

Comportement de Bassins Versants Ruraux Emboîtés et Zones Tampons Potentielles :

Aspects hydrologiques et devenir des polluants d'origine agricole

Vazken Andréassian, Patrick Ansart et Nicolas Bleuse (UR Qualité et fonctionnement hydrologique des milieux aquatiques, Cemagref, Antony)

Cyril Kao, Cédric Chaumont et Marie-Pierre Arlot (UR Ouvrages pour le drainage et l'étanchéité, Cemagref, Antony)

1. Contexte général de l'action de recherche

Le travail mené dans le cadre du thème 2 du PIREN Seine par le Cemagref (unités de recherche QHAN et DEAN à Antony) s'inscrit dans la volonté affichée du programme de « remonter vers l'amont » du BV de la Seine, en particulier vers les bassins versants d'ordre 1 à 3. Cette volonté répond à une préoccupation qui est non seulement d'ordre scientifique, mais aussi d'ordre pratique. En effet, si l'on s'intéresse à la pollution diffuse d'origine agricole et à de possibles mesures correctives visant à améliorer la qualité des eaux, il est difficile - peut être même impossible - d'agir très à l'aval. Cela justifie une approche orientée vers la compréhension des facteurs qui contrôlent le fonctionnement des petits bassins versants ruraux d'amont.

La qualité des eaux se construit dès l'amont des bassins versants, à l'échelle des parcelles d'une exploitation agricole qui est l'unité logique d'intervention de l'agriculteur. C'est à cette échelle (quelques dizaines d'hectares) que se raisonnent les pratiques culturales, que s'organisent les rotations et que, finalement, se produit l'excédent de matières actives qui peut alors être transféré vers les eaux de surface et souterraines. Dans le cas de l'azote par exemple, on peut considérer en première approche que c'est le reliquat lessivable qui est le maillon initial de la « chaîne de pollution ». Ce reliquat dépend des successions culturales, de la technicité de l'agriculteur (de sa maîtrise de la fertilisation) et des caractéristiques pédologiques et hydriques des parcelles. Une fois lessivé, l'azote rejoint à plus ou moins brève échéance un système de nappe. Deux cas de figures peuvent alors se présenter :

- dans le cas de nappes profondes, le transfert peut être relativement long, et la pollution sensible en terme de qualité des eaux souterraines. Dans ce contexte, la pollution peut aussi se manifester dans les eaux de surface (réseau hydrographique) mais avec un temps de latence long (supérieur à l'année), dépendant de la dynamique hydrogéologique des nappes.
- dans le cas de nappes superficielles (présentes dans les premiers mètres du sol), on peut rencontrer deux types de situations : (i) soit la nappe n'est pas drainée artificiellement, et le lessivage des nitrates est assez limité ; (ii) soit la nappe est drainée, et les transferts sont alors rapides, concentrés (au sens hydraulique du terme, c'est à dire qu'ils sont captés par les drains et transférés) et connectés à un émissaire. Dans cette dernière situation, la qualité de l'eau (dans la

nappe et dans l'émissaire) varie fortement à l'échelle de la saison, et même à l'échelle de l'évènement pluvieux.

Dans le bassin de la Seine, une part importante des bassins amonts se situent en position de plateau et peuvent présenter un caractère hydromorphe marqué, avec présence de nappes superficielles en hiver (ceci devra être quantifié avec les résultats de la typologie en cours). Sur ces bassins, l'intensification de l'agriculture a conduit les agriculteurs à optimiser leurs outils de production et, en particulier, à drainer de grandes superficies. Les opérations de drainage agricole, raisonnées à l'échelle de la parcelle, s'accompagnent traditionnellement de travaux d'assainissement agricole qui visent à augmenter la capacité de transfert du réseau hydrographique, ce qui se concrétise le plus souvent par un recalibrage des ruisseaux. Cette transformation des bassins amonts par l'intensification des pratiques agricoles et la modification du réseau hydrographique a eu comme conséquence une dégradation de la qualité des eaux de surface et souterraines. Les aménageurs, les gestionnaires et les usagers de ces bassins veulent à présent savoir où et comment agir, à l'échelle de ces bassins versants, pour améliorer la qualité des eaux.

