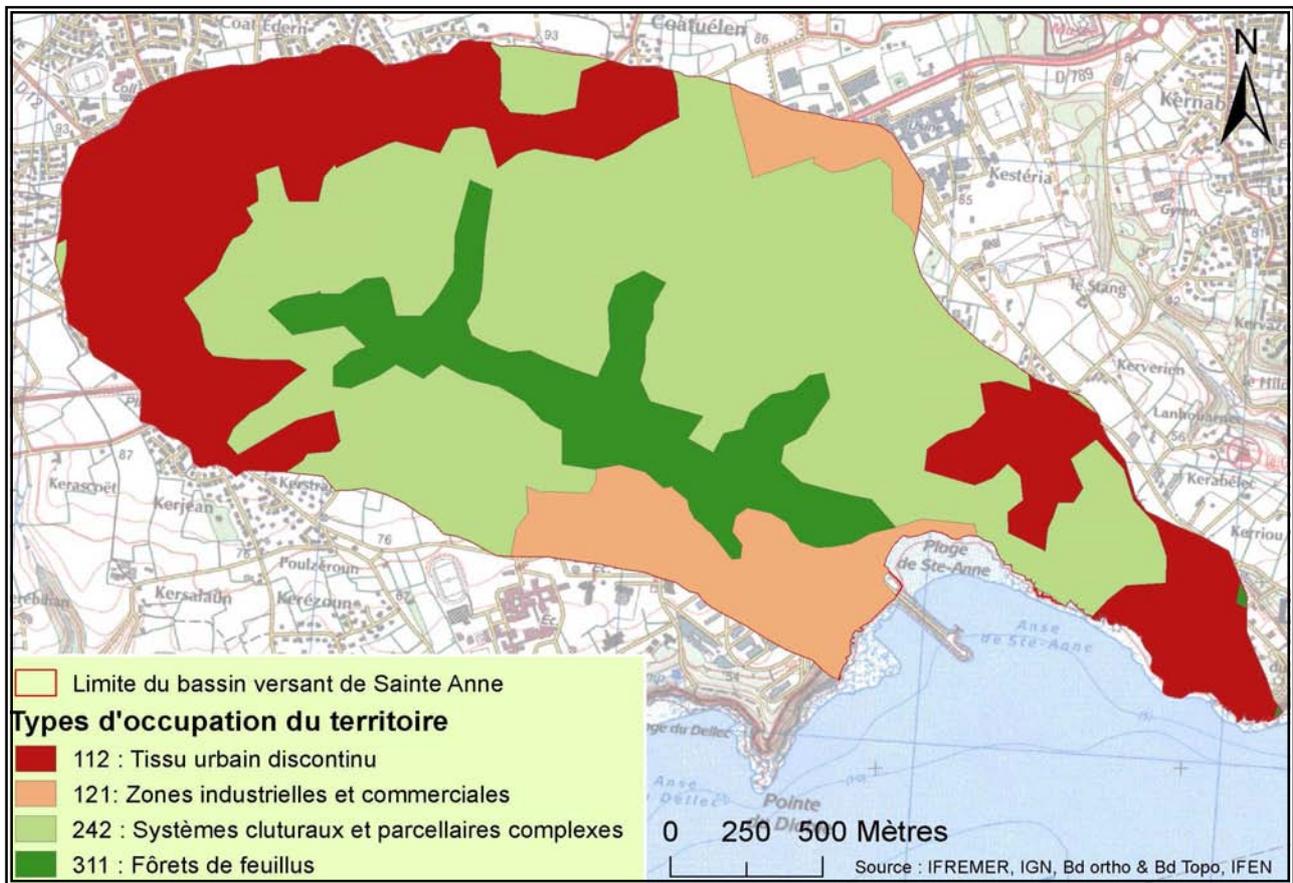


Figure 14 : Usages du sol sur le bassin versant de Sainte Anne selon le programme européen Corine Land Cover

III.3.3. Détermination de la part d'influence des stations Météo France avoisinantes par la technique de Thiessen

A partir des données Météo France accessible lors de cette étude (cf annexe 2). L'objectif du travail était d'évaluer quelle station météorologique Météo France avoisinantes (Brest Guipavas, Lanvéoc et le Conquet) était la plus influente sur le bassin versant.

Pour ce faire, la méthode de Thiessen a été utilisée : cette méthode permet de calculer la part d'influence d'une station pluviométrique sur une surface donnée. L'implémentation de la méthode consiste à tracer les médiatrices entre les stations prises deux à deux, qui sont les lieux géométriques des points situés à égale distance des extrémités d'un segment de droite. Puis on affecte à chaque site considéré un polygone d'influence. Le terrain représentant le bassin versant est alors partitionné en polygones convexes. Pour calculer les coefficients de Thiessen, c'est à dire le poids à considérer pour chaque site de relevé pluviométrique, il suffit alors de calculer la surface de chaque polygone. En divisant cette dernière par la surface totale, l'influence de chaque station sur le bassin versant est alors obtenue.

De façon mathématique, soit :

- *S la surface totale du bassin versant ;*
- *Si la surface de Thiessen d'une station i, allant de 1 à 3*

Coefficient de Thiessen = S_i/S.
--

Il est à noter que cette méthode d'interpolation spatiale dépend uniquement de la répartition spatiale des trois sites pluviométriques (Le Vaillant, 2007).

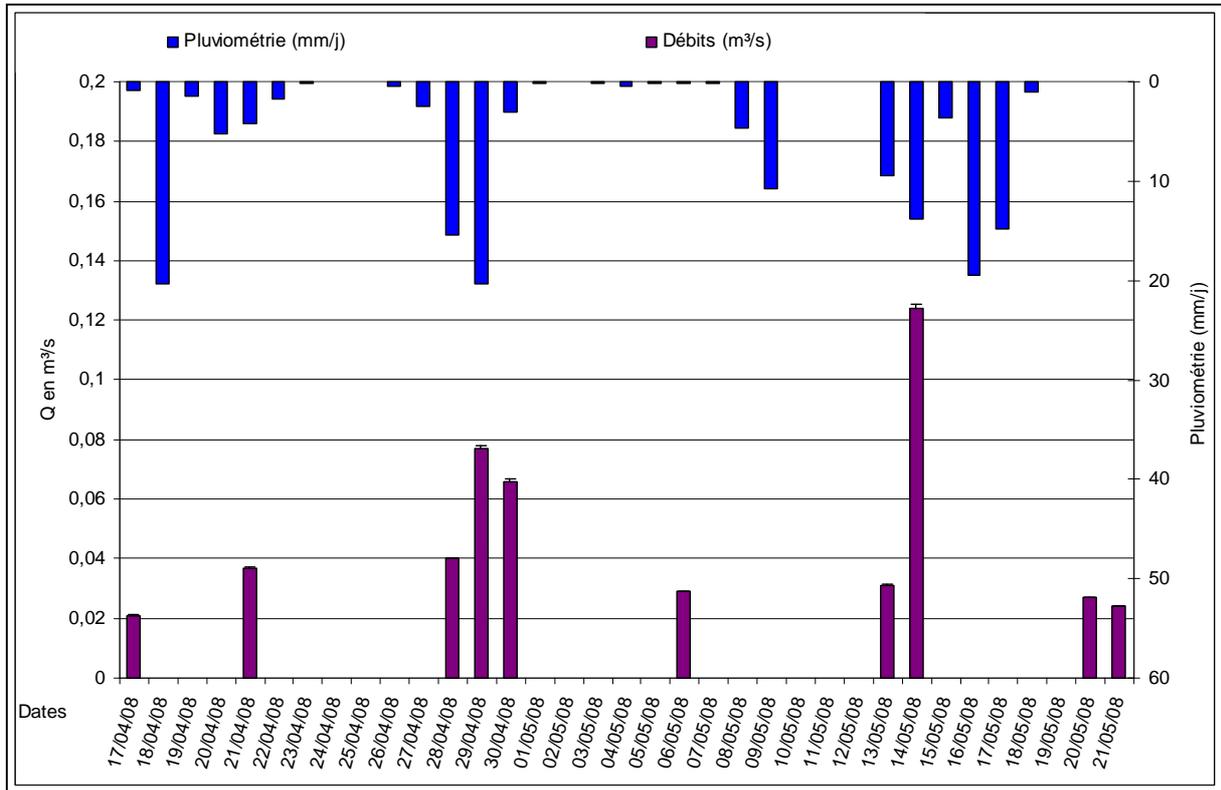


Figure 15 : Débits mesurés au point 1 et pluviométrie journalière associée (station Météo France de Guipavas), entre le 17 avril et le 21 mai 2008

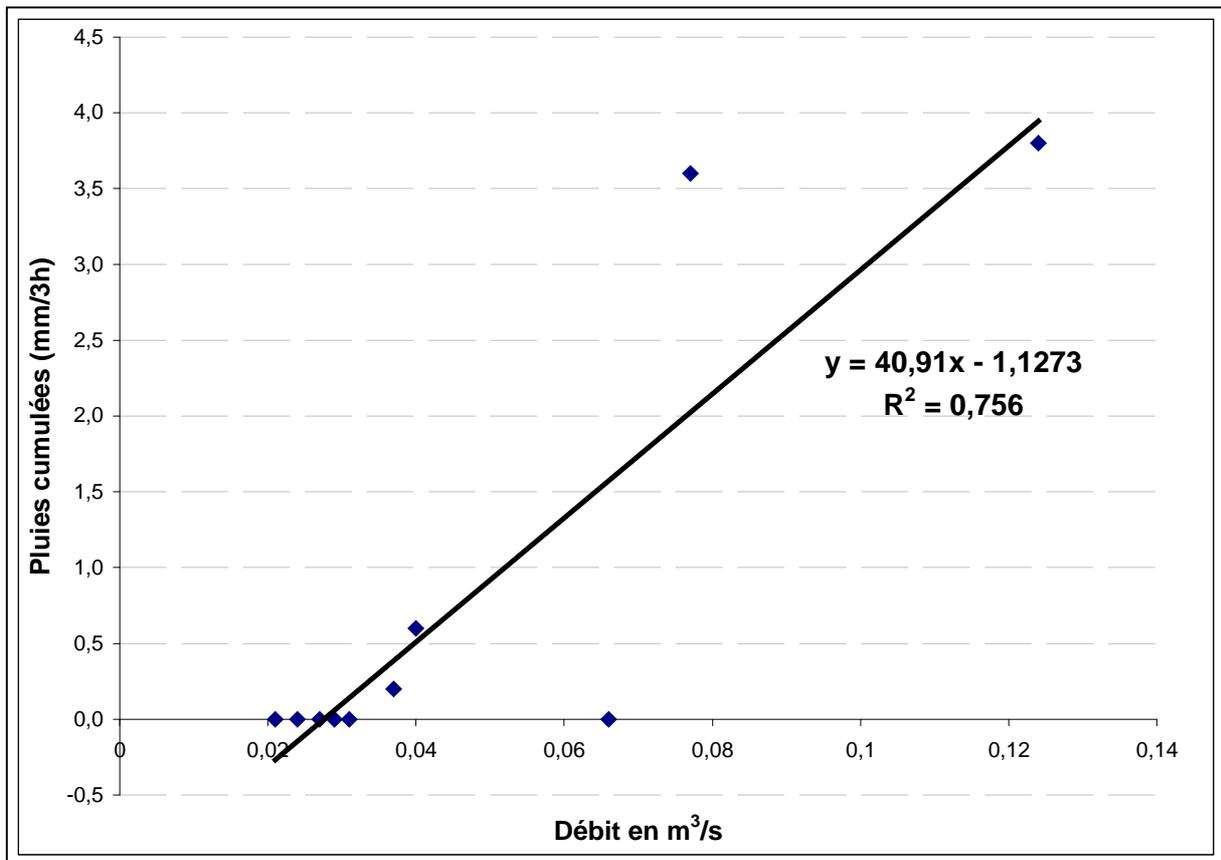


Figure 16 : Relation débits mesurés au point 1 avec la pluviométrie cumulée

IV. Résultats et interprétations

IV.1. Résultats Terrain

IV.1.1. Travail d'investigation

Les résultats des deux journées d'investigations sont présentés dans l'annexe n°8. Ils ont permis de repérer les différentes sources de contamination, aux points 1, 3, et 12, afin d'organiser les campagnes de prélèvements.

IV.1.2. Débits au point 1

Les débits observés sur le Nevent au point 1 varient de 0,021 m³/s à 0,124 m³/s entre le 17 avril et le 6 juin 2008 et le débit moyen sur la période d'observation est de 0,04 m³/s (cf. annexe n°9). Une mise en relation entre la pluie journalière de la station Météo France de Guipavas et le débit mesuré au point 1 a été effectuée afin de caractériser hydrologiquement le ruisseau du Nevent. Elle est présentée sur la figure n° 15. Elle montre qu'une forte pluviométrie a une incidence sur le débit. En effet, en temps de pluie, le débit peut tripler par rapport à un débit en temps sec. Le ruissellement superficiel est donc responsable en grande partie des crues du Nevent.

Il est également possible de mettre en évidence une relation linéaire entre les débits mesurés au point 1 et les pluies horaires cumulées sur les 3 heures précédant la mesure du débit (cf. figure 16). La relation linéaire est significative car le coefficient de détermination est de 0,756. Cependant, il serait intéressant de disposer d'une plus longue série d'observation pour valider cette relation.

Ce cours d'eau présente un faible débit mais il est présent tout au long de l'année du fait de son alimentation par des sources souterraines (Comm. Pers. Corinne Tarits, UBO). Il résulte donc du mélange d'eaux superficielles et d'eaux d'origine souterraine. « *En période d'étiage, saison d'été où les pluies efficaces sont faibles voire inexistantes, le débit résulte essentiellement de la composante souterraine alors qu'en hiver cette composante se combine aux eaux de ruissellement* », (Watremez, 1999).

Le Nevent se caractérise donc comme étant un ruisseau permanent résultant d'eaux d'origine superficielle et souterraine. Il possède un temps de réponse hydrologique aux fortes pluies très rapide (entre l'amont et l'exutoire naturel), d'environ deux à trois heures (observation sur le terrain).

