

## Etude de la contamination de l'Orge par les pesticides : mise en évidence de l'influence urbaine et des rejets de temps de pluie

Fabrizio Botta<sup>1\*</sup>, Elodie Moreau-Guigon<sup>1</sup>, Gwenaëlle Lavison<sup>2</sup>, Elodie Reynis<sup>2</sup>, Nils Fauchon<sup>3</sup>, Bénédicte Guery<sup>4</sup>, Helene Blanchoud<sup>1</sup> et Marc Chevreuil<sup>1</sup>

<sup>1</sup>EPHE – UMR Sisyphe, UPMC, 4 place Jussieu, BC 105, 75252 Paris, France

<sup>2</sup>CRECEP, 144 av Paul-Vaillant Couturier, 75014 Paris, France

<sup>3</sup>VEOLIA EAU, Quartier Valmy, 32 Place Ronde, 92982 Paris-la-Défense, France

<sup>4</sup>SEDIF, 14 rue Saint-Benoît, 75006 Paris, France

Contact : \*[botta@ccr.jussieu.fr](mailto:botta@ccr.jussieu.fr)

### 1. Introduction

La contamination des eaux de surface et souterraines par les pesticides est un enjeu majeur et les agences de l'eau étudient actuellement les possibilités de réduction de cette contamination dans le cadre de la directive européenne. Les pesticides sont principalement utilisés en milieu agricole mais dans les dernières années plusieurs études ont montré que l'impact des applications urbaines (Kolpin et *al.*, 2006, Blanchoud et *al.*, 2004), considéré faible à l'échelle régionale, n'est pas négligeable au niveau local. Certaines matières actives sont utilisées en milieu urbain pour l'entretien des voiries, des espaces verts publics, des jardins des particuliers. Le niveau de formation et d'information sur les risques associés aux pesticides est souvent insuffisant et il est possible que la plupart des utilisateurs urbains surdosent les épandages de pesticides. La plus forte présence de surfaces imperméables en milieu urbain, ainsi que l'importance de rejets directs dans les cours d'eau sans infiltration dans le sol (voirie, massifs floraux, jardins de particuliers et terrains de football drainés) accroît le risque de ruissellement des pesticides. Une étude menée sur le bassin versant de la Marne a évalué (à partir d'enquêtes et de modélisation des taux de ruissellement) que 30 à 40% des pesticides qui migrent vers la Marne seraient d'origine non agricole, alors que cette étude a été réalisée dans une zone d'agriculture intensive (Blanchoud H., 2001).

Certaines molécules, comme le glyphosate, sont appliquées soit en milieu urbain soit en milieu agricole, donc il est plus difficile d'arriver à bien distinguer la zone d'apport. Le glyphosate est la matière active la plus utilisée dans le monde (Baylis, 2000; Woodburn, 2000). Suite à l'application du glyphosate, on retrouve souvent son principal produit de dégradation, l'acide aminométhyl phosphorique (AMPA) qui a des concentrations même plus importantes que sa molécule mère (Rueppel et *al.*, 1977; Forlani et *al.*, 1999). L'AMPA peut aussi avoir d'autres origines car elle est aussi un produit de dégradation de l'acide phosphorique dans les détergents. Leur polarité élevée et leur solubilité dans les eaux entraînent beaucoup de problèmes concernant l'analyse (Rubio et *al.*, 2003; Skark et *al.*, 1998). Des études récentes ont montré la présence de glyphosate et de son produit de dégradation l'AMPA à des concentrations de l'ordre du mg.kg<sup>-1</sup> et du diuron à des concentrations en µg.kg<sup>-1</sup> dans les boues de stations d'épuration (Ghanem et *al.*, 2007).

Dans le cadre du programme PIREN-Seine, le bassin versant de l'Orge a été choisi comme site expérimental pour comprendre la dynamique des micropolluants dans le cours d'eau. La compréhension des processus de transfert de pesticides d'origine urbaine est également un des objectifs majeurs. Le choix de ce site s'appuie sur le programme Phyt'Eaux Cités qui vise à inciter les communes à réduire les utilisations de pesticides (Guery B., Simoens C, Hamelet D., 2007). Ce programme comprend un suivi régulier de la contamination dont les principaux résultats sont présentés dans ce rapport. Afin de compléter ces études, nous avons réalisé des campagnes complémentaires de mesures de la contamination de l'Orge afin d'évaluer plus précisément la localisation des sources de contamination et de valider le choix des sites expérimentaux qui seront équipés début 2008.

