

Dispositif breton de recherche et de suivi sur le transfert des matières organiques dans les bassins versants

Le bassin versant de recherche de Kervidy-Naizin (56)

Le BV de Kervidy-Naizin, situé dans le Morbihan (**figure 1**), est un bassin versant représentatif et expérimental (BVRE) géré par les équipes CNRS et INRA du CAREN. Depuis 1999, ce BV fait l'objet de suivis MO hautes fréquences (mesure des concentrations au pas de temps hebdomadaire à journalier), tant au niveau des eaux du sol que des eaux de la rivière à l'exutoire. Ce BV a été choisi pour effectuer de tels suivis car (i) il est le siège d'une activité agricole parmi les plus intensives de Bretagne, marquée par des épandages massifs de lisier de porc conduisant à des teneurs très élevées en nitrate aussi bien dans les eaux du sol que dans l'eau de la rivière (entre 70 et 200 mg.L⁻¹) (**figure 2**); (ii) les nombreuses études pédologiques, hydrologiques et biogéochimiques dont il a fait l'objet par les équipes de l'INRA, du CNRS, du Cemagref et du BRGM font que nous disposons de modèles de fonctionnement – notamment hydrologiques – bien contraints intégrant la variabilité spatio-temporelle des différents forçages (climat, activités agricoles,...); enfin (iii) ce site, qui fait partie du réseau national d'ORE (Observatoire de Recherche en Environnement) mis en place conjointement en 2003 par le CNRS, l'INRA et le Cemagref, bénéficie d'un suivi continu des débits, hauteurs d'eau ainsi que de la chimie de la nappe et de la rivière (incluant le COD) permettant d'intégrer toutes données nouvelles dans le jeu complet des paramètres nécessaires aux modélisations spatialisées des transferts hydrologiques et hydrochimiques (**tableau 1**); en outre, il rassemble tout un ensemble d'équipements (piézomètres, pluviomètres, stations de jaugeage) permettant le prélèvement de l'eau de la rivière et des eaux du sol à différentes profondeurs (50cm à 40m) et en différents points du bassin (zones humides, versants cultivés).

Les données MO actuellement disponibles sur le BV de Kervidy-Naizin regroupent des données de concentration en carbone organique dissous (COD) à l'exutoire, dans les nappes et l'eau de pluie, ainsi que des concentrations en carbone organique (CO) des horizons de sol. A l'exutoire, les suivis ont débuté en septembre 1999 à raison d'un échantillon tous les jours, sauf lors de l'année hydrologique 2002-2003 où le pas de temps a été étendu à 1 échantillon tous les 3 jours. Concernant les eaux du sol, les suivis sont denses dans les zones humides bordant le réseau hydrographique: 1 échantillon par semaine entre 1999 et 2003; ils sont plus lâche sous les versant cultivés: 1 échantillon tous les trois/quatre mois. Comme le montre la Figure 1, le réseau de piézomètres installés sur le site de Kervidy-Naizin permet d'acquérir des images 3D de la distribution des MO dans les eaux du sol, permettant en retour de déterminer la réponse des concentrations en MO aux fluctuations de hauteurs d'eau. Concernant les eaux de pluie, nous disposons de suivis hebdomadaires entre 1999 et 2003. Enfin, des données de concentrations des MO du sol ont été acquises le long d'un transect amont aval, depuis la surface du sol surface jusque vers environ 1m – 1,5 m de profondeur.