IV.1.3. Concentrations en *Escherichia coli*

• Résultats des prélèvements quotidiens

- *Les concentrations moyennes des cours d'eau*

Les concentrations moyennes en *E. coli* par point de prélèvement et les écart types sont représentés dans la figure 17. Pour l'ensemble des points de suivi, les concentrations en *E. coli* varient d'environ 1.10¹ à 1.10⁴ *E. coli*/100 ml. Les écarts types des points 3, 10, 11, 12 sont relativement importants et signent d'une variation temporelle des concentrations. Selon les limites d'altérations microbiologiques SEQ eau¹ « *Qualité bactériologique des eaux superficielles* » (cf. annexe n° 10 et 11). Les points 3, 8, 10 et 13 représentent une eau de qualité médiocre (ODEau, 2007). Par contre les points 2, 5, 7, 11, 12, 14, 15 et 18 ont une qualité moyenne. Enfin, les points restants 3bis, 9, 16, 17, 19, 20 présentent une eau de bonne qualité. La

¹ SEQ eau : Système d'Evaluation de la Qualité de l'Eau, il détermine l'altération « micro-organisme » par des classes et indices de qualité, représentés par différentes couleurs, allant du Bleu au rouge. Cet indice de qualité diminue quand la concentration en *E.coli* (cfu/100mL) augmente.

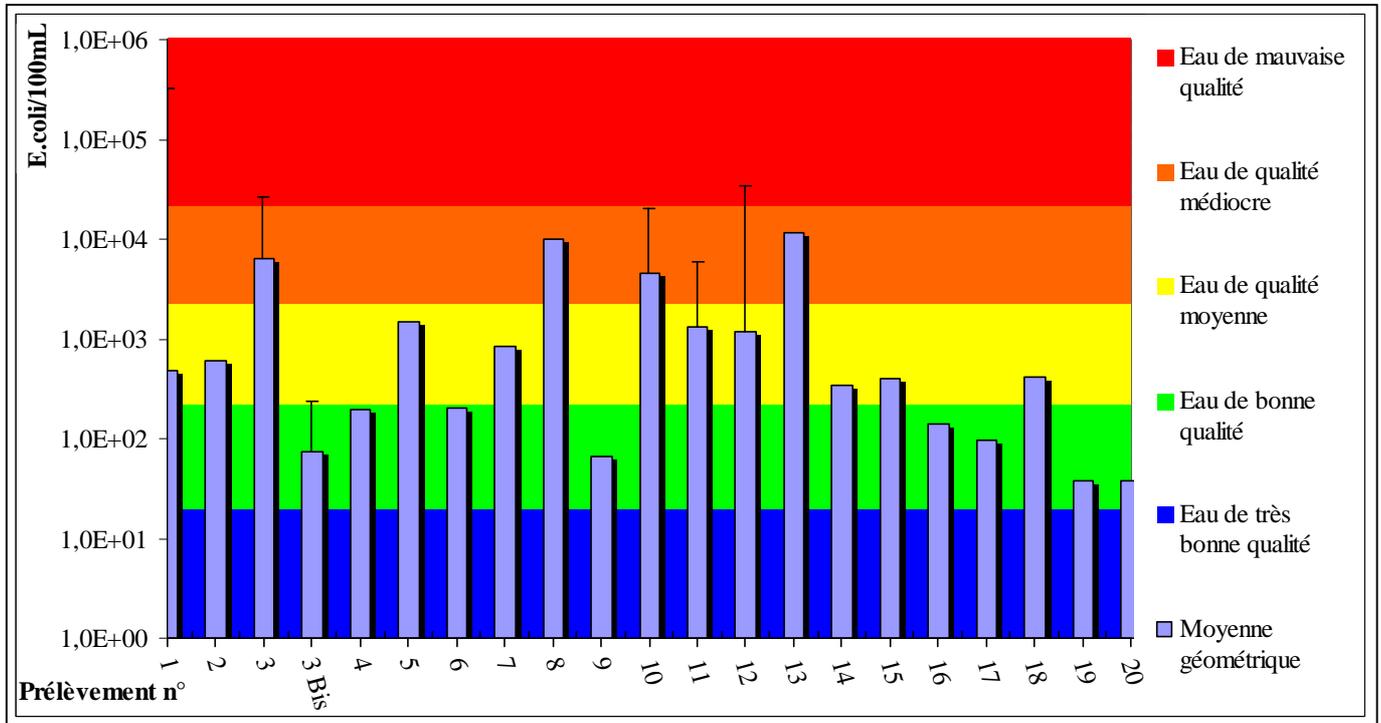


Figure 17 : Concentrations moyennes (écarts-types) d'*Escherichia coli*/100mL par point de prélèvement, du 09 avril au 06 juin 2008 et comparaison avec les limites d'altérations SEQ bactériologie.

*Les points sans écart type ont été échantillonnés une à deux fois.

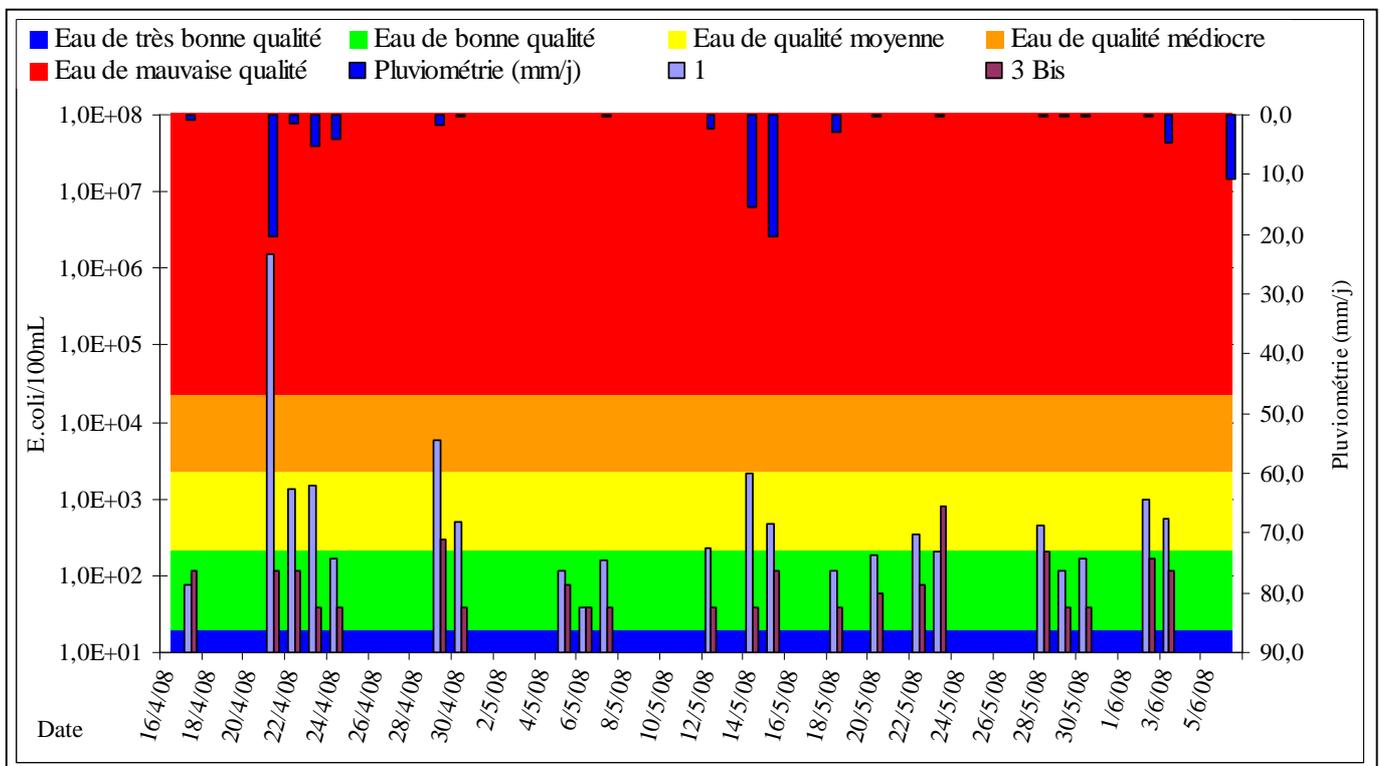


Figure 18 : Evolution de la concentration en *E. coli*/100mL au niveau des exutoires 1 et 3bis, du 09 avril au 6 juin 2008.

présence d'une source souterraine en amont du point 3bis concorde avec la bonne qualité microbiologique de l'eau (Comm. Pers. Corinne Tarits, UBO).

- Dans l'Anse de Sainte Anne

Afin d'évaluer les pollutions microbiologiques arrivant au niveau de l'anse de Sainte Anne, les résultats des concentrations en *E. coli* des deux exutoires situés aux points 1 et 3bis ont été représentés sur la figure n° 18. Les concentration en *E. coli* au point 1 sont sensiblement supérieures à celles au point 3bis. Ces deux exutoires ont des concentrations en *E. coli* situées entre $5,0.10^1$ et 1.10^4 *E. coli*/100 ml.

En référence au SEQ eau, les eaux rejetées dans l'anse de Sainte Anne sont en général pour le point 3bis et pour le point 1 de bonne qualité microbiologique. Ces observations sont confirmé par leurs moyennes (cf. figure 17).

A partir des débits et des concentrations obtenus au point 1, les flux d'*E. coli* ont été calculés(cf. figure 19).

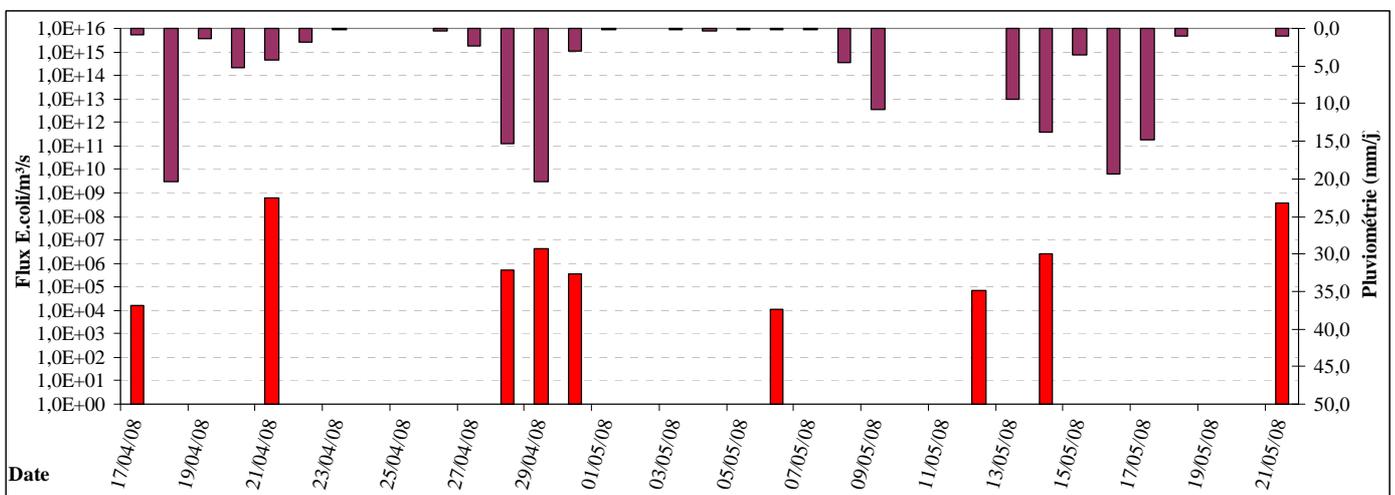


Figure 19 Flux d'*E. coli* au point 1, du 17 avril au 21 mai 2008

La moyenne de ces flux est de $1,2.10^6$ *E. coli*/m³/s et le flux maximum atteint est de $5,8.10^8$ *E. coli*/m³/s, tandis que le minimum est de $1,1.10^4$ *E. coli*/m³/s. La figure n° 19 met en évidence que les flux les plus élevés sont présents essentiellement par temps de pluie (à l'exception du 21/05/08), et les flux les plus faibles correspondent à des conditions climatiques de temps sec.

-En amont de la vallée

Les concentrations en *E. coli* des trois affluents situés en amont (points 10, 11, 12) et la pluviométrie associée ont été représentées sur la figure n° 20. Ces affluents subissent des contaminations ponctuelles et le point 10 est sensiblement le plus touché par ces contaminations.

En référence au SEQ eau, le point 10 est de qualité microbiologique médiocre voir mauvaise. Les points 11 et 12 sont de qualité moyenne voir bonne.

Pour ces deux figures n°16 et n°18, il n'y a pas de relation évidente entre la concentration en *E. coli* et la pluviométrie à l'échelle « journalière ».

En conclusion, les cours d'eau du bassin versant ont une qualité d'eau plutôt dégradée concernant le paramètre *E. coli*.