Dans le contexte des bassins versants hydromorphes à circulation relativement superficielle et fortement drainés, on se retrouve finalement dans la situation où un excédent de fertilisation à l'échelle de la parcelle est rapidement sanctionné par une modification sensible de la qualité des eaux : la connectivité des parcelles au réseau hydrographique (par l'ensemble drains et collecteurs de drainage) « court-circuite » les voies d'écoulement traditionnel dans les versants. Le fonctionnement du réseau hydrographique est, lui aussi, profondément influencé par les opérations d'assainissement agricole : la géométrie du réseau est modifiée dans le but d'évacuer les débits vers l'aval, ce qui a pour conséquence d'augmenter la vitesse de transfert de l'eau. D'un autre côté, le recalibrage du réseau hydrographique améliore ses capacités de stockage interne, ce qui pourrait avoir des conséquences positives sur le régime des crues.

Ainsi, à l'échelle du bassin versant d'ordre 3 (quelques dizaines de km²), l'organisation du réseau hydrographique, en relation avec l'occupation du sol, est un élément clé pour comprendre la genèse des pollutions d'origine agricole. En particulier, on peut s'interroger sur le rôle des interfaces riveraines et des zones forestières traversées par le réseau. Ont-elles encore un rôle dans l'abattement des pollutions et, si oui, à quelle échelle et selon quels mécanismes ? Ont-elles un effet sensible en provoquant, par exemple, une certaine dilution (en tant qu'espace non-aménagé et non cultivé) qui permettrait de « compenser » les apports des zones sources ?

L'analyse de cette organisation de bassin versant doit ainsi permettre d'apporter des éléments de connaissance sur le fonctionnement de bassins amonts *a priori* fortement contributifs à l'élaboration de la qualité des eaux du système Seine, et d'investiguer des modes de gestion compensatoire, fondés sur l'utilisation de zones tampons placées le long du réseau hydrographique, et dont le fonctionnement pourrait être régulé par l'implantation d'ouvrages en travers.

2. Présentation d'un « bassin versant - atelier » : l'Orgeval.

Le bassin versant de recherche de l'Orgeval est représentatif des bassins ruraux ayant subi de très profondes modifications liées à l'activité agricole. Ce bassin hydromorphe et densément aménagé a aussi l'avantage d'être suivi en continu depuis 1962.

Le réseau hydrométéorologique de suivi est présenté en Figure 1.