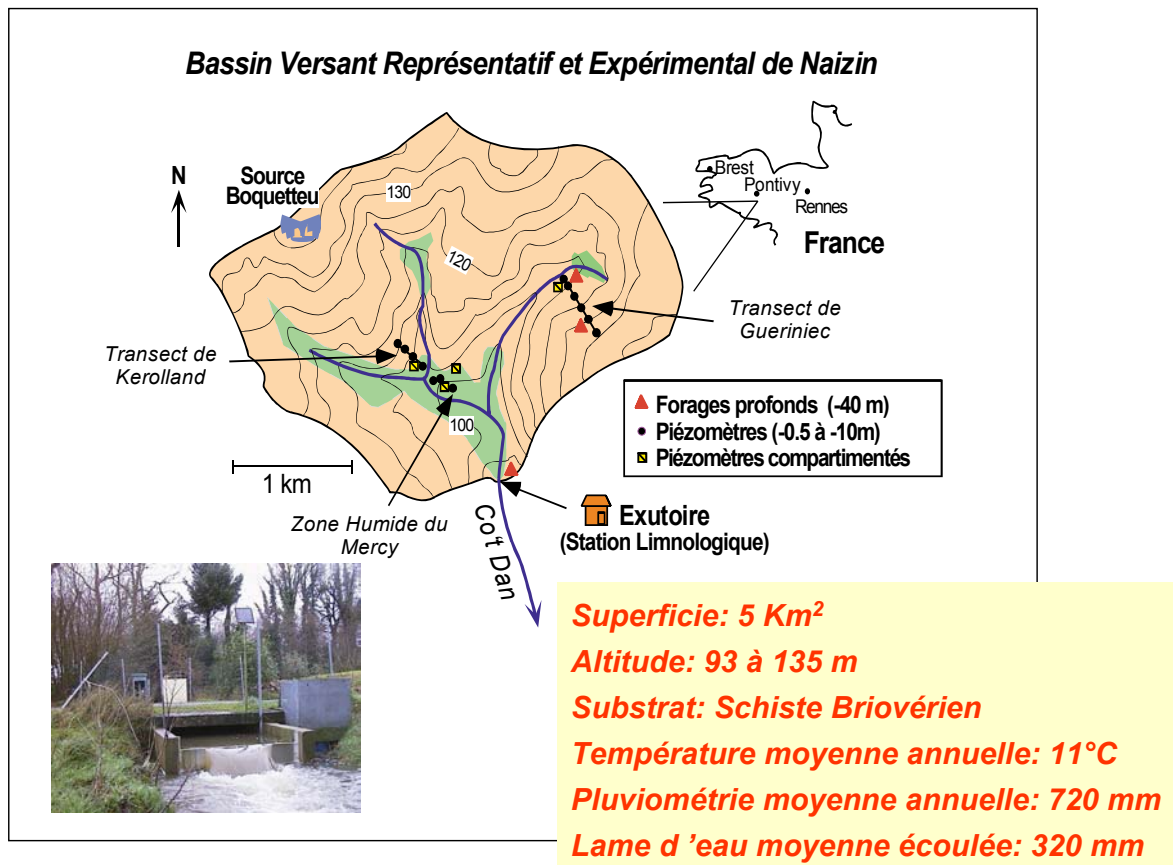


Figure 1. Carte topographique et localisation des principaux équipements hydrologiques au sein du BVRE de Kervidy-Naizin (56). Les zones en vert représentent les zones d'extension maximale des zones humides de fond de vallée.