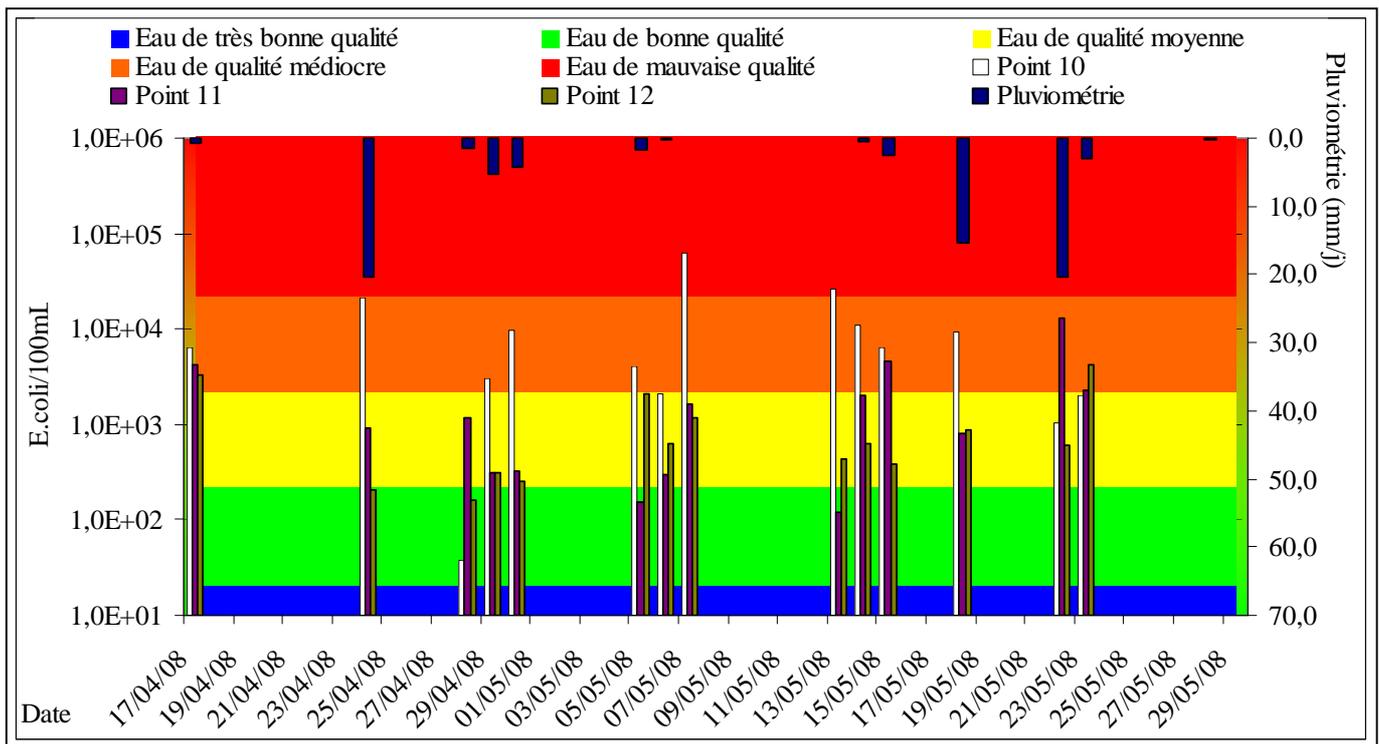


Figure 20 : Evolution de la concentration en *E. coli*/100mL au trois affluents 10, 11, 12 situés en amont dans le bassin versant

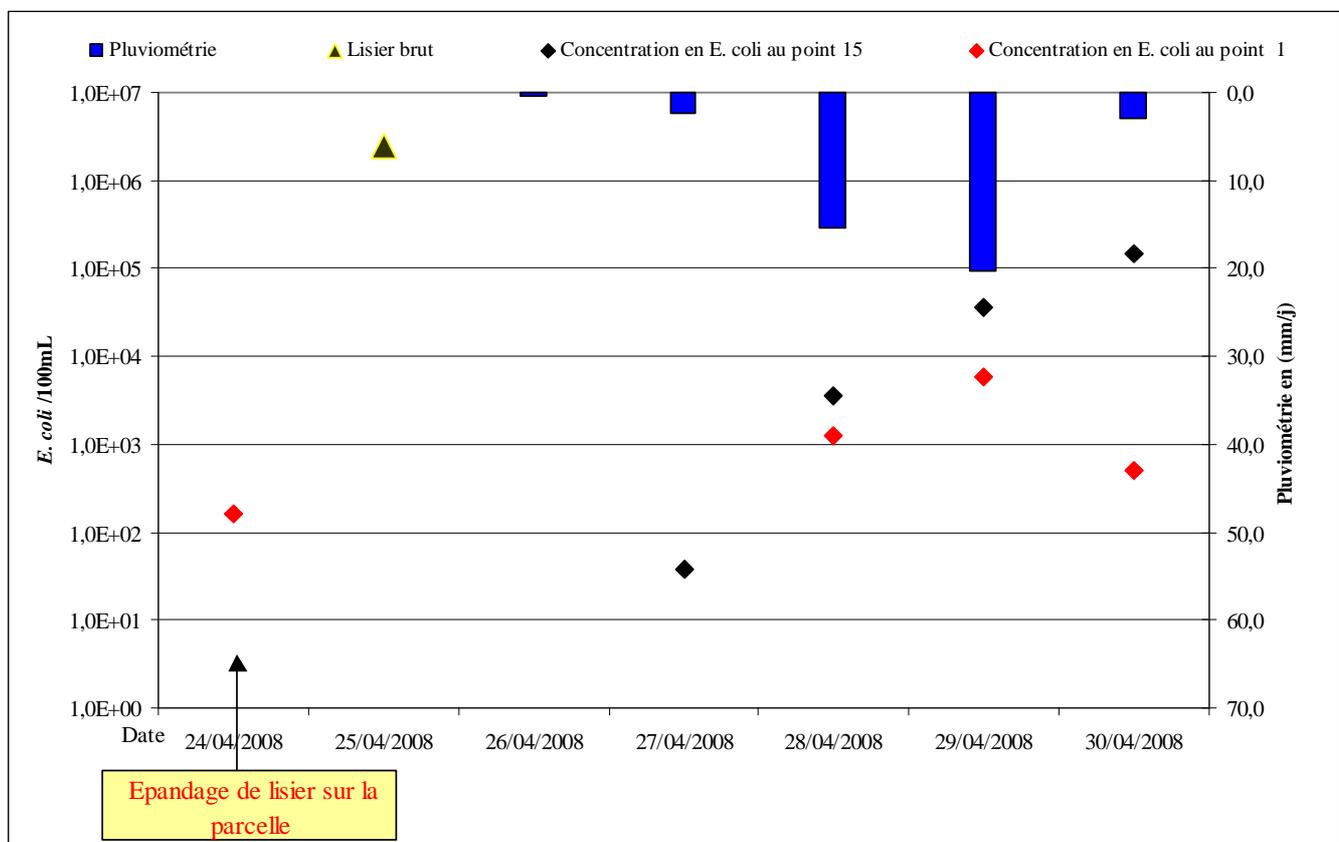


Figure 22 : Evolution de la concentration en *E. coli* dans le cours d'eau au point 15, après l'épandage de lisier sur la parcelle amont.

-Evolution d'un épandage de lisier

Après un épandage de lisier sur une parcelle en pente du bassin versant, l'évolution des concentrations en *E. coli* dans le cours d'eau a été suivie au point 15 (cf. figure 21). Ce point 15 est localisé à environ 50 m en aval de la parcelle, il correspond à un petit ruisseau, qui est l'un des affluents majeur du Nevent. Cet affluent provient d'une source située à quelques centaines de mètres en amont. Cette source est utilisée pour des captages privés et agricoles.

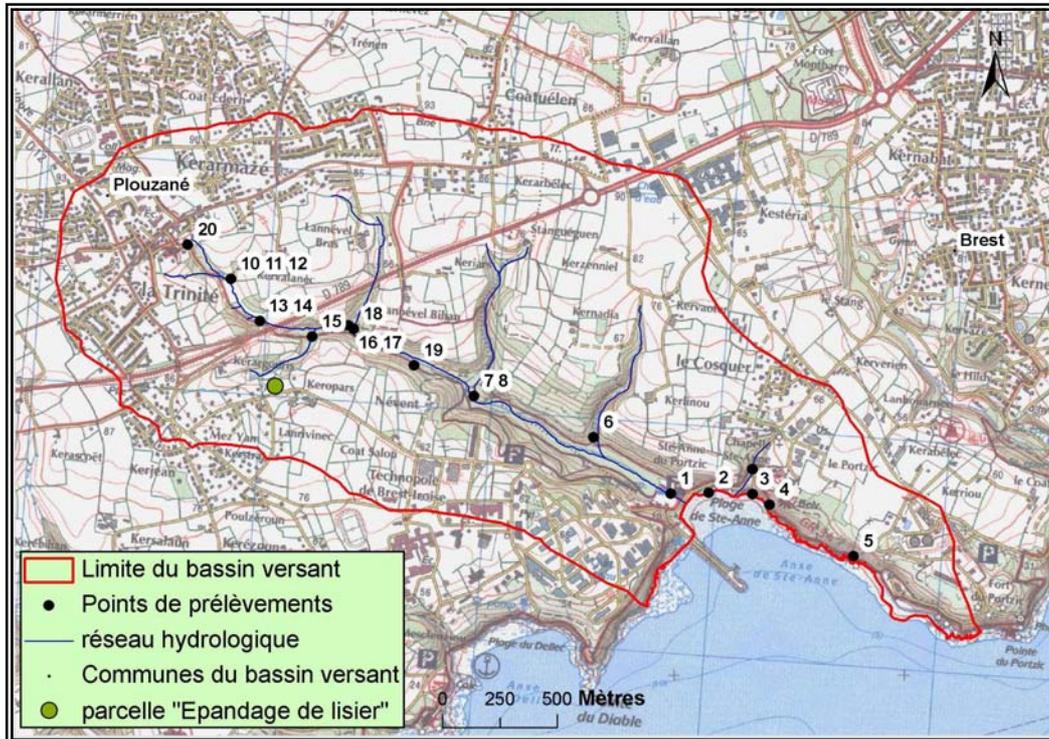


Figure 21 Localisation du point 15 et du lisier épandu en amont

La figure n° 22 présente différentes étapes, elles sont détaillées ci-dessous par ordre chronologique :

- Le 24 avril 2008, un épandage de lisier (en surface) sur une parcelle a été réalisé laissant place à deux importantes mares de lisier (cf. figure 10).
- Le 25 avril 2008, un échantillon de lisier a été prélevé directement dans une des deux mares. La concentration en *E. coli* était de $2,5 \cdot 10^6$ *E. coli*/100mL.
- Du 24 au 25 avril, aucune pluie n'a été observée sur le bassin versant, il n'y a donc pas eu de ruissellement d'eau de la parcelle vers le cours d'eau. Du 26 et 27 avril des pluies de faible intensité ont été observées sur le bassin versant ne provoquant pas de ruissellement.
- Le 27 avril 2008 un prélèvement d'eau a été effectué au point 15 et sa concentration était de $3,8 \cdot 10^1$ *E. coli*/100mL, cette valeur correspond donc à l'« état initial » du cours d'eau au point 15. Elle concorde bien avec la qualité microbiologique attendue d'une eau de rivière.
- Le 28 avril, des pluies continues sont tombées sur le bassin versant (15,4 mm/j) et se sont intensifiées le 29 avril (20,4mm/j). Celles-ci ont provoqués des ruissellements sur les sols, et donc un entraînement du lisier vers le cours d'eau. Le 28 avril, la concentration en *E. coli* dans l'eau était de $3,6 \cdot 10^3$ *E. coli*/100mL et le 29 avril, la

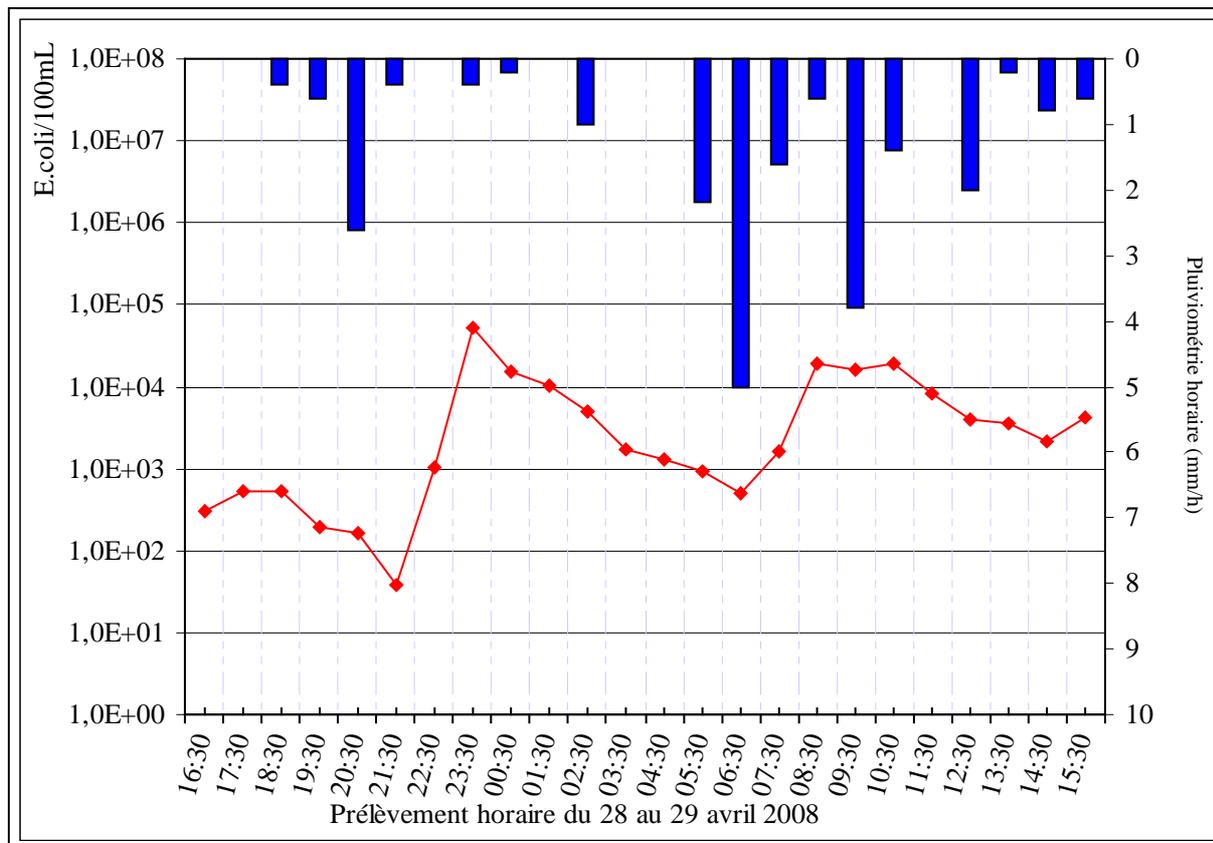


Figure 23 : Suivi 24h de la concentration en *E. coli* au point 1 en temps pluvieux, du 28 au 29 avril 2008

- concentration en *E. coli* a augmenté d'un log pour atteindre les $3,6.10^4$ *E.coli*/100mL. La contamination de l'eau s'est donc intensifiée au cours du temps du fait du ruissellement important des pluies sur les sols et la mobilisation des bactéries du lisier.
- Le 30 avril, après un cumul pluviométrique de près de 36 mm (48h), un échantillon a été prélevé au point 15, sa concentration était de $1,5.10^5$ *E.coli*/100mL. La contamination de l'eau par le ruissellement du lisier est donc devenue très importante.

En conclusion, les ruissellements d'eau sur les sols ayant subi un épandage ont entraîné un déclassement de la qualité microbiologique du cours, d'une eau de bonne qualité (<200 *E. coli*/100mL) à une eau de mauvaise qualité (>2000 *E. coli* /100mL). Les épandages de lisier non enfouis suivis de fortes pluies ont donc de réelles conséquences sur la qualité du cours d'eau. Cette augmentation de la concentration en temps pluvieux est donc due à l'entraînement des bactéries du lisier, par le ruissellement de la parcelle jusqu'au cours d'eau.