## 2. Bassin versant de l'Orge

L'Orge est un affluent de la rive gauche de la Seine d'une longueur de 50,1 km, dont le cours traverse les départements des Yvelines et de l'Essonne. Elle prend sa source à Saint-Martin-de-Béthencourt et se jette dans la Seine à Athis-Mons (Moncaut P., 2006). Le bassin versant (surface 951,9 km<sup>2</sup>) peut être divisé en trois parties selon l'utilisation des sols : une zone aval fortement urbanisée (370 000 habitants) ; une zone centrale agricole (grandes cultures) et la forêt en tête du bassin versant. Une étude de la DIREN sur les 3 dernières années nous montre que l'Orge est un des cours d'eaux le plus touché par la pollution des pesticides en l'Ile de France. Les pesticides sont essentiellement liés à une pollution diffuse. En particulier dans ce bassin versant, on peut observer une nette distinction : dans la partie amont on a essentiellement une utilisation d'herbicides pour le contrôle des adventices dans les cultures en milieu agricole, tandis que dans la partie aval leur utilisation correspond à l'entretien des voies de circulations et d'espaces verts (communes, SNCF, golfs, etc..). Dans le milieu urbain, les surfaces traitées peuvent être différentes : routes, chemins de fer, trottoirs, avec un transfert vers les rivières principalement par ruissellement. En France, les molécules les plus utilisées en milieu urbain sont le diuron, l'aminotriazole et le glyphosate (Blanchoud et *al.*, 2007). Si l'usage agricole de pesticides représente 71 à 91 % des apports dans les rivières en région Ile-de-France, il s'avère que l'usage urbain, pour le désherbage des jardins, des espaces verts ou des voiries, peut fortement contribuer à la pollution des rivières par ces produits : 9 à 29 % de la contamination (Boulet, 2005). Selon le rapport DIREN paru en décembre 2006, la qualité des eaux superficielles de l'Orge est considérée comme médiocre à moyenne, avec des points de mauvaise qualité en particulier, en milieu urbain, où le ruissellement est très important pour la présence des surfaces imperméables. Le diuron (utilisé pour entretenir la voirie) est la substance la plus détectée dans l'Orge, mais on observe aussi la présence en grande quantité du glyphosate et de l'AMPA. On constate la présence des molécules comme l'atrazine (et son produit de dégradation), qui subsistent dans le milieu à faibles concentrations même après leur interdiction.

Afin de pouvoir comprendre l'origine de certaines molécules, une carte d'utilisation des sols a été extraite de Corine Land Cover sur l'ensemble du bassin versant de l'Orge (Figure 1).