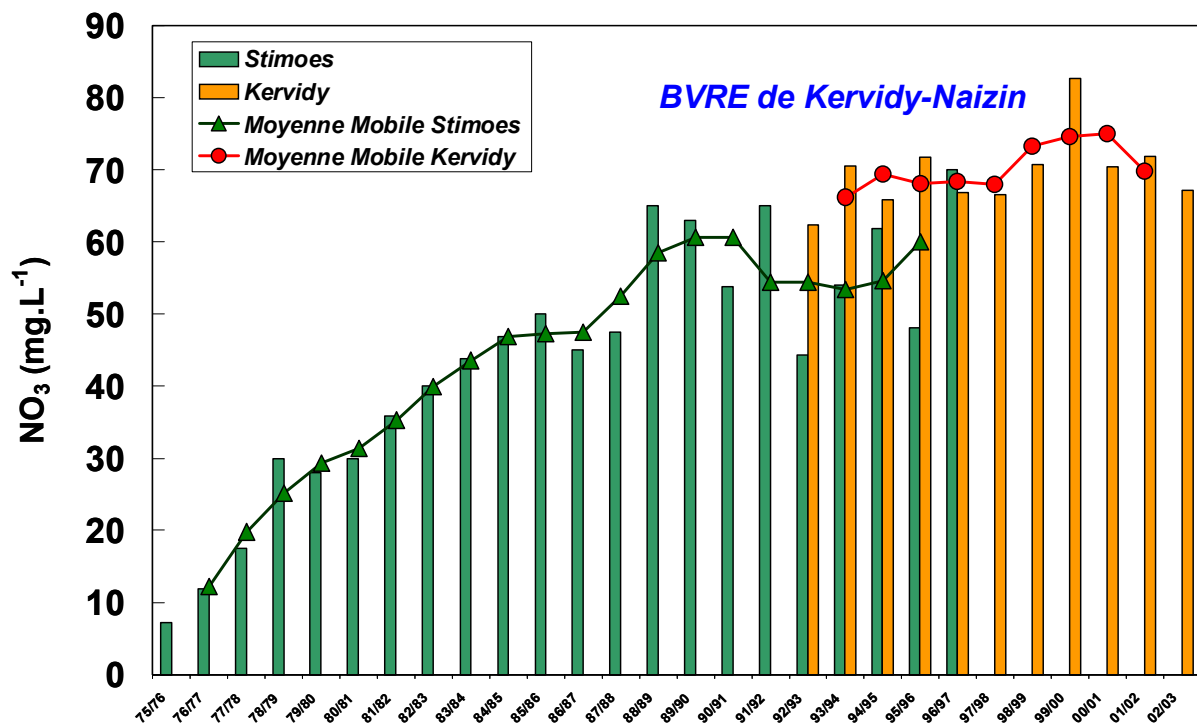


Figure 2. Figure montrant l'évolution depuis 1978 des concentrations en nitrate aux exutoires de Stimoes et de Kervidy du BVRE de Kervidy-Naizin.

Nom et localisation du dispositif	Bassin Versant de Kervidy-Naizin (Morbihan)
Organismes Gestionnaires	INRA-CNRS
Objectif initial	1) Observation sur le long terme de la qualité des eaux de rivière d'un bassin à agriculture très intensive 2) Etude et modélisation numérique: <ul style="list-style-type: none"> - du transfert de polluants agricoles (nitrate, pesticides) à l'échelle du BV, - de la distribution spatiale des sols, - du fonctionnement biogéochimique des zones humides de bas fond, - de la dynamique chimique et hydrologique des nappes peu profonde, - du rôle des éléments singuliers du paysage (haies, fossés, talus) sur les flux d'eau et de solutés, - du rôle des facteurs bioclimatiques sur les transferts de matière.
Ancienneté et pérennité	1991
Surface totale	5 km ²
Données Collectées	Dispositif d'observation long terme: station limnimétrique et météo – réseau piézométrique. Entre 1991 et 1996: Suivi des nitrates, des sulfates et des chlorures dans l'eau de la rivière (1 donnée tous les 15 jours). Depuis 1997: Suivi chimique multi-éléments (nitrates, sulfates, chlorures, métaux, cations majeurs, carbone organique dissous) de l'eau la nappe (12 piezomètres; 1 donnée tous les 15 jours entre 1997 et 1999; une donnée tous les 3 mois depuis 1999). Idem pour l'eau de la rivière à l'exutoire (1 point tous les 15 jours); suivi des hauteurs d'eau en continu dans la nappe depuis 1997. Depuis 1999: Suivi haute fréquence (1 donnée par jour) des concentrations en anions (nitrates, sulfates, chlorures), cations majeurs (Si, Ca, K, ...) et traces (Cu, Zn, U, Th, Pb, Cd, ...) et carbone organique dissous à l'exutoire; Suivi haute fréquence (1 donnée par semaine) des concentrations en anions (nitrates, sulfates, chlorures), cations majeurs (Si, Ca, K, ...) et traces (Cu, Zn, U, Th, Pb, Cd, ...) et carbone organique dissous dans l'eau du sol des zones humides; idem pour l'eau de pluie.
Partenaires	CEMAGREF, BRGM

Tableau 1: Tableau résumant les principales séries de données acquises sur le BVRE de Kervidy-Naizin.