Les valeurs obtenues lors des prélèvements quotidiens au point 1 ont été insérées dans la figure n° 22. Elles montrent que, lors de ce suivi, la concentration en *E. coli* au point 1 a également augmenté mais de façon moins importante et est liée à l'augmentation des concentrations en *E. coli* au point 15. En effet, ce cours d'eau (point 15) est un affluent du Nevent et il y a un effet de dilution des bactéries entre le point 15 et le point 1.

• **Résultats des prélèvements horaires sur 24h à l'aide du préleveur automatique**

- *Suivi de l'épisode de 24h, en temps pluvieux*

Le premier épisode suivi a été réalisé par temps orageux, de façon à observer l'effet des pluies sur la concentration en *E. coli*. Ce suivi a débuté le 28 avril 2008 à 16h30 pour finir le 29 avril 2008 à 15h30. L'événement pluvieux correspond à 15,4 mm/jour le 28 avril et à 20,4 mm/jour le 29 avril, événements qui reviennent respectivement tous les 18 et 35 jours (étude de 2000 à 2006). Ce sont donc des événements plutôt fréquents à Brest, au printemps 2008.

Les conditions climatiques sont donc passées d'une période de temps sec à des fortes pluies. Le débit mesuré le 28 avril au point 1 à 14h, avant la crue, était de $0,04 \text{ m}^3/\text{s}$, il correspond donc au débit de base.

Pendant l'épisode orageux du 28 avril 2008, l'eau à l'exutoire et en amont a pris une coloration marron boueuse, avec débordements des berges et le ruissellement d'eau boueuse.

La figure n° 23 présente les résultats *E. coli*/100mL et la pluviométrie horaire. Elle permet de mettre en évidence différentes phases :

- *La phase 1 de 18h30 à 21h30* correspond à une diminution des concentrations en *E. coli*. Cette diminution commence au début des fortes pluies (2,6 mm de 19h30 à 20h30). Son origine peut être tout simplement due à une dilution des bactéries par la pluie.
- *La phase 2 de 21h30 à 23h30* correspond à l'augmentation des concentrations en *E. coli*. Cette augmentation atteint un maximum de $5,1.10^4$ *E.coli*/100mL à 23h30, soit 2-3h après le début des fortes pluies de 20h30. Ce qui correspond parfaitement au temps de réponse hydrologique observé sur le bassin versant. Les fortes contaminations observées sont donc bien dues aux ruissellements des eaux sur les sols agricoles et urbains.
- *La phase 3, de 23h30 à 6h30*, correspond à une diminution progressive des concentrations en *E. coli*. Cette diminution de concentration peut être expliquée par la diminution de l'intensité de la pluie pendant cette période, et par l'appauvrissement en bactéries des ruissellements. Car un premier lessivage après de fortes pluies est toujours plus chargé, que les suivants. La contamination microbiologique met plus de 7h avant de redescendre à des concentrations de l'ordre de celles observées en temps sec.

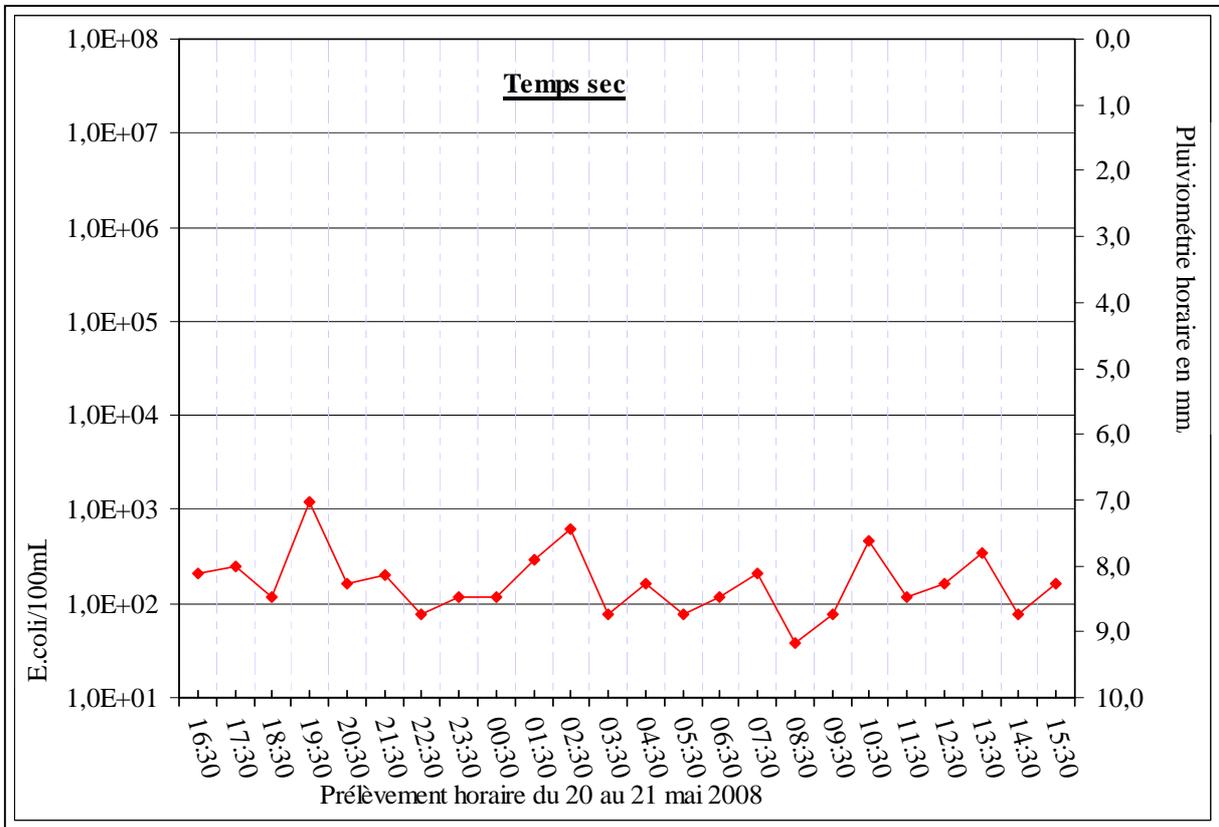


Figure 24 : Suivi 24h de la concentration en *E. coli* au point 1 en temps sec, du 20 au 21 mai 2008

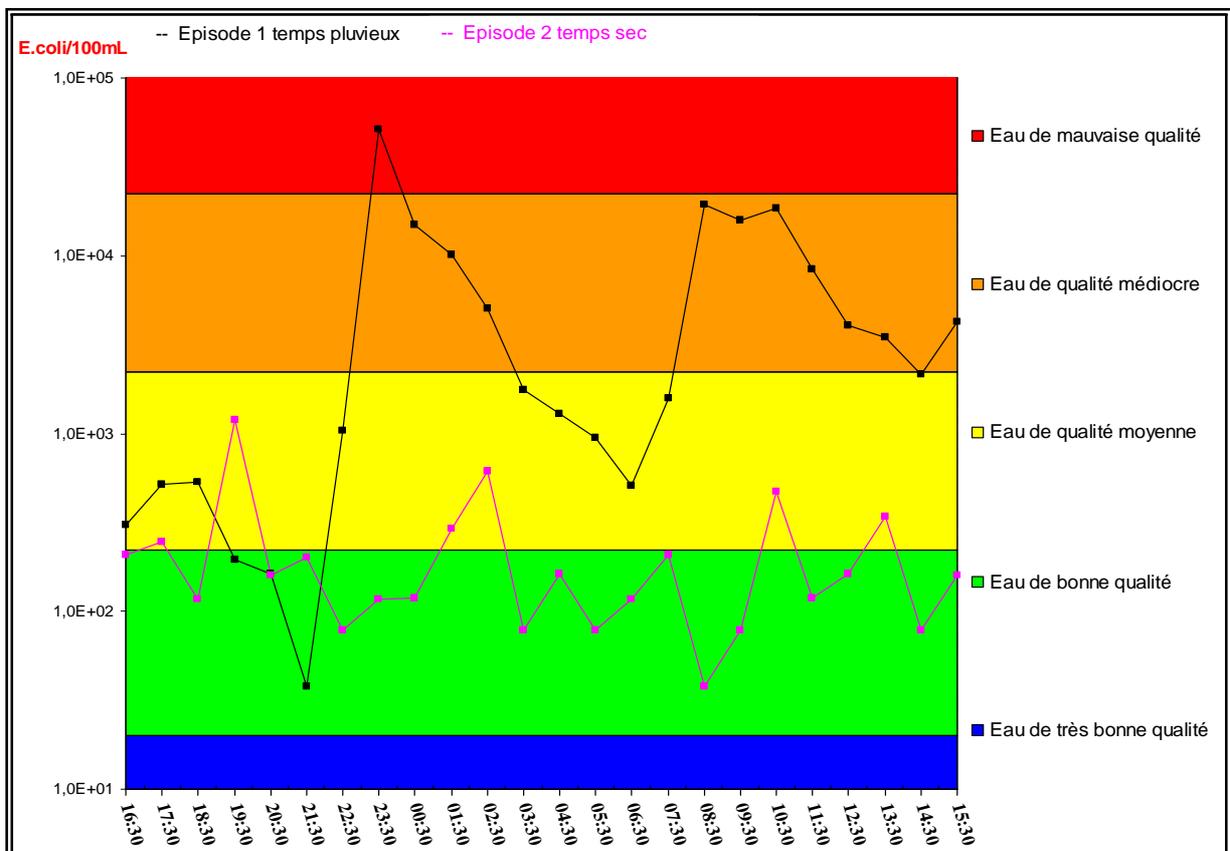


Figure 25 : Concentrations en *E. coli* lors des suivi 24h en temps sec et en temps de pluie, comparaison avec les valeurs d'altérations microbiologique limites SEQ eau.

- *La phase 4 de 6h30 à 8h30*, correspond à une seconde augmentation des concentrations. Elle atteint un maximum de $1,9 \cdot 10^4$ *E. coli*/100mL à 8h30, après un deuxième épisode pluvieux (5 mm de 05h30 à 06h30). Cette fois le pic est atteint seulement 2h après la seconde averse, le temps de réponse du bassin versant est donc plus court, ce qui est expliqué par la saturation en eau du sol et donc par un ruissellement superficiel plus important et plus rapide.
- *La phase 5 de 8h30 à 15h30* : une fois les maxima atteints la situation revient à la normale en quelques heures. Cependant, notre suivi sur 24h n'a pas permis d'observer ce retour à des concentrations de base, étant donné que le préleveur ne permet pas de prélever plus de 24 échantillons d'affilée.

Le débit, mesuré le 29 avril au point 1 à 15h, était de $0,077 \text{ m}^3/\text{s}$. Ce débit ne correspond pas au débit de pointe, il se situe pendant la « chute » du débit.

En conclusion, la moyenne des concentrations obtenue est de 2085 *E. coli*/100mL. La qualité microbiologique du cours d'eau pendant les 24h en temps pluvieux, au point 1, est donc de qualité médiocre.

- *Suivi de l'épisode de 24h, en temps sec*

Un deuxième épisode a été suivi par temps sec (aucune pluviométrie observée). Ce suivi a débuté le 20 mai 2008 à 16h30 pour finir le 21 mai 2008 à 15h30. La figure n° 24 présente les résultats horaires *E. coli*/100mL. Elle révèle de faibles variations de concentration tout au long des 24h, allant de $3,8 \cdot 10^1$ *E. coli*/100mL à $1,2 \cdot 10^3$ *E. coli*/100mL. La moyenne des concentrations obtenues est de 163 *E. coli*/100mL. La qualité microbiologique du cours d'eau au point 1, pendant les 24h temps sec est donc de qualité moyenne.

Cet épisode peut donc être considéré comme un témoin sans ruissellement. Les pics de contamination observés sont sous doute liés à des apports urbains. Il peut être aussi envisageable que sur les 4 pics de contamination observés, les pics de 19h30, 10h30 et 13h30 correspondent à des pics d'activités dans les habitations.

- *Comparaison des deux suivis 24h, avec les classes de qualité du SEQ Eau*

Les deux épisodes ont été réunis sur la figure n° 25 afin de comparer les concentrations en *E. coli* obtenues avec les classes de qualité du SEQ Eau.

Cette figure montre qu'en temps sec, la qualité de l'eau au point 1 est moyenne voir bonne d'un point de vue microbiologique, même si elle subit de légères variations temporelles. A l'opposé, en temps de pluie, le seuil de mauvaise qualité est rapidement atteint.

A l'aide de ces figures, l'effet de la pluie sur la qualité microbiologique de l'eau a été mis en évidence. En conséquence, le ruissellement superficiel sur le bassin versant a donc bien un rôle important sur la contamination microbiologique des eaux à l'exutoire, au point de déclasser l'eau de bonne à mauvaise qualité microbiologique par temps de pluie. En effet, il existe une corrélation entre les pics de contaminations *E. coli* et les pics de débits, ceci montre que les apports sont essentiellement liés aux ruissellements de la pluie sur les sols (terres agricoles, cours de ferme...) et/ou à l'érosion des sols (Corre et al., 1999).