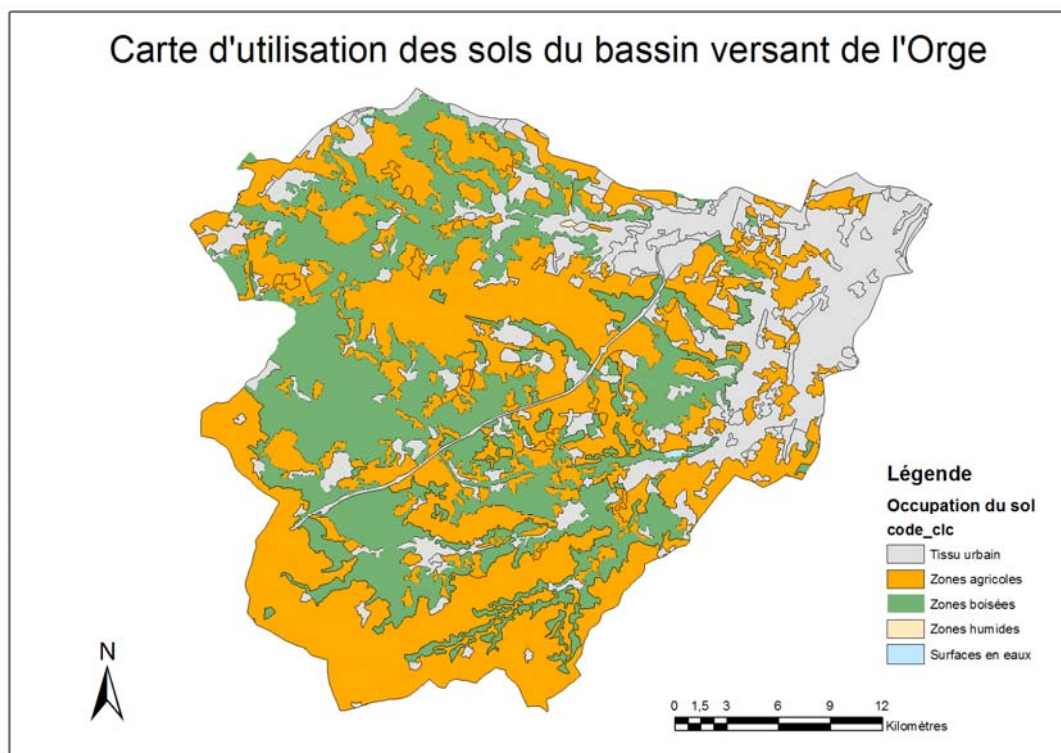
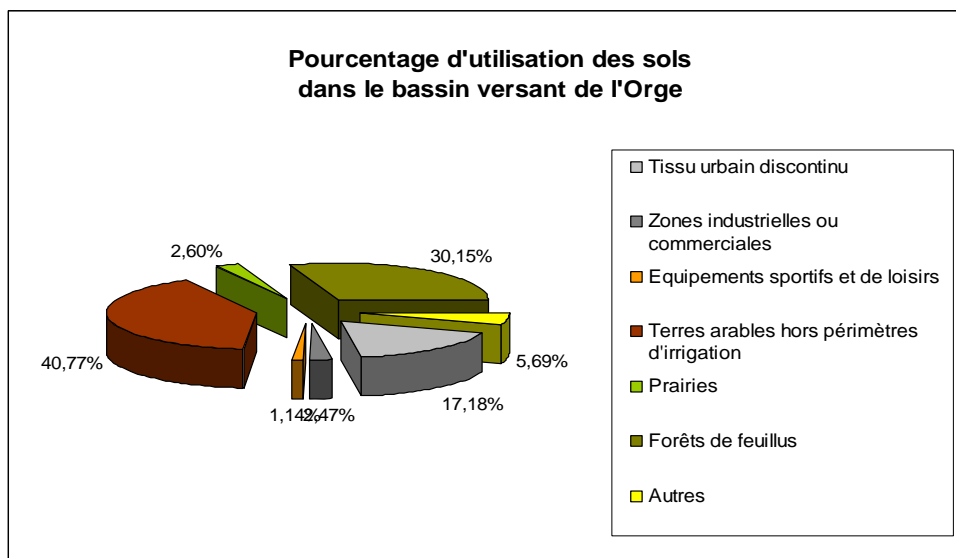


Figure 1 : Carte d'utilisation des sols



*Figure 2 : utilisations des sols*

Une partie importante du bassin versant de l'Orge, une partie important est caractérisée par des zones urbanisées : en pourcentage, on a donc 17,2% de tissu urbain discontinu (soit 16km<sup>2</sup>), 2,4% de zone industrielle, environ 3% d'espaces verts et d'espaces de loisirs, et environ 1% des surfaces destinées aux transports ; ce dernier pourcentage représente un centième de la surface totale mais on verra son importance au niveau des apports en pesticides. Ensuite, toute la partie centrale et amont de notre bassin est caractérisé par un 40% de terres arables (avec des apports en pesticides très importants pendant l'hiver et au printemps). Enfin le Parc Naturel Régional de la Haute Vallée de Chevreuse est constitué majoritairement de forêts et de prairies (30 % de la surface totale du bassin versant de l'Orge) (Figure 2). Si on prend en compte seulement la partie aval du bassin, on s'aperçoit que les zones urbanisées constituent plus de 70% de la surface. Nous avons divisé le bassin en 15 petits bassins versants avec une station de prélèvement à chaque exutoire. En plus de l'étude de l'occupation des sols, la population, la densité de population et la pente moyenne ont été aussi étudiés pour chaque sous-bassin versant afin de pouvoir comprendre le rapport entre l'évolution des concentrations de certaines molécules et leur zone potentielle d'application.