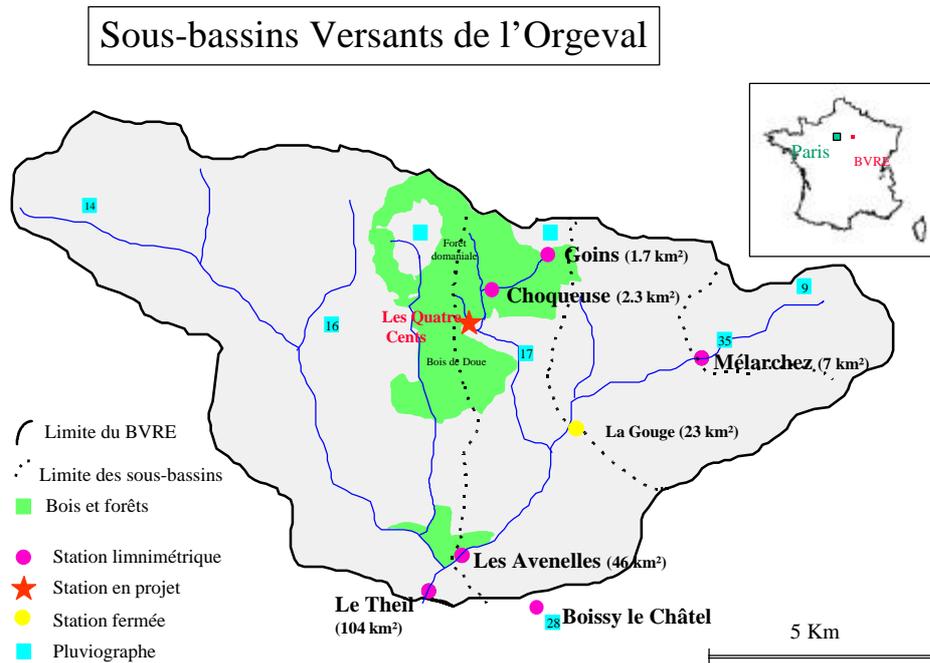


Figure 1. Bassin versant de recherche de l'Orgeval : réseau de suivi hydrométéorologique

Situé en région Parisienne sur le plateau de Brie, drainé par la rivière Orgeval, un affluent direct du Grand Morin, le bassin versant de recherche comprenait à l'origine quatre stations hydrométriques contrôlant quatre bassins emboîtés (entre 7 et 100 km²), des pluviographes et une station météorologique. Au fil des ans, le système de suivi s'est diversifié et a évolué afin de répondre aux enjeux de suivi de la qualité de l'eau et de compréhension des mécanismes de transfert d'eau et de polluants. Aux trois stations limnimétriques (l'une des quatre évoquées plus haut ayant été fermée), ont été notamment ajoutés des équipements permettant de mesurer la qualité des eaux (à la station de Mélarchez) et l'état hydrique du sol (à Boissy-le-Châtel). En 1998, deux nouvelles stations de jaugeage ont été installées en appui aux travaux menés dans le cadre du PIREN Seine. L'installation d'une troisième est prévue.

Nous présentons dans ce qui suit les objectifs des recherches supportées par ces nouvelles implantations, les nouveaux bassins versants et le détail des dispositifs installés. Enfin nous présenterons les premières observations.

2.1. Le programme de recherche

Le programme en cours poursuit plusieurs objectifs :

- Comprendre le fonctionnement hydrologique des bassins élémentaires, et replacer ce fonctionnement par rapport aux autres bassins d'échelle croissante (7 à 104 km²).
- Réaliser un bilan en eau et en polluants avant et après le passage dans zone tampon potentielle, pour évaluer si cette zone joue le rôle d'atténuation attendu.

- Comprendre les interactions entre le réseau et les versants de la zone tampon, par une analyse fine du fonctionnement de la nappe liée au ruisseau.
- Enfin, l'objectif est d'intégrer l'ensemble des connaissances acquises pour effectuer une analyse comparative des fonctionnements des bassins élémentaires avec les bassins de Mélarchez (7 km²), des Avenelles (46 km²) et de l'Orgeval (104 km²).

2.2. Dispositif expérimental

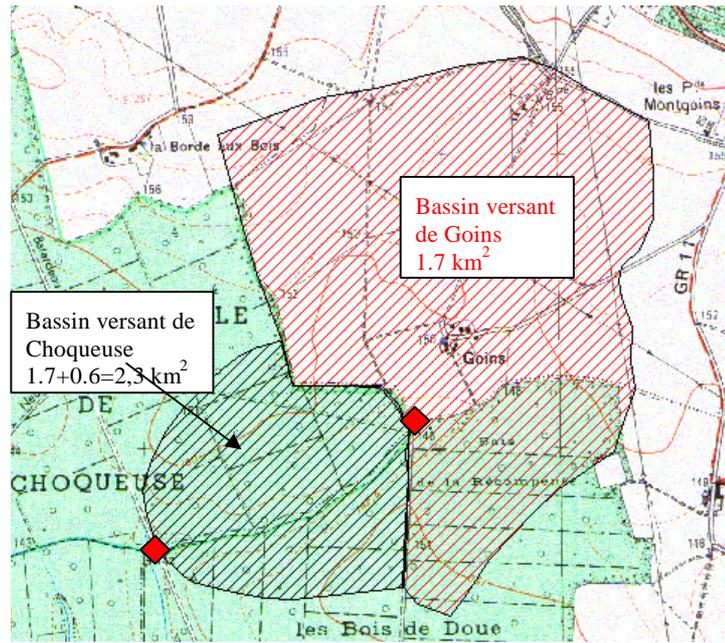


Figure 2. Carte des deux nouveaux bassins versants suivis (Goins : 1.7 km² et Choqueuse : 2.3 km²)

Le dispositif complémentaire installé dans le cadre du PIREN Seine comprend trois stations, chacune étant dotée d'un limnigraphe et d'un préleveur d'échantillons d'eau, fonctionnant en continu.