IV.2. Résultats obtenus grâce au système d'information géographique

IV.2.1. Délimitation du bassin versant de la plage de Sainte Anne

La délimitation du bassin versant a permis d'obtenir un bassin versant topographique comprenant toute la surface drainée dans l'anse de Sainte Anne (cf. figure 6 et 13). Sa réalisation a été effectuée avec précision car la limite du bassin versant est la base du modèle et des créations

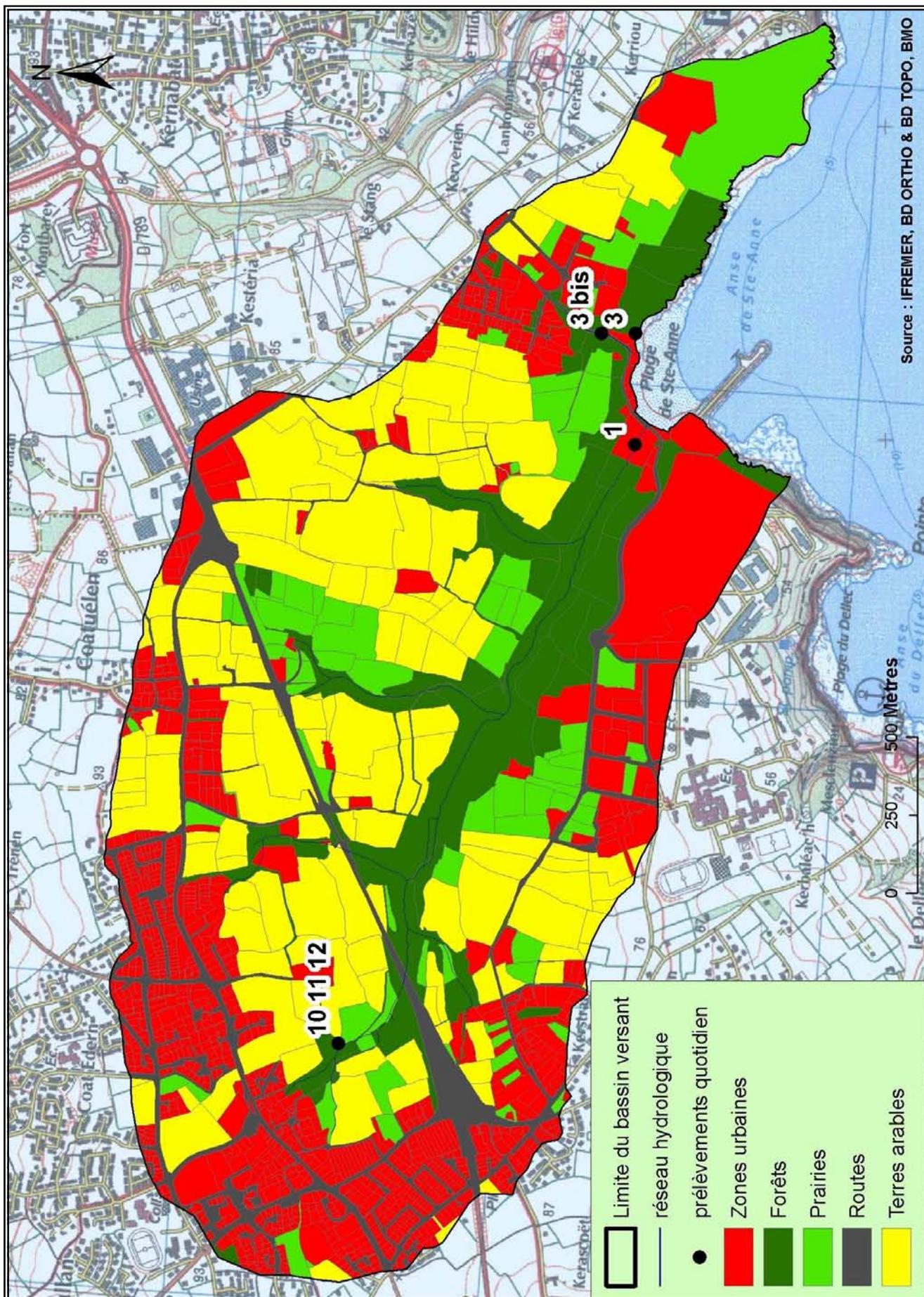


Figure 26 : Couche d'occupation du sol à la parcelle, sur le bassin versant de Sainte Anne

de couches (occupations du sol du bassin versant, pentes...). La délimitation des sous bassins versants a aussi été réalisée à partir des points de prélèvements, 1, 3bis, et 10, 11, 12²

IV.2.2. Création de la couche d'occupation du sol à la parcelle

Une des améliorations apportées sur la couche d'occupation du sol, pendant cette étude et par rapport à celle de Corine Land Cover est la division de la classe « systèmes culturaux et parcellaires complexes » en deux types : terres arables et prairies (cf. figure n° 26).

- *A l'échelle du bassin versant*

Concernant la couche d'occupation du sol à la parcelle, les pourcentages des différents usages du sol sont présentés sur la figure n° 27.

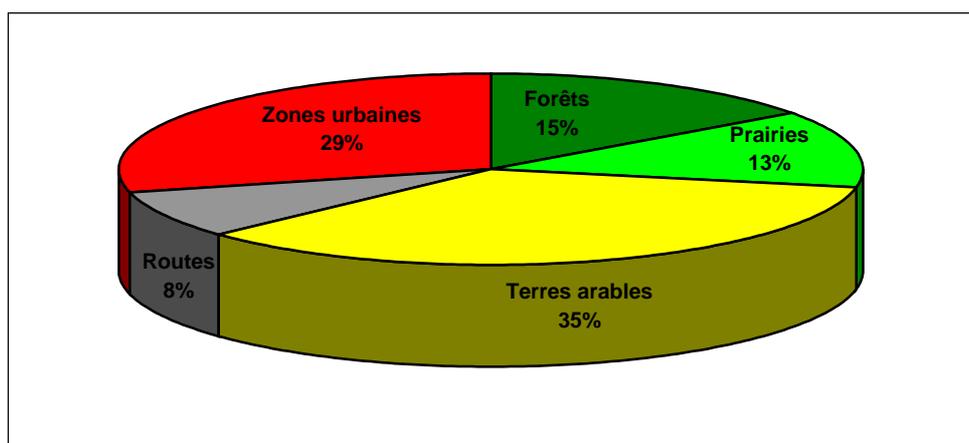


Figure 27 Occupations du sol du bassin versant de la plage de Sainte Anne, en pourcentages de la superficie totale

Elle indique que les terres arables recouvre 35 % du bassin versant, les zones urbaines atteignent 29 % et les forêts 15 %, les prairies 13% et les routes 8 %. Le bassin versant de Sainte Anne présente donc une importante zone agricole (48%), pour un tiers de zone urbaine (29%).

L'indice de couverture « forestière » atteint les 15% et de l'amont à l'aval, des forêts de feuillus longent les cours d'eau du bassin versant (cf. annexe n° 12). Cette couverture forestière jouent un rôle « tampon », protégeant le cours d'eau, en ralentissant les contaminations par ruissellement et en amortissant les crues de faible et moyenne amplitudes.

Cependant, l'indice de couvertures « cultures » étant élevé (35 %), un grand nombre de sols peuvent être nus, entre le moment de récolte et de semis. Ils possèdent alors à cette période une faible capacité de rétention et favorise un ruissellement rapide. Les mesures de débits et les prélèvements d'eau ont été effectués du 9 avril au 6 juin 2008, elles se situent donc au cours de l'année entre le moment de récolte et de semis (sur le bassin versant de Sainte Anne, en général), et pour certaines parcelles juste après les semences. La capacité de rétention de ces sols est donc affaiblit, ce qui concorde avec le temps de réponse très court du bassin versant. Il est donc envisageable que ce temps de réponse soit plus long quand les sols sont recouverts de culture en effet les cultures ralentissent les ruissellements.

² Les trois points de prélèvements 10, 11, 12, étant situés au même point géographique, un seul sous bassin versant a été créé.

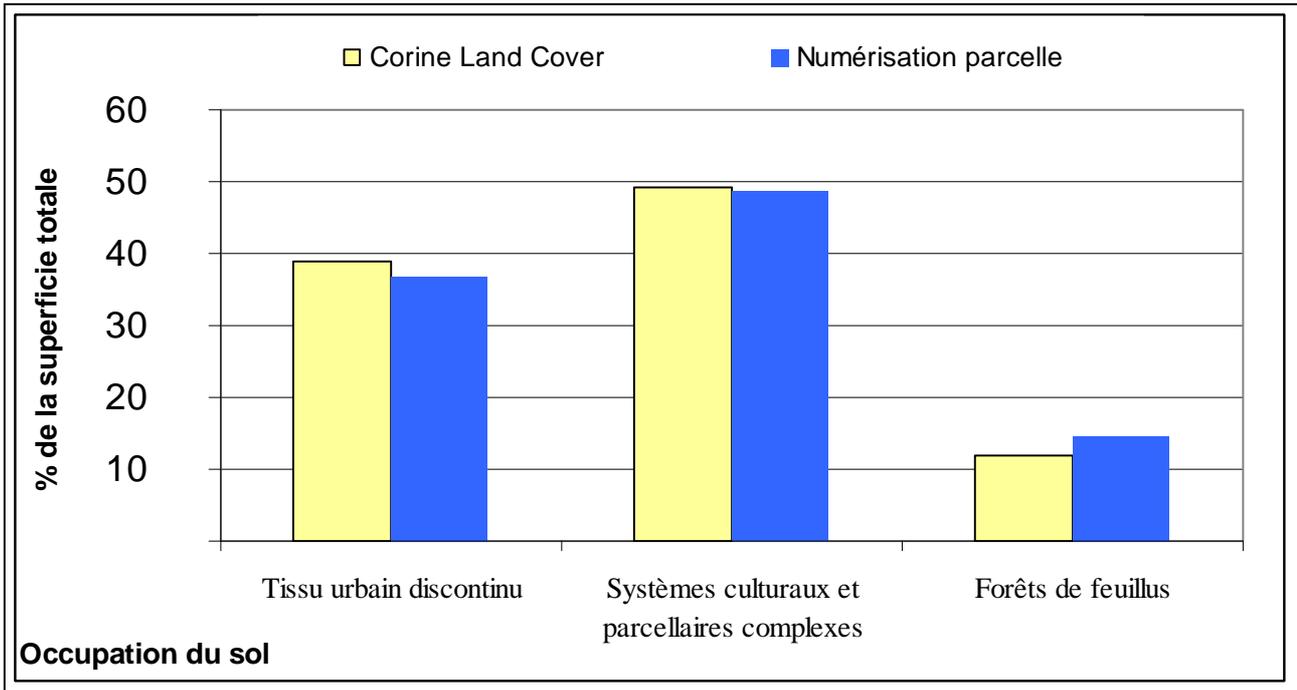


Figure 28 : Comparaison entre les occupations du sol de Corine Land Cover et ceux obtenus avec la numérisation à la parcelle

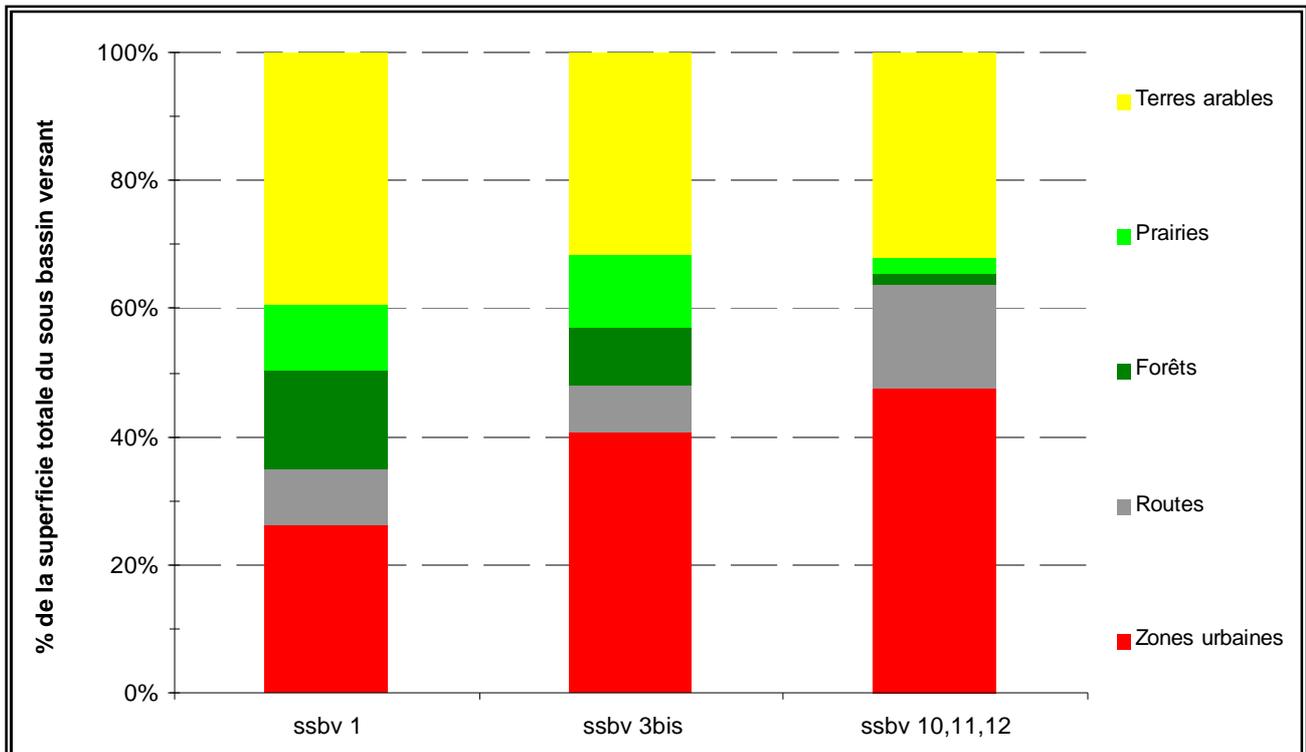


Figure 29 : Occupations du sol des sous bassins versants (ssbv), des points de prélèvements 1, 3 bis, et de 10, 11, 12

En comparaison avec la couche Corine land Cover, les pourcentages obtenus sur le bassin versant sont du même ordre de grandeur que pour la couche d'occupation du sol à la parcelle (cf. figure n°28).

Cependant, la précision obtenue avec la couche d'occupation du sol à la parcelle n'est pas négligeable, car elle permet d'individualiser chaque parcelle et son usage du sol associé. Elle apporte donc des informations précises d'un point de vue spatiale (cf. figure n° 14 et n° 26).

En conclusion, la couche d'occupation du sol à la parcelle a apporté de nouvelles informations importantes pour mieux interpréter les résultats des campagnes de terrain.

- *A l'échelle des sous bassins versants*

Les sous bassins versant créés précédemment ont permis de calculer le pourcentage de chaque type d'occupation du sol sur chaque sous bassin versant situé en amont des 3 points de prélèvements 1, 3bis et 10,11,12 (cf. figure n° 29). Il met en évidence que les trois sous bassins versants créés ne possèdent pas les mêmes caractéristiques d'usages du sol :

- *Le sous bassin versant du point 1* est constitué en majorité de terres arables (39%), de 10 % de prairies, 15 % de forêts, 26 % de zone urbaine et de 9% de routes. Il présente le maximum de forêts et de terres arables, il est donc potentiellement exposé à des sources de contaminations de type agricole, et plus particulièrement à des épandages sur les terres arables.
- *Le sous bassin versant du point 3bis* est constitué de 41 % de zones urbaines et 7 % de routes, de 31 % de terres arables, 9 % de forêts et 12 % de prairies. Il est donc autant soumis à des sources de pollutions microbiologiques urbaine qu'agricole. Cependant, comme il présente le maximum de prairies, il est exposé à des sources de contamination microbiologique de type pâturage.
- *Le sous bassin versant du point 10'* est constitué en majorité de territoires artificialisés (64 %), soit 47 % de zones urbaines et 16 % de routes, et de 32 % de terres arables et 2 % de prairies et de 2 % de forêts. Il présente donc le maximum de zones urbaines et de routes, il est donc potentiellement exposé à des sources de contaminations humaines de types rejets directs de réseaux urbains ou des systèmes d'assainissement autonome.