### 3. Phyt'Eaux Cités

L'étude sur les transferts des pesticides dans le bassin versant de l'Orge est associée au programme de prévention et sensibilisation Phyt'Eaux Cités, dont l'objectif est limiter l'utilisation des produits phytosanitaires par les utilisateurs urbains. En plus des aspects « risques de ruissellement », le territoire a été sélectionné afin de pouvoir mettre en place un partenariat cohérent. Le SEDIF, producteur d'eau potable, à l'initiative de l'action, est porteur du projet. Un partenariat est établi avec trois producteurs d'eau ayant des usines en Seine : EAU DE PARIS (EDP), Lyonnaise des Eaux (SLE), Veolia Eau. Ce partenariat est non seulement financier (30% du financement total pris en charge par les quatre producteurs d'eau potable), mais est également destiné à évaluer les résultats de l'action sur la qualité de l'eau. Le relais de l'action sur le terrain est mené par les syndicats chargés de la gestion des rivières (Orge et Yvette) : SIVOA et SIAHVY, mais aussi par le SEDIF et SLE. Le projet est financé par l'Agence de l'Eau Seine-Normandie (AESN), le Conseil régional d'Ile-de-France (CRIF), le CG78 (Yvelines) et le CG91 (Essonne), à hauteur de 70%. L'action est mise en œuvre par quatre prestataires (Guery B., Simoens C, Hamelet D., 2007).

### 3.1. Suivi de la contamination

Une campagne bimensuelle de prélèvements et d'analyses permet de suivre quatre stations de mesures des eaux superficielles (Figure 3), qui sont également suivies par le Réseau Phytosanitaire Régional (AESN-DIREN) : Sermaise, Athis-Mons, Chevreuse et Epinay-sur-Orge. On a donc deux stations situées sur l'Yvette et deux sur l'Orge. Les stations de Chevreuse et Sermaise ont été choisies car elles se trouvent en tête du bassin et en milieu plus agricole. Les stations d'Epinay sur Orge et d'Athis-Mons par contre sont localisées à l'exutoire des deux principales rivières, elles ont été sélectionnées afin de pouvoir avoir une idée de la contamination générale des bassins versants.

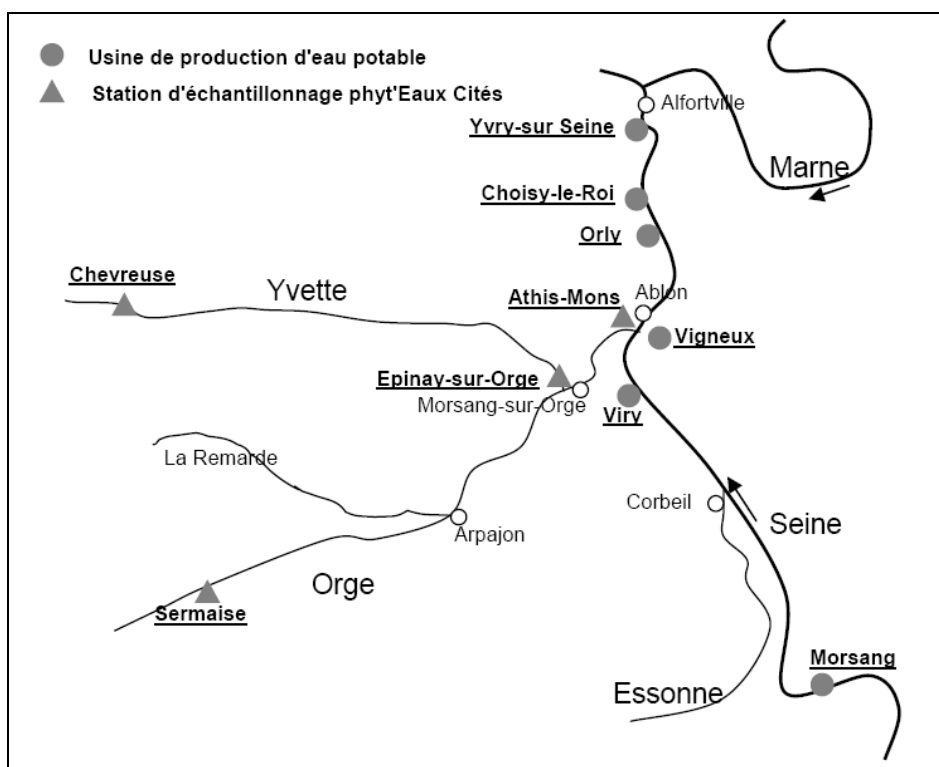


Figure 3 : Stations d'échantillonnage du périmètre Phyt'eaux Cités.