- Une première station, la station de **Goins**, se trouve à l'exutoire d'un bassin versant essentiellement agricole. Située à l'orée de la forêt, elle permet de mesurer le débit et de prélever des échantillons avant que la forêt n'exerce son influence.
- Une deuxième station, la station de **Choqueuse**, est installée un kilomètre plus loin, sur le même ruisseau, à l'intérieur de la forêt. Le bassin versant correspondant à la station précédente est donc imbriqué dans celui-ci, et le complément est entièrement forestier. La comparaison des données obtenues aux deux stations permet d'avoir un bilan entrées/sorties.
- Une troisième station, située sur un autre ruisseau drainant un bassin exclusivement forestier, devait constituer une station témoin. Cette dernière n'a pour l'heure pas pu être installée pour des raisons d'ordre administratif.

Ce dispositif, présenté en Fig.1 et 2, comprend en outre deux nouveaux pluviomètres en cours d'installation.

2.3. Protocole de suivi expérimental

- Les deux stations sont équipées d'un seuil avec déversoir en V à angle de 90°, fixé par un ancrage profond en béton.
- Dans chaque station, un limnigraphe est relié à un flotteur prenant place dans un puits de tranquillisation. Un enregistrement des hauteurs d'eau est fait toutes les 15 minutes.
- Chaque station est équipée d'une passerelle pour pouvoir effectuer des jaugeages manuels (permettant l'ajustement des courbes de tarage)
- Chaque station est équipée d'un préleveur automatique d'échantillons d'eau, équipé de 24 flacons. Le préleveur est programmé de manière à effectuer un prélèvement quotidien en toutes circonstances, ainsi qu'un prélèvement au volume passé. Cette dernière caractéristique permet d'avoir un bon suivi des crues, tout en ne s'embarrassant pas de mesures nombreuses et inutiles en période d'étiage.



Figure 3. Station de jaugeage de Choqueuse à la sortie du tronçon forestier

Pour déterminer le seuil de déclenchement d'un prélèvement d'eau (c'est à dire le volume écoulé donnant lieu à un prélèvement d'échantillon), il aurait fallu connaître le volume total d'une crue moyenne, et l'échantillonner de manière à ne pas dépasser la quantité de flacons disponibles. Le volume des crues aux stations de Goins et de Choqueuse étant pour l'instant inconnu, un ordre de grandeur a été évalué par analogie avec le bassin de Mélarchez. Ce bassin est bien connu puisqu'il est suivi depuis 35 ans. Son fonctionnement hydrologique ne doit pas être fondamentalement différent de celui de Goins, puisque le type d'occupation du sol comme la proportion de parcelles drainées sont comparables dans les deux bassins.

En se fondant sur plusieurs crues représentatives de la station de Mélarchez, on a pu construire des hydrogrammes synthétiques pour la station de Goins, qui ont servi au calcul. Le volume de prélèvement a ainsi été évalué à 1500 m^3 . Dans ce cas, une crue « type » comme celle du 4 Avril 1994 (Fig. 4), d'une durée de quatre jours, serait échantillonnée en 11 flacons.