Les échantillons d'eau sont tous filtrés préalablement au dosage du COD. Tous les résultats obtenus jusqu'à présent sur le BVRE de Kervidy-Naizin concernent donc uniquement le transfert des MO dissoutes. Le seuil de coupure utilisé est de 0.2 microns. Les filtres sont en acétate de cellulose. Les dosages sont effectués au Laboratoire de Géochimie de l'UMR CNRS 6118 *Géosciences Rennes* suivant le protocole décrit dans Petitjean et al. (2004). L'analyseur de carbone utilisé est un analyseur TOC Shimadzu™ 5050 A, fonctionnant sur le principe d'une oxydation thermique des matières organiques (850°C) et d'un dosage du CO₂ produit par spectroscopie infra-rouge. Tous les échantillons sont filtrés sur site, et conservés à l'abri de la lumière et à 4°C avant analyse. Dans la mesure du possible, les analyses sont réalisées dans un délai d'une semaine après prélèvement. Des tests de conservation d'échantillons réalisés au laboratoire montre que les concentrations en COD ne s'écarte pas plus de 5% de la valeur vraie, même après un mois de stockage au réfrigérateur (*Petitjean et al., 2004*). Par ailleurs, l'analyse répétée d'échantillons montre que l'incertitude sur la mesure du COD est meilleure que $\pm 2.5\%$. Les blancs de COD sont $<0.5\%$.

L'OBSERVATOIRE de RECHERCHE en ENVIRONNEMENT AGRHYS

Le Ministère de la Recherche, en lien avec les grands organismes (CNRS, INRA, Cemagref, ...) a mis sur pied un dispositif d'Observatoires de Recherche en Environnement (acronyme ORE) dédié à l'étude et à la prédiction de l'évolution des écosystèmes terrestres en réponse aux différents forçages naturels et anthropiques.

L'ORE Agrhys implanté en Bretagne fait parti des dispositifs qui ont été labellisés suite à un appel d'offres national paru en 2003. Cet ORE, dont la question de recherche porte sur la détermination des temps de réponse des agro-hydrosystème aux deux variables que sont le climat et les activités agricoles est piloté conjointement par les équipes de l'INRA et du CNRS rassemblées au sein du Centre Armoricaïn de Recherches en Environnement (CAREN). Les dispositifs de recherche sont des bassins versants agricoles (bassin versant de Kervidy-Naizin, 56; bassins versants de Kerbernez, 29), instrumentés à la fois pour le suivi de la quantité et de la qualité des eaux souterraines et de la quantité et de la qualité des eaux de drainage aux exutoires.

Problématique

On constate depuis quelques décennies – les premiers signaux d'alerte mesurés dans les eaux datant de l'année 1976, exceptionnellement sèche – un changement des caractéristiques chimiques et biochimiques des agro-hydrosystèmes, marqué en particulier par une augmentation régulière des teneurs moyennes annuelles en nitrates des eaux superficielles. Un cortège d'autres déséquilibres des hydrosystèmes est apparu depuis, avec des augmentations de teneurs d'autres molécules ou éléments (phosphore, métaux lourds, biocides), des pollutions organiques et microbiologique, une augmentation de l'eutrophisation continentale et littorale.

Une des questions fondamentales relatives à la compréhension des processus d'exportation chimique à l'échelle du bassin versant est liée à la détermination des sources des éléments. Les différents compartiments hydrologiques - sol, zone de battement de la nappe et zone saturée - possèdent des caractéristiques tant physiques que chimiques différentes. Les temps de résidence de l'eau sont également fortement variables d'un compartiment à l'autre. La contribution de ces différents compartiments aux écoulements sera donc un des facteurs qui va influencer les flux d'éléments à l'exutoire d'un bassin versant. Il est donc nécessaire d'associer sur un même bassin versant une bonne connaissance des entrées - y compris les intrants agronomiques -, du fonctionnement hydrologique et des variations chimiques associées.