Trois programmes d'échantillonnage sont mis en œuvre en 2007 :

- un suivi large de 189 molécules, réalisé systématiquement la première quinzaine de chaque mois, indépendamment des conditions hydrologiques ou des pratiques phytosanitaires sur les bassins (12 suivis larges par an).

- Afin de pouvoir décrire plus finement l'évolution des concentrations de ces polluants majeurs en fonction des variations saisonnières, de l'hydrologie et des pratiques phytosanitaires, un suivi spécifique (de 42 substances) est réalisé régulièrement la deuxième quinzaine de chaque mois incluant les principaux contaminants : glyphosate, AMPA, diuron, aminotriazole (12 suivis spécifiques par an).

- Les mêmes 42 substances ont été suivies lors d'événements pluvieux significatifs pendant 10 campagnes réalisées d'avril à septembre 2007. L'objectif est de mettre en évidence l'impact des apports liés au ruissellement sur les surfaces imperméables, sur la concentration des pesticides en période de traitements phytosanitaires (Fauchon N., T. Lecomte, 2007).

## 3.2. Enquête auprès des usagers

### 3.2.1. Pratiques de désherbage

Les principaux usagers sont donc les collectivités, SNCF (Figure 4), RATP, les Golfs, les Autoroutes, les Conseils Généraux et l'Aéroport de Paris. L'enquête a débuté le 15 mars 2007 et s'est terminée le 1er Juin. 75% de l'ensemble des collectivités et 82% des autres utilisateurs ont répondu à l'enquête (Hamelet D., 2007).



*Figure 4 : exemple de désherbage en milieu urbain*

Les traitements ont lieu selon différents critères. Les événements qui déclenchent les traitements sont un calendrier de traitement prédéfini, la présence de mauvaises herbes, la disponibilité des employés et l'insertion dans le trafic des trains. Le jour du traitement est défini en fonction de la météorologie. L'efficacité et la toxicité des produits avec leur mode d'action sont à la base du choix du produit. (Hamelet D., 2007).

### 3.2.2. Molécules les plus utilisées

Concernant les communes, les molécules les plus appliquées sont : 2,4-D, 2,4-MCPA (cité 37 fois), Aminotriazole, Diclobénil, Dichlorprop, Diflufenicanil, Diuron, Glyphosate, Mecoprop, Oxadiazon, Triclopyr. Ne sont pas cités : Atrazine, Ethidimuron, Monuron (retirés), Isoproturon, Chlortoluron, Chlorprophame (usage agricole exclusif), AMPA, DEA et Demethyldiuron (qui ne sont pas des matières actives mais des sous produits). Les autres usagers ont affirmé utiliser : 2,4-D, 2,4-MCPA, Aminotriazole, Diclobénil, Dichlorprop, Diflufenicanil, Diuron, Glyphosate, Mecoprop, Oxadiazon, Triclopyr (Hamelet D., 2007). Il y existe des cas où plusieurs matières actives fréquemment utilisées par les communes, n'ont pas été identifiées dans les eaux de surface durant la présente période d'échantillonnage (Fauchon N., T. Lecomte, 2007).

### 3.3. Résultats

Parmi les substances précitées, celles qui ont atteint au moins une fois une concentration élevée, dépassant 0,5 µg/l, sont en nombre limité. Il s'agit des substances suivantes :

- Orge à Sermaise : 2,4-MCPA, Aminotriazole, AMPA, Chlorotoluron, Dichlorprop, Diuron, Glyphosate ;
- Orge à Athis-Mons : Aminotriazole, AMPA, Diuron, Glyphosate ;
- Yvette à Chevreuse et Epinay : Aminotriazole, AMPA, Diuron, Glyphosate.

Pendant toute l'année l'AMPA est le contaminant dont les concentrations sont toujours les plus élevées. En particuliers, on observe une contamination très forte dans l'Yvette, avec des concentrations qui demeurent supérieures à 0,5 µg/l durant toute la période (à l'exception d'une valeur à