IV.2.3. Détermination de la part d'influence des stations Météo France du Conquet, de Lanvéoc et de Guipavas, obtenue par la technique de Thiessen

La figure n°30 montre que l'intégralité du bassin versant de Sainte Anne est sous l'influence de la station Météo France du Conquet. Cependant, cette station Météo France possède peu de données et elles ne sont récupérables qu'après un certain délai. En conséquence, les données utilisées pour la pluviométrie horaire et journalière ont été récupérées par la station Météo France de Guipavas.

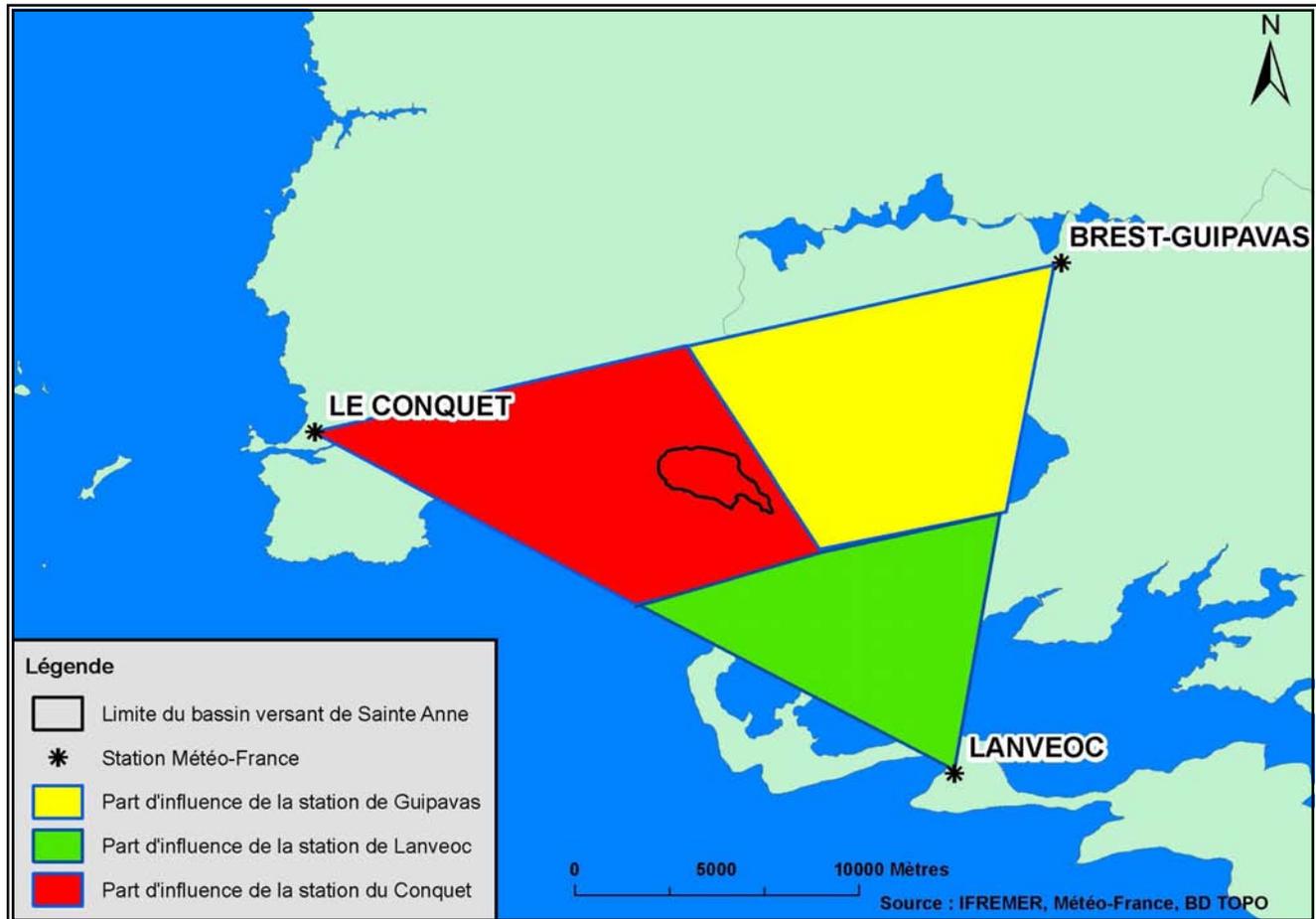


Figure 30 Part d'influence des stations Météo France avoisinantes par la technique de Thiessen

V. Difficultés rencontrés et solutions éventuelles

-Le décalage d'une 1/2h entre les données Météo-France et les prélèvements provient de la mise en route du préleveur automatique à 16h30, alors que la pluviométrie horaire est à heure fixe. Cependant, cette imprécision est négligeable, en effet les données pluviométriques sont lissées dans le temps.

-Le nouveau courantomètre OTT ADC, n'ayant servi que pour mon stage. Une comparaison des résultats obtenus et de la méthode appliquée à l'aide d'un courantomètre à hélice serait intéressante.

-Une mesure de débit au courantomètre manuelle est intéressante pour comprendre et caractériser hydrologiquement le Nevent. Mais il est dommage de ne pas avoir pu bénéficier d'une sonde piézométrique, instrument de mesure de la pression, permettant d'obtenir le débit d'un cours d'eau. Il aurait permis de suivre l'évolution du débit du Nevent à l'échelle horaire. En effet, le Nevent a été caractérisé pour être un cours d'eau avec un temps de réponse d'environ deux heures. Des données horaires auraient permis de mieux caler le modèle numérique à un pas de temps horaire.

-Lors du suivi horaire en temps pluvieux, la diminution de la concentration après la chute de débit n'a pas été suivie jusqu'à des concentrations « normales », le préleveur automatique s'étant arrêté au bout de 24h. Il aurait été intéressant de poursuivre plus longtemps les prélèvements afin de pouvoir calculer le temps nécessaire au Nevent pour revenir à la normale (débit de base) après une crue.

-La couche d'occupation du sol à la parcelle a été réalisée grâce à une photo aérienne du mois d'avril 2004. Cependant, depuis cette photographie des nouveaux lotissements ont été créés. De ce fait la surface des zones artificialisées a sans doute été légèrement sous évaluée. Une BD Ortho (photo aérienne) plus récente pourrait permettre d'affiner ces données.

VI. Conclusion et perspectives envisagées

Les bassins versants côtiers influencent fortement la zone littorale, en effet ce sont des sources potentielles de contaminations microbiologiques. Une bonne qualité des eaux de baignades est importante tant au niveau écologique qu'économique. Elles sont donc soumises à une réglementation (Directive européenne 76/160/CEE du 8 décembre 1975) et une forte contamination microbiologique peut entraîner des fermetures de plages. Ainsi, le projet GIRAC (Gestion Intégrée des Rejets d'Assainissement Côtier) vise à modéliser les flux d'*E. coli* arrivant au niveau des zones de baignade et à mettre en place un système de surveillance de la qualité des eaux de baignade. Dans le cadre de ce projet, une étude visant à modéliser les écoulements d'eau et les flux d'*E. coli* sur le bassin versant de Sainte Anne a été mise en place au laboratoire de Microbiologie de l'IFREMER. Cette étude nécessite tout d'abord une collecte de données (mesure de débit, concentrations) et un travail de cartographie afin d'implémenter le modèle AVSWAT sur le bassin versant de Sainte Anne.

Ainsi, dans le cadre de cette étude, une caractérisation hydrologique et microbiologique du bassin versant a donc été réalisée (cf. annexe n° 13). Le bassin versant de Sainte Anne s'étalant sur 5 km² est caractérisé par une forte pente et est principalement recouvert de terres arables et de zones urbaines. Les cours d'eau du bassin versant ont une qualité d'eau plutôt dégradée concernant le paramètre *E. coli* et ils subissent fréquemment des pollutions ponctuelles qui peuvent provenir de fuites ou de débordements de réseau d'assainissement autonome ou collectif. De plus, lors de fortes pluviométries (environ 2-3 mm/h), son ruisseau principal, le Nevent, subit d'importantes altérations microbiologiques dues aux ruissellements sur les terres arables, sur les prairies et les zones urbaines. Le Nevent possède un faible débit, pouvant tripler, pour atteindre un débit de pointe (d'environ 0,12 m³/s) en cas de forte pluie. Son temps de réponse hydrologique aux fortes pluies est très court (2-3h), il correspond bien aux caractéristiques du bassin versant, fortes pentes et petite superficie. A l'exutoire du bassin versant, les concentrations ont atteint un maximum de 1,6.10⁶ d'*E. coli*/100mL (le 21/04/08), ce qui équivaut à une concentration observée dans des eaux usées brutes. Le flux d'*E. coli* au même moment était de 5,8.10⁸ *E. coli*/m³/s, l'impact sur la qualité des eaux côtières, a donc du être relativement important.

A l'issue de ce stage, de nombreuses perspectives sont envisagées. Dans un premier temps, l'objectif sera de poursuivre les mesures de débit, les prélèvements et les suivis 24h afin de compléter la base de données sur le bassin versant de Sainte Anne. L'objectif final sera de réaliser la modélisation des flux d'*E. coli* issus du bassin versant et impactant l'Anse de Sainte Anne. Il est également envisageable d'analyser par PCR en temps réel les échantillons de lisier et d'eaux contaminées, collectés au cours du suivi de ruissellement de lisier, dans le but de déterminer l'origine de la contamination fécale des échantillons. De plus, la période estivale arrivant, les normes des eaux de baignades doivent être appliquées, il sera donc envisagé de corrélérer les résultats en terme de flux d'*E. coli* observés à l'exutoire, avec les concentrations en *E. coli* des eaux de baignades de Sainte Anne fournies par la DDASS.

Références bibliographiques

- AELB, 2006. Le prélèvement d'échantillons en rivière, 130 pp.
- Bougeard, M., 2007. Modélisation des écoulements du bassin versant de l'estuaire de la rivière de Daoulas : application du modèle AVSWAT, La Futaie, Centre de Formation et de Promotion, Brest.
- Corre, S., Jacq, E. and Moullec, B., 1999. Quantification et survie des bactéries dans les eaux du Coët-Dan. In: IFREMER (Editor), Pollutions diffuses : du bassin versant au littoral, Saint Briec.
- CUB, 2008. Secteurs d'enjeux Brest-Plouzané, Adresse URL : http://www.cub-brest.fr/plu/pdf/orientations_aménagement/secteurs_enjeux08.pdf, consulté le 06 mai 2008., BREST.
- DCE., 2005. Directive Cadre Européenne 2015 URL : <http://www.eau2015-rhin-meuse.fr/fr/ressources/glossaire.php>.
- Di Luzio, M., Srinivasan, R., Arnold, J.G. and Neitsch, S.L., 2002. ArcView Interface for SWAT2000 - User's Guide. Texas Water Resources Institute TR-193 College Station, 346 pp.
- Durand, P., Tortrat, F., Viaud, V. and Saadi, Z., 2006. Modélisation de l'effet des pratiques agricoles et de l'aménagement du paysage sur les flux d'eau et de matière dans les bassins versants. In: INRA (Editor), Qualité de l'eau en milieu rural - Savoirs et pratiques dans les bassins versants. Update Sciences & technologies, pp. 193-209.
- e-Cité, 2006. Le cadre géographique de Plouzané URL : <http://www.laecite.org/>, Plouzané.
- Forray, N., 1998. Charte qualité de l'hydrométrie - Code de bonnes pratiques, 45 pp.
- Gnouma, R., Bougeard, M., Pommepuy, M. and Le Saux, J.C., 2007. Modélisation des flux de contamination fécale et de leur impact sur la zone littorale (conséquences sur la qualité des eaux de baignade et conchylicoles) - Application au bassin versant de l'estuaire de la rivière de Daoulas, Rapport d'avancement, Avril 2007, IFREMER, Plouzané.
- Hamon, S., Tarits, C. and Gasse, F., 1999. Les diatomées indicateurs des conditions du milieu. Exemple de la Vallée de Sainte-Anne du Portzic, BRETAGNE OCCIDENTALE, BREST, 30 pp.
- Hamon, S., Tarits, C. and Herisse, A., 1998. Examen de la diversité des peuplements de diatomées et comparaison avec la qualité de l'eau : vallée de Sainte-Anne (Finistère), Brest.
- IFEN, Corine Land Cover, Adresse URL : <http://www.ifen.fr/donIndic/Donnees/corine/presentation.htm>, consulté le 7 juin 2007.

IFREMER, 2006. ANALYSE *E. coli* URL, Adresse URL :

<http://www.ifremer.fr/delcc/cycleau/resultats/e-coli.htm>.

Ifremer, 2008. Contamination microbienne en mer par les rejets urbains et agricoles, indicateurs de contamination.

Ifremer., 2006. Eaux de baignade URL:

<http://www.ifremer.fr/delcc/cycleau/reglementation/eauxbaign.htm#>.

Le Peutrec, M., 2007. HYDROTIMETRIE, intervention d'octobre 2007, IUT de BREST., BREST.

Le Vaillant, G., 2007. Elaboration de modèles statistiques sur les variations de salinité en fonction de la pluviométrie. Contribution à la conception d'un système d'alerte microbiologique en temps réel, Université de RENNES 1, Brest.

Musy, A., 2003. Cours d'Hydrologie générale. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Lausanne.

Neitsch, S.L., Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Williams, J.R. and King, K.W., 2002. Soil and Water Assessment Tool, Theoretical document, version 2000. Texas Water Resources Institute TR-193 College Station, 506 pp.

ode, 2008. DEC.

ODEau, 2007. Système d'Évaluation de la Qualité de l'eau (SEQ-Eau). In: O.D.d.l.E.U.

<http://www.ain.pref.gouv.fr/ddaf/ode/infeau/sequeau.html> (Editor).

OTT, 2006. Courantomètre OTT ADC à effet DOPPLER URL :

http://www.ottfrance.com/web/ott_fr.nsf/id/pa_adc_tech_fr.html.