Le suivi sur une série de cycles hydrologiques incluant l'effet de la variabilité hydroclimatique, et une quantification des paramètres clés des sources et des temps de transfert sont un premier pas pour mieux contraindre la relation entre les processus de stockage et de transfert des solutés (nitrates, pesticides, matières organiques,...) et le contexte hydro-climatique et agronomique. Franchir ce pas est l'objectif central de l'ORE Agrhys.

Grandeurs mesurées

Les variables physiques

Il s'agit des variables météorologiques (pluie, ETP), hydrologiques (débits à l'exutoire) pour le calcul des flux, hydrogéologiques (niveau de nappe) et humidité du sol pour le calcul des stocks des différents compartiments.

Les variables chimiques

Il s'agit des variables permettant de faire les bilans, ou utilisées comme traceurs : anions, cations, COD, silice dans les différents compartiments (rivière, pluie, nappe et zone non saturée).

Il s'agit également de traceurs spécifiques soit anthropiques diffus, soit introduits pour l'expérimentation : strontium, deuterium, oxygène 18, tritium.

Les variables agronomiques

Il s'agit des grandeurs caractérisant l'occupation des sols, les intrants et les exportations. Ces grandeurs sont spatialisées et obtenues par enquête et mesures.

Responsable Scientifique: Philippe Merot

Courriel: pmerot@roazhon.inra.fr

Tel: 02 23 48 54 36

Fax : 02 23 48 54 30

2. Le réseau de bassins versants d'échelle régionale

Le réseau régional (**figure 3**) comprend les bassins versants de l'Elorn (29), du Yar (22), du Min Ran (22), du Léguer (22), de Kervidy-Naizin (56), du Scorff (56), et du Haut Couesnon (35). De tous les bassins versants bretons suivis pour la qualité de l'eau, ces six BV sont les seuls pour lesquels des données hautes fréquences des teneurs en MO des eaux à leur exutoires existent (1 donnée tous les uns à trois jours).