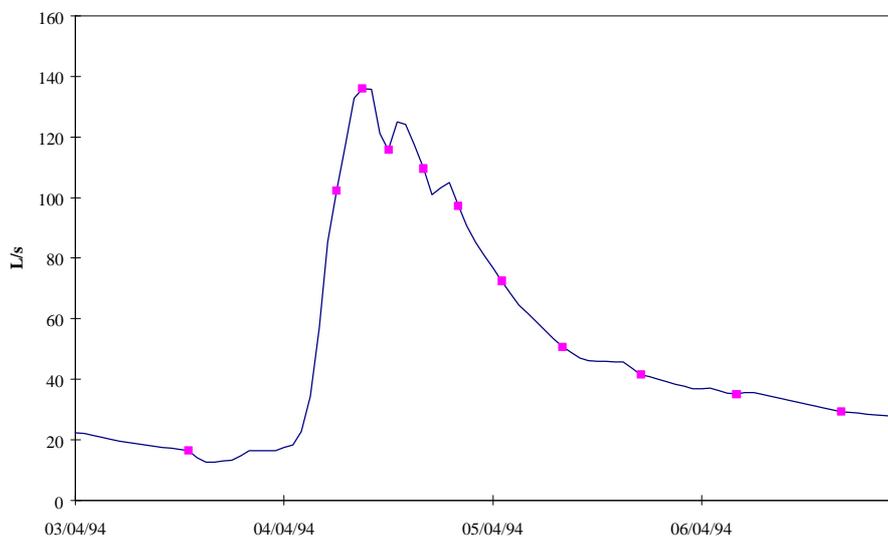


Figure 4. Exemple d'échantillonnage d'une crue sur le bassin versant de Goins ($1,7 \text{ km}^2$) avec une commande du préleveur proportionnelle au débit passé (un prélèvement pour 1500 m^3 écoulés)

3. Premières observations

Une quinzaine de jaugeages manuels pour étalonner les courbes de tarage ont été effectués, et une courbe a été établie pour les deux stations. Elle est fiable jusqu'à des valeurs de 50 l/s (valeur de débit maximale pour laquelle on dispose de jaugeages), et seulement extrapolée au-delà.

On présente ci-dessous un exemple d'hydrogramme aux deux stations emboîtées de Goins et de Choqueuse. Les échantillons correspondant à cet événement sont en cours d'analyse.

Lames d'eau écoulées à Goins et à Choqueuse

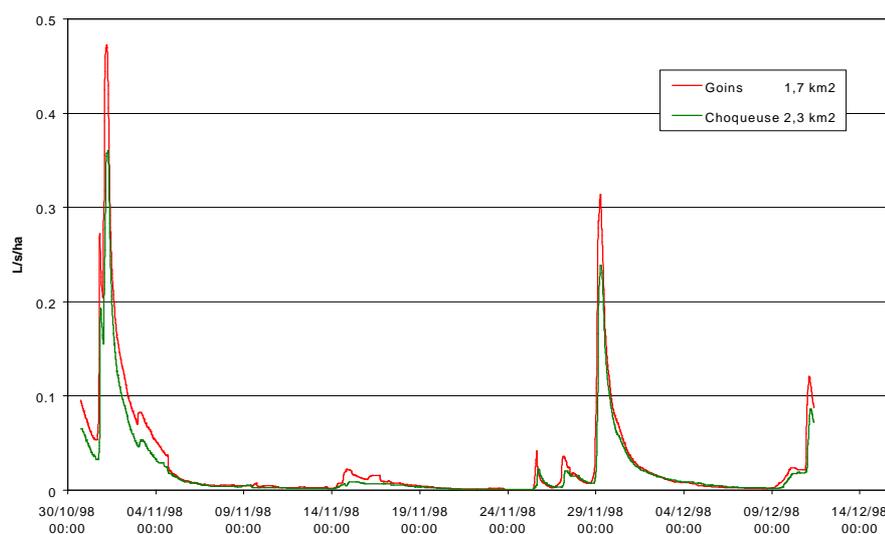


Figure 5. Hydrogrammes des débits mesurés au deux stations de Goins (entrée zone forestière) et de Choqueuse (sortie zone forestière)

4. Bilan du début de programme, perspectives pour l'année 1999

La préparation puis la mise en place du dispositif à l'automne 1998 a nécessité un effort important en terme de travail de terrain. Le dispositif hydrométrique est fonctionnel depuis le début du mois de Novembre. Les tests préliminaires menés sur les préleveurs automatiques d'échantillons (dont le fonctionnement est géré en mode proportionnel au débit, de manière à pouvoir estimer des flux de façon précise, notamment en période de crue) ont abouti à un fonctionnement satisfaisant à partir du mois de Décembre.