Watremez, P., 1999. Typologie des bassins versants bretons, Pollutions diffuses : du bassin versant au littoral, Saint-Brieuc, pp. 350.

Annexe 1 : La Directive cadre sur l'eau, et le projet GIRAC



Le Parlement européen et le Conseil ont adopté le 23 octobre 2000 la **directive 2000/60/CEE, dite Directive Cadre sur l'Eau (DCE)**, établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau (ode, 2008).

La DCE vise à apporter une vision d'ensemble à la politique européenne de gestion de l'eau et à établir un cadre européen pour la protection des eaux continentales, souterraines et côtières. Texte très ambitieux, elle engage chaque État-membre à parvenir à terme de quinze ans à un «bon état écologique des eaux». Elle fixe un second objectif de non détérioration des ressources en eau et définit à cette fin des stratégies particulières à mettre en place pour la lutte contre la pollution toxique ainsi que pour la prévention et le contrôle de la pollution des eaux souterraines. Elle confirme la place du milieu naturel comme élément central de la politique de l'eau et réaffirme le rôle des acteurs de l'eau. Ses innovations portent essentiellement sur les objectifs environnementaux qu'elle fixe dans un délai précis mais aussi sur la prise en compte de l'économie et de l'aménagement du territoire à chaque étape de sa mise en œuvre ainsi que sur un renforcement de la participation active du public. La mise en œuvre de la DCE repose sur un calendrier prévoyant notamment :

- un recensement des bassins et la définition des districts hydrographiques d'ici 2003
- la réalisation d'ici fin 2004 d'un état des lieux faisant l'analyse pour chaque district hydrographique des caractéristiques naturelles, des pressions s'exerçant sur la ressource et des impacts générés, sur la base d'un découpage en masses d'eau ;
- la mise en place d'un premier programme de surveillance de l'état des eaux,
- l'élaboration dès 2009 de plans de gestion et de programmes de mesures qui, pour chaque district, définiront les objectifs à atteindre pour 2015 et les actions à mettre en œuvre ; ces documents seront révisés en 2015 puis tous les 6 ans ; ils consisteront en France en une modification des Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE)(ode, 2008).

► Le projet **GIRAC** (*Labellisé le 24 février 2006 et co-labellisé avec le Pôle Mer PACA*) : **Gestion Intégrée des Rejets d'Assainissement Côtiers**. Malgré l'effort des collectivités, la qualité des eaux littorales est parfois perturbée par les conditions météorologiques. Le vent, le soleil, les pluies et particulièrement les orages mettent à mal les systèmes d'assainissement, révèlent des capacités de traitement sous dimensionnées ou des technologies mal maîtrisées. Pour mieux contrôler les rejets, GIRAC mettra à la disposition des gestionnaires d'équipements et des collectivités des outils modélisés qui permettront de surveiller et d'améliorer l'efficacité des installations, de gérer les crises, mais aussi d'assurer l'information en temps réel des usagers. Co-labellisé par le Pôle Mer Bretagne et le Pôle Mer PACA, GIRAC sera développé à part égale par des entreprises et laboratoires implantés dans les deux régions. Pour la Bretagne :

- Les entreprises : Veolia Eau, centre opérationnel Bretagne ouest, Brest ; Littoralis : NKE Electronics, Hennebont ; HOCER ; Guipavas (29) ; Pôle Analytique des Eaux de Brest ;
- Les centres de recherche : IFREMER Brest ; Météo France Rennes-St Jacques.

Annexe 2 : Données Collectées sur le bassin versant de Sainte Anne

TYPE DE DONNEES	CARACTERISTIQUES		PROVENANCE DES DONNEES	COMMENTAIRES
	Format	Echelle ou résolution		
SCAN 25	Numérique	1/25 000	Mise à disposition (convention BMO)	Cartes topographiques
BD TOPO	Vecteur	1/25 000	Mise à disposition (convention BMO)	
BD ORTHO	Numérique	50 cm	Mise à disposition (convention BMO)	Photographies aériennes 2004
Courbes de niveaux de la BD ALTI	Vecteur	5 m	Mise à disposition (convention BMO)	
Occupation du sol	Vecteur	1/100 000	IFEN	Programme Corine Land Cover
Cartes géologiques	Numérique	1/50 000	Mise à disposition (convention BMO)	
Géologie	Vecteur	1/50 000	IFREMER	Digitalisées à partir des cartes géologiques
Pluviométrie			Achetées à Météo France	Pas de temps journalier et horaire

Annexe 3 : Inventaire des sites de prélèvements

POINTS	NOM ET SITUATION GEOGRAPHIQUE	CARACTERISTIQUES ET ORIGINE
1	Exutoire du Nevent	Ruisseau
2	Emissaire de maison	Canalisation
3	Exutoire du ruisseau de la chapelle	Canalisation, alimentée par une source
3 Bis	Ruisseau de la chapelle	Canalisation, alimentée par une source
4	Ruisseau	Petit ruisseau
5	Ruisseau	Petit ruisseau
6	Ruisseau	Petit ruisseau, roche
7	Ruisseau	Petit ruisseau
8	Ruisseau	Petit ruisseau
9	Source du Nevent, terrain particulier	Ruisseau
10	Affluent urbain en amont	Canalisation
11	Affluent urbain en amont	Canalisation
12	Affluent urbain en amont	Canalisation
13	Affluent	Canalisation
14	Le Nevent	Ruisseau
15	Affluent	Ruisseau, alimentée par une source
16	Affluent	Ruisseau, eau de ruissellement
17	Affluent	Ruisseau, eau de ruissellement
18	Affluent	Ruisseau, eau de ruissellement
19	Affluent	Ruisseau, eau de ruissellement
20	Zone urbaine	Canalisation



Figure 1 Points de prélèvements

Annexe 4 : Courantomètre OTT ADC à effet DOPPLER



Figure 1 Courantomètre



Figure 2 Terminal mobile



Figure 3 Capteur

Caractéristiques techniques du courantomètre OTT ADC à effet DOPPLER (OTT, 2006).

Mesure de la vitesse	
Plage de mesure	- 0,2 m/s à + 2,4 m/s
Précision	± 1 % de la valeur mesurée ± 0,25 cm/s
Cellule de mesure	
Distance par rapport au capteur	10 cm
Diamètre	1 cm par faisceau sonore
Longueur	5 cm
Transducteur ultrasons	
Fréquence acoustique	6 MHz
Mesure de la profondeur	
Cellule de mesure	piézorésistive, absolue
Plage de mesure	0 à 5 m
Résolution	0,01 % FS
Précision	0,1 % FS
Surcharge max.	1,5 fois la plage de mesure
Mesure de la température	
Plage de mesure	- 5 °C à 35 °C
Résolution	0,1 °C
Précision	± 0,5 °C
Tension d'alimentation	
Accus	9,6 VCC
Durée d'utilisation	> 20 heures
Conditions d'utilisation	
Plage de température	- 20 °C à + 60 °C
Température de stockage	- 40 °C à + 85 °C
Sensibilité aux chocs	conforme à la norme EN 60068-2-32
Dimensions	
Corps de capteur cylindrique	Ø 40 mm, longueur 14,5 cm
Poids à l'air libre	800 g
Poids dans l'eau	620 g
Matériau	
Capteur	Delrin®, inox
Vis	Inox
Mémoire interne	
Capacité	4 Mo
Logiciel OTT QReview	
Système d'exploitation	Windows®2000, Windows®XP, Windows® Vista
Fonctionnalités	Transmission des données du boîtier de commande Contrôle et post-traitement des données Export des données (XML, ASCII)

Annexe 5 : Quantification des *Escherichia coli* dans les eaux (NF EN ISO 9308-3 de mars 1999)

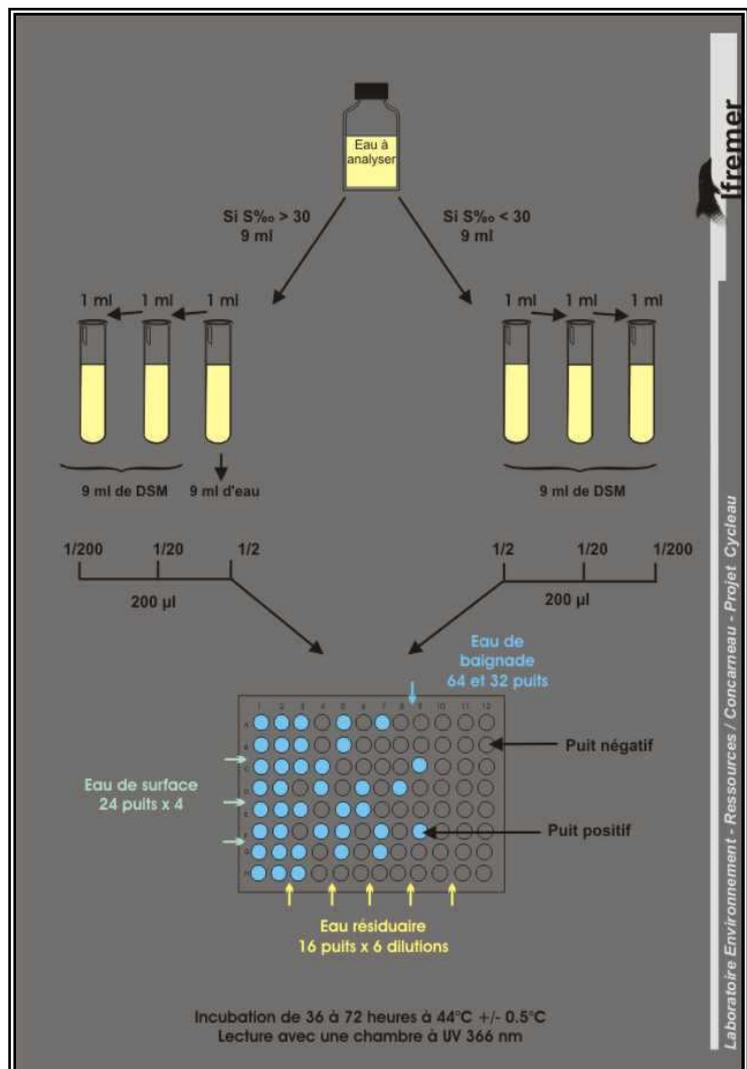
Cette méthode miniaturisée par ensemencement en milieu liquide (Nombre le Plus Probable) vise à quantifier les *Escherichia coli* dans les eaux de surface et les eaux résiduaires.

L'échantillon à analyser est dilué puis ensemencé dans une série de puits d'une microplaque contenant le milieu de culture déshydraté et les dilutions sont adaptées au niveau de contamination supposé de l'eau prélevée (figure 1).

Les microplaques sont examinées sous rayonnement ultraviolet à 366 nm dans l'obscurité après une période d'incubation de 36 h minimum et 72 h maximum à $44^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$. La présence d'*Escherichia coli* est indiquée par une fluorescence bleue résultant de l'hydrolyse du 4-Méthylumbelliféryl-b-D-glucuronide (MUG) par une enzyme (b-D-glucuronidase) présente chez cette bactérie entérique.

Le Nombre le Plus Probable (NPP) est une estimation statistique de la densité des microorganismes et des intervalles de confiance sont attachés à cette estimation moyenne.

Avec ce nombre caractéristique, on se réfère à la table de Mac Grady qui définit, pour chaque nombre caractéristique un indice correspondant à la quantité moyenne de bactéries contenue dans chaque tube de la série la plus concentrée. le nombre probable d'*E. coli* dans 100 ml de l'échantillon analysé est obtenu ensuite en tenant compte de la quantité de la suspension mère ensemencée et de la dilution opérée.



Annexe 6 : Echantillonneur automatique de type ISCO 3700

Fiche technique de l'échantillonneur portable isotherme 3700 ISCO :

Caractéristiques techniques	
Poids	• 16.8 kg / 11.3 kg
Dimensions	• 50.5 x 64.1 / 45 x 70.5
Alimentation	• 12 volts par batterie ou transfo-chargeur
Flaconnage	• 24 x 1 litre, 12 x 1 litre, 1 x 9.5 litres ou 1 x 15 litres plastique ou verre .
Mode de prélèvement	Temps ou asservissement au débit
Conforme aux normes	ISO5667-10
Dénivellation max	7.9 mètres
Vitesse d'aspiration	0.76 mètres/sec à 3.1 mètres
Débit	3.5 litres/mm
Tubulure	D9.5mm, longueur standard 7.5 mètres max. 30mètres
Programmation	Mode standard ou évolué
Rapport d'échantillonnage	Détails des prélèvements