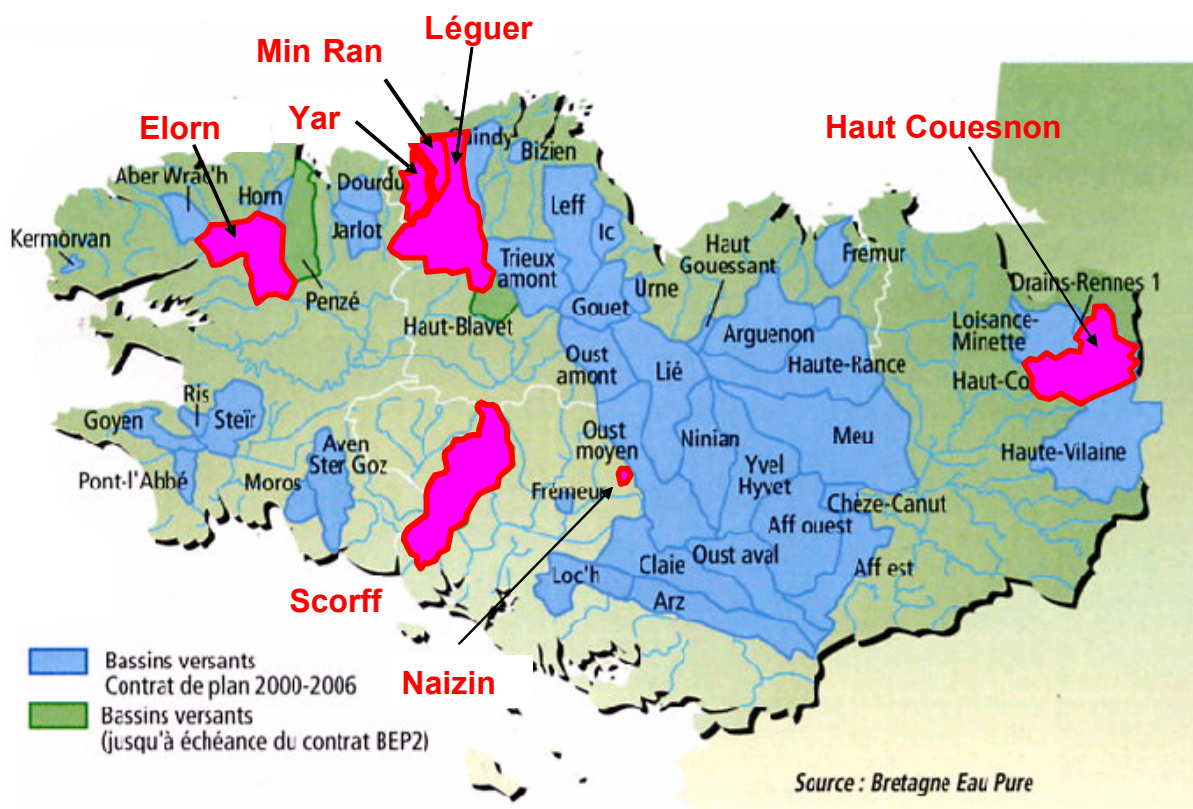


Figure 3. Carte montrant la disposition géographique des bassins versants rassemblés au sein du dispositif régional de suivis des MO.

Les données MO actuellement disponibles sur ces BV portent sur des concentrations d'oxydabilité au KMnO_4 sur eau brute (autocontrôles effectués par les exploitants des usines de traitement), sauf dans le cas du BV de Kervidy-Naizin où les données concernent des mesures de COD sur eau filtrée. Trois bassins (BV de l'Elorn, du Min Ran et du Léguer) bénéficie de façon ponctuelle d'un double suivi (COD et oxydabilité) permettant de comparer ces deux grandeurs entre elles, et de transformer les données d'oxydabilité en données de COD et réciproquement (voir plus loin). D'un point de vue temporel, les séries sont assez hétérogènes (**figure 4**), la plus étendue dans le temps remontant à 1979 (BV du Léguer) et la moins étendue à 1999 (BV de Kervidy-Naizin). Dans 5 des 6 bassins, il

existe, au point de prélèvement ou à proximité, des mesures des débits de l'eau, permettant le calcul de flux et MO et de concentrations moyennes annuelles en MO pondérées des débits.