Sur les échantillons prélevés, sont analysés les paramètres suivants : NO_3^- , NO_2^{2-} , NH_4^+ , Cl^- , PO_4^{2-} . Les MES ont été suivi jusqu'au mois de décembre, mais l'analyse ne sera pas poursuivie en raison du manque de volume d'eau disponible (les échantillons devant être partagées avec l'équipe étudiant les pesticides). La Fig. 6 présente les premiers résultats d'analyse des nitrates :

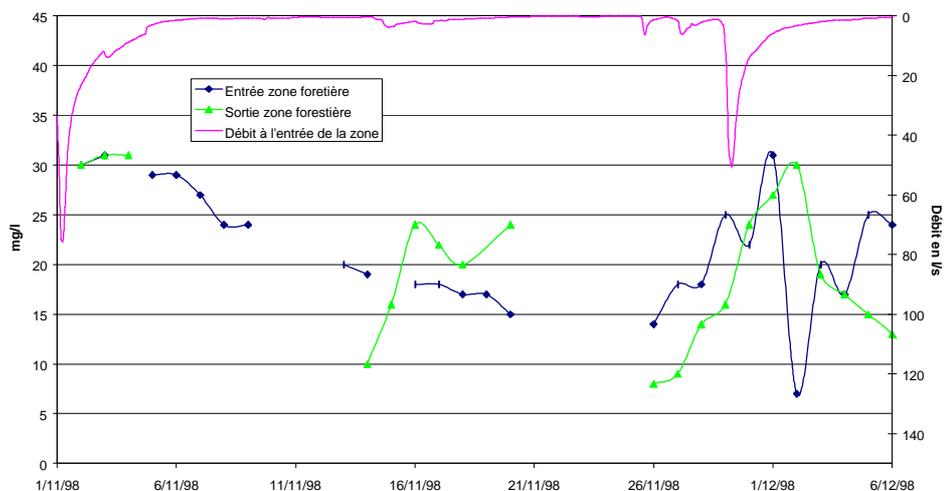


Figure 6. Concentration en nitrates à l'entrée et à la sortie de la zone forestière : premières analyses

En termes de perspectives pour l'année 1999, il est prévu :

- d'achever l'équipement du dispositif expérimental par la mise en place de la station dite des « Quatre Cent », permettant de contrôler un petit bassin versant exclusivement forestier afin d'avoir une référence en termes de quantité et de qualité. Le dispositif sera également complété par une ligne piézométrique perpendiculaire au ruisseau, située dans la forêt entre les stations amont et aval, afin d'étudier le comportement de la nappe au cours des événements de crue.
- l'interprétation des données aura pour objectifs :
 - ◆ de comprendre le comportement hydrologique (en termes de relation pluie-débit) de chacun des bassins
 - ◆ d'évaluer les flux d'eau et de polluants issus de chacun des bassins versants
 - ◆ de comprendre le fonctionnement de la nappe et de quantifier les échanges berges-rivière
 - ◆ de proposer un schéma provisoire du fonctionnement des bassins versants

enfin, on jettera les bases méthodologiques qui nous permettront, dans la suite du programme, de croiser les connaissances déjà acquises sur les différents bassins versants emboîtés de l'Orgeval et les données des bassins élémentaires (ordre 1) pour proposer une représentation de l'ensemble du système et rechercher une validation.

Sommaire  général

**Introduction du thème :
Zones humides riveraines**

**Bases Methodologiques pour une Typologie
des Zones Humides Riveraines
à l'échelle du Bassin de la Seine.**

**Comportement de Bassins Versants Ruraux Emboîtés
et Zones Tampons Potentielles**

**Etude du comportement des produits phytosanitaires
à l'échelle d'un petit bassin versant**

**La reconstitution de l'histoire des zones humides
dans le bassin de la Seine**

**Réhabilitation piscicole d'un bras mort de la Seine:
le méandre de la Grande-Bosse (Bray/Seine, 77)**