Figure 1 Echantillonneur 3700 ISCO



Figure 2 Tableau de contrôle de l'échantillonneur

Annexe 7 : Utilisation de logiciels de Cartographie et de SIG

Logiciels utilisés : ArcGis 9.1 et ArcView 3.2

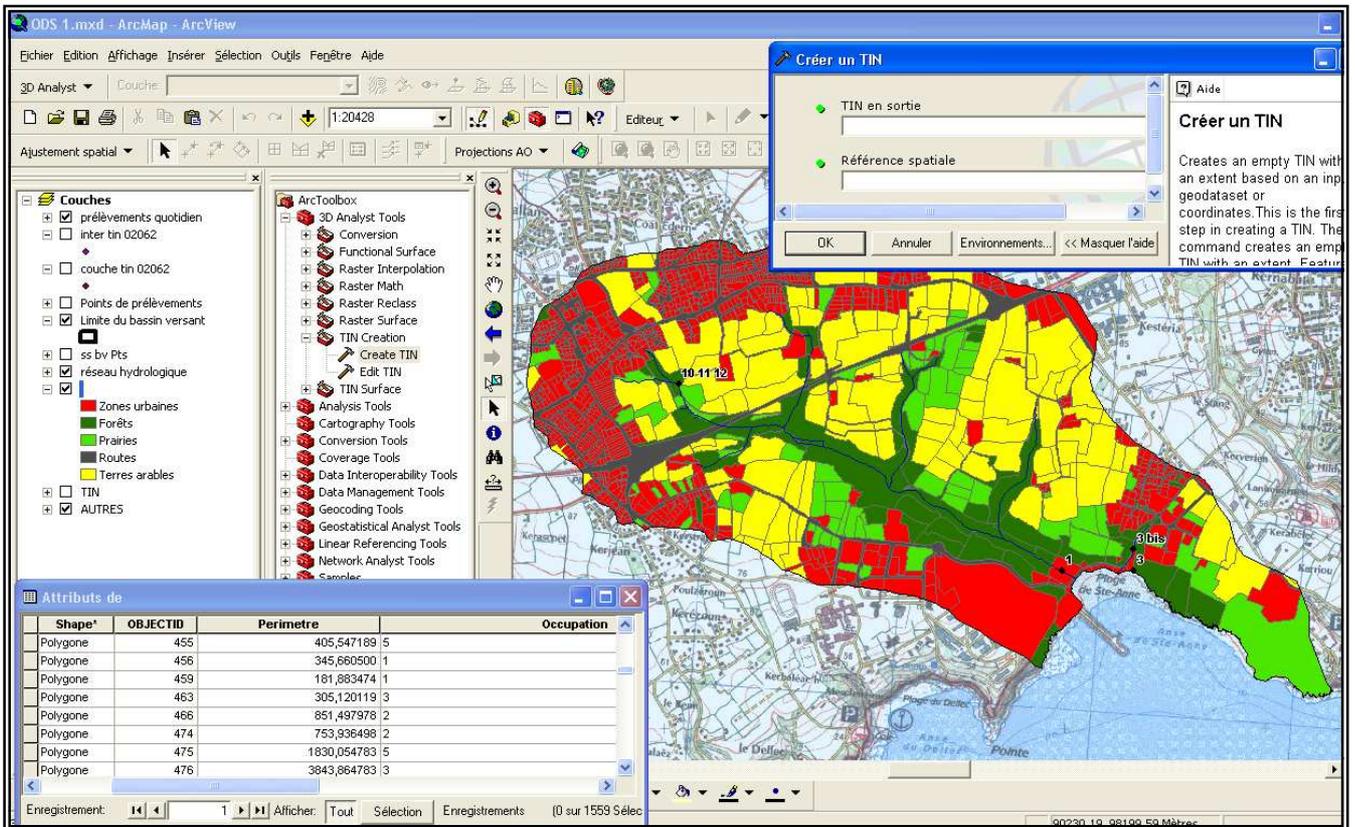
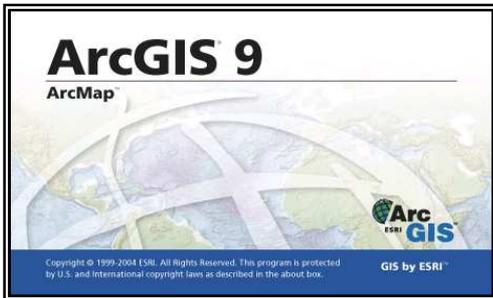


Figure 1 : Utilisation de ArcGis 9.1 pour la délimitation du bassin versant et la création de la couche d'occupation du sol

Annexe 8 : Résultats bruts des deux journées d'investigations terrain, valeurs d'*E. coli*/100mL aux différents points.

Dates :	09/04/2008	17/04/2008
1	100	78
2		<38
3	55200	686
3 Bis		119
4	1270	<38
5	1497	
6	1116	38
7	117	6040
8		9830
9		208
10		5700
11		12000
12		135440
13		17520
14		<38
15		78
16		250
17		<38
18		<38
19		<38
20		<38

Annexe 9 : Résultats bruts des mesures de débits

Tableau I : Exemple de résultats bruts pour l'évaluation de la mesure de débits, du 06/05/08 au point 1.

06/05/2008 14h30			
Largeur (m)	2		
Verticales	1	2	3
Positions (m)	0,7	1,2	1,6
Fond, mesure 1 (cm)	8,5	11,6	7,9
Surface, mesure 2 (cm)	3,9	3,9	5
Vitesse moy(m/s)	0,213	0,382	0,185
Vitesse moy(m/s)	0,089		
Surface(m ²)	0.322		
Q(m ³ /s)	0.01	0,013	0,006
Total Q : 0.029 ± 0.00(m³/s)			

Tableau II : Résultats des mesures de débits effectuées au point 1, du 17 avril au 10 juin 2008

Date et heure de la mesure de débit :	Débits (m ³ /s)	
17/04/08	0,021	0,00021
21/04/08	0,037	0,00037
28/04/08	0,04	0,0004
29/04/08	0,077	0,00077
30/04/08	0,066	0,00066
06/05/08	0,029	0,00029
14/05/08	0,031	0,00031
14/05/08	0,124	0,00124
20/05/08	0,027	0,00027
21/05/08	0,024	0,00024
06/06/08	0,025	0,00025
10/06/08	0,029	0,00029

**Annexe 10 : Concentrations moyennes, maximales, minimales en
E. coli/100mL, calculées pour chaque point de prélèvements,
du 09/04/08 au 06/06/08**

Points de prélèvements	Moyenne géométrique	Maximum	Minimum
1	477	1568600	38
2	592	9230	38
3	6330	55200	686
3 Bis	75	804	38
4	199	1270	38
5	1497	1497	1497
6	206	1116	38
7	841	6040	117
8	9830	9830	9830
9	67	208	38
10	4614	62170	38
11	1308	13010	119
12	1202	135440	163
13	11780	17520	7920
14	345	3139	38
15	397	3616	38
16	140	250	78
17	97	250	38
18	408	4390	38
19	38	38	38
20	38	38	38

Annexe 11 : Système d'Évaluation de la Qualité de l'eau, bactériologie, des eaux superficielles

Tableau I : Classes et indices de qualité SEQ eau (IFREMER, 2006)

Le **Système d'Évaluation de la Qualité de l'Eau (SEQ-Eau)** fixe pour l'altération «micro-organismes» les valeurs de classes suivantes :

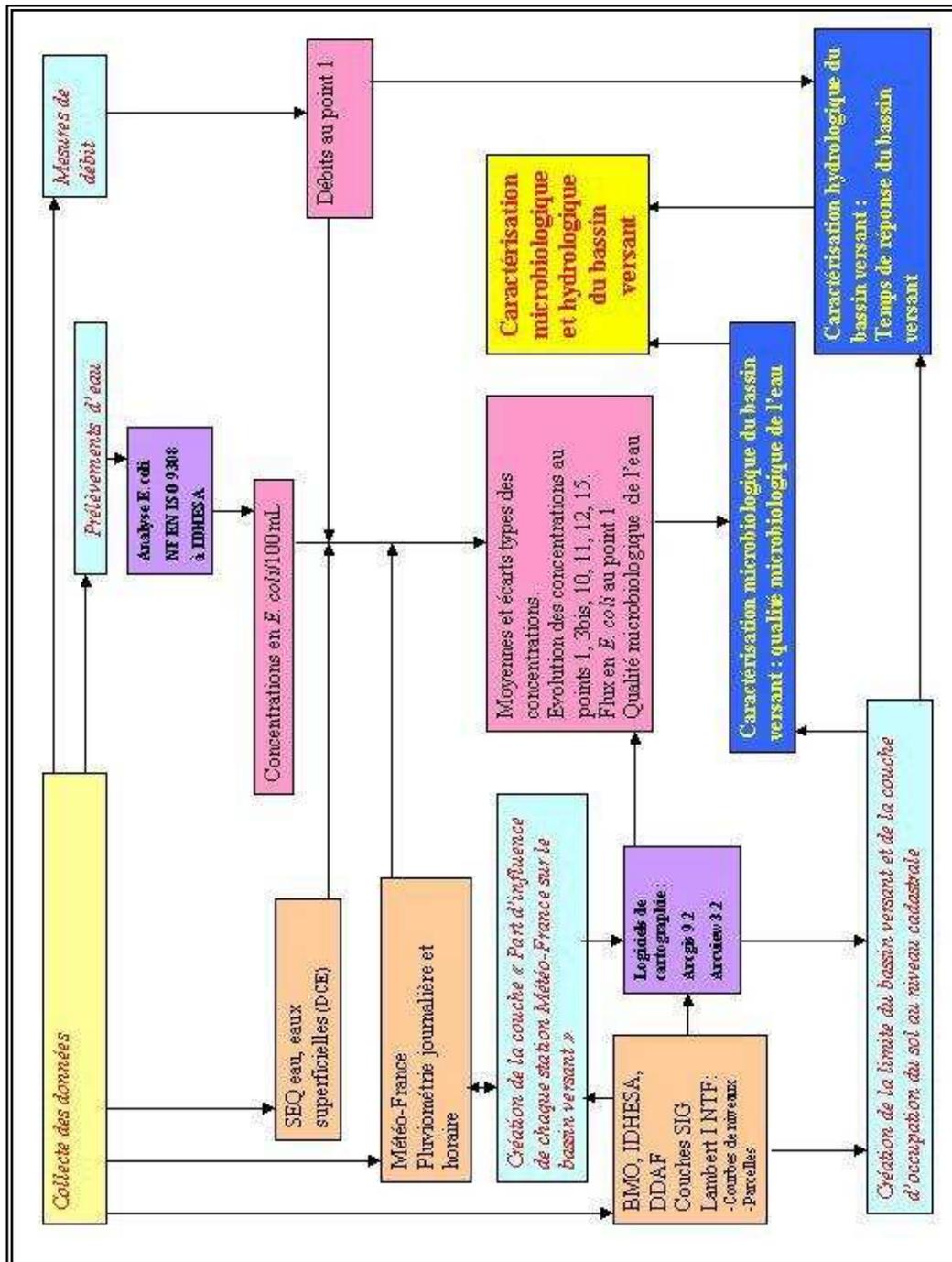
Classe de qualité	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice de qualité	80	60	40	20	
Coliformes totaux (unités/100 ml)	50	500	5 000	10 000	
<i>Escherichia coli</i> (unités/100 ml)	20	200	2 000	20 000	
Entérocoques ou Streptocoques fécaux (unités/100 ml)	20	200	1 000	10 000	

Annexe 12 : Caractéristiques morphologiques du bassin versant de Ste Anne

Périmètre (km)	11,95 km
Surface (km ²)	5,00 Km ²
Indice de compacité de Graveleuses (KG)	1,50
Altitude maximale	93 m
Altitude minimale	0 m
Longueur du cours d'eau principal	2,64 Km
Longueur totale des cours d'eau	6,35 Km
Densité de drainage	1,27
Indice de couverture forestière	14,7 %
Indice de couverture cultures	35,9 %

Il s'agit donc d'un petit bassin versant de 5 Km² avec une forme plutôt allongée (KG=1,50). La densité de drainage étant de 1.27, il apparaît que le réseau hydrographique est plutôt limité sur ce bassin versant. Ce dernier est fonction des écoulements et dépend de la géologie, des caractéristiques topographiques du bassin versant et, dans une certaine mesure des conditions climatiques et anthropiques (Musy, 2003).

Annexe 13 : Schéma récapitulatif des missions réalisées lors de la caractérisation hydrologique et microbiologique du bassin versant de Sainte Anne



Titre : Caractérisation hydrologique et microbiologique du bassin versant de Sainte Anne

Title : Hydrological and microbiological characterization of the Sainte Anne catchment

IFREMER (Brest)

Département EMP, Laboratoire de Microbiologie, stage sous la responsabilité de Morgane Bougeard
Tuteur IUT : Frédérique DUTHOIT

Résumé :

La façade littorale présente de nombreuses activités liées à la qualité de l'eau telles que les activités de baignade. Les bassins versants côtiers sont connus pour être des sources d'apport microbiologique pour le milieu marin, leurs écoulements et ruissellements entraînant d'énormes quantités de sédiments, de bactéries et autres particules. Ainsi, un réseau de surveillance et une modélisation peut être nécessaire afin de prévenir les préjudices économiques d'une fermeture de plage due à une contamination. Par conséquent, dans le cadre du projet GIRAC (Gestion Intégrée des Rejets d'Assainissement Côtier), une modélisation des écoulements d'eau et des flux d'*E. coli* sur le bassin versant de Sainte Anne a été mise en place. Afin d'implémenter le modèle AVSWAT sur le bassin versant de Sainte Anne, un travail de collecte de données (mesures de débits, concentrations) et un travail de cartographie a été nécessaire. L'objectif de cette étude est la caractérisation hydrologique et microbiologique du bassin versant. Le bassin versant de Sainte Anne s'étalant sur 5 km² à comme caractéristique d'être principalement recouvert de terres arables et de zones urbaines. Ses cours d'eau ont une qualité d'eau plutôt dégradée concernant le paramètre *E. coli* et ils subissent fréquemment des pollutions ponctuelles qui peuvent provenir de fuites ou de débordements de réseau d'assainissement autonome ou collectif. De plus, lors de fortes pluviométries (environ 2-3 mm/h), son ruisseau principal, le Nevent, subit d'importantes altérations microbiologiques dues aux ruissellements sur les terres arables, sur les prairies et les zones urbaines. Il possède aussi un faible débit, pouvant tripler, pour atteindre un débit de pointe (d'environ 0,12 m³/s) en cas de forte pluie. Le temps de réponse hydrologique du bassin versant aux fortes pluies est très court (2-3h) et des flux d'*E. coli* à 5,8.10⁸ *E. coli*/m³/s ont pu être observés à son exutoire, impactant sans aucun doute fortement la qualité des eaux côtières.

Mots-clés : Bassin versant, débits, *Escherichia coli*, SIG, Sainte-Anne

Abstract :

The coastline has many activities related to water quality such as bathing activities. Coastal catchments are known to be source of microbial input to the marine environment, their flows and runoff bringing important quantities of sediment, bacteria and other particles. Thus, a network of monitoring and modeling may be necessary to prevent economic losses such as a closure of beaches due to contamination. Hence, within the framework of project GIRAC, a modeling of river and E. coli flow in the Sainte-Anne catchment was developed. To implement the model AVSWAT on the catchment, a data collection (stream gauging, E. coli analyses) and work on GIS was necessary. The aim of this study is the hydrological and microbiological characterization of the catchment. The Sainte-Anne catchment spread over 5 km² as a characteristic of being mainly covered with arable land and urban areas. Its rivers have a deteriorated water quality based on the parameter E. coli and they suffer frequent point source pollution (waste water treatment plant and failing septic systems). Moreover, when heavy rainfall (about 2-3 mm/h), its main stream, the Nevent, suffered significant damage due to microbiological runoff on arable land, pasture and urban areas. It also has a low speed, that could triple, reaching a peak flow (about 0.12 m³/s) in case of heavy rain. The surface runoff lag time of the catchment is very short (2-3h) and E. coli flows of 5,8.10⁸ ufc/m³/s have been observed at its outlet, impacting undoubtedly the quality of coastal waters.

Keywords : Catchment, river flow, *Escherichia coli*, GIS, Sainte-Anne