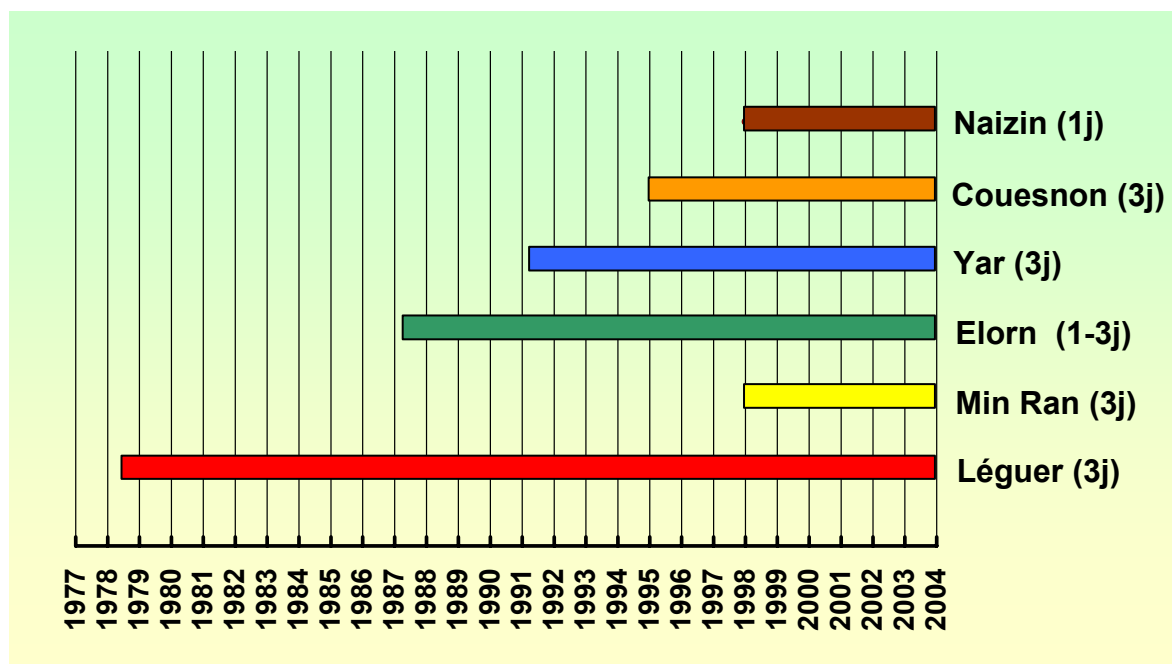


Figure 4. Figure illustrant la longueur des séries temporelles existantes à l'échelle de la Bretagne. Les données portent toutes sur des teneurs d'oxydabilité, sauf pour le BV de Kervidy-Naizin pour les grandeurs mesurées sont les teneurs en COD. Le bassin versant du Scorff, utilisé dans l'étude sous bassin (voir ci-dessous) ne dispose pas de séries "matière organique" long terme, haute fréquence.

3. Le réseau de sous-bassins versants

Ce dernier réseau comporte une quarantaine de sous BV d'une superficie <5000 ha (**tableau 2**). Il a été mis en place en 2005 pour répondre spécifiquement à la question du rôle des pratiques agricoles sur la pollution des rivières bretonnes. Sont acquises à l'exutoire de ces sous BV les concentrations en COD, anions ainsi que des mesures de l'absorbance UV. Sont parallèlement acquises les données d'occupation du sol à l'échelle des zones contributives. Sont également compilées les pressions polluantes organiques.

Nom Bassin	Nom Sous Bassin Rivière	N° Point	Superficie (Hectare)
Min Ran	Kervulu	LE 05319	926
Léguer	St Emilion Amont	EO6	1429
Léguer	St Sebastien	LE 01320	4422
Léguer	Fruguel	LE 06004	1270
Léguer	Froot	LE 08014	2798
Léguer	St Ethurien	LE 03011	2771
Yar	Yar	YA 01011	13616
Yar	Yar	YA 04008	2468
Yar	Yar	YA 06107	211
Yar	Yar	YA 06016	1606
Yar	Yar	YA 06004	1053
Yar	Yar	YA 02004	2468
Elorn	Quillivaron amont	12	2200
Elorn	Quillivaron aval	13	3787
Elorn	Penguilly	16	1797
Elorn	Reau de Loc-Eguiner	17	1245
Elorn	Justiciou	23	1400
Elorn	Forestic	24	697
Naizin	Kervidy	-	500
Haut-Couesnon	le Couesnon	7	1752
Haut-Couesnon	le Général	10	4704
Haut-Couesnon	le Général	11	2575
Haut-Couesnon	le Moulin de Charrière	12	1113
Haut-Couesnon	le Vaugarny	15	745
Haut-Couesnon	le Nançon	19	1427
Scorff	Ruisseau Penlan	3	877
Scorff	Ruisseau Kernec	4	717
Scorff	Ruisseau Kerlégan	5	1011
Scorff	Trioulin	9	1991
Scorff	Ruisseau Kerduel	13	848
Scorff	Chapelain	14	3010
Scorff	Colin	14c	232
Scorff	Moulin de Quélen	18	514
Scorff	Ruisseau Moulin Pont-Houarn	20	1000
Scorff	Ruisseau Saint- Vincent	21	1212
Scorff	Ruisseau de Manerbec	22	463
Scorff	Ruisseau de Pont-Er-Len	23	1245
Scorff	Ruisseau de Pont-Er-Bellec	24	1125
Scorff	Ruisseau du Moulin Restraudan	28 b	418

Tableau 2: Liste des sous BV bretons faisant l'objet d'un suivi MO en 2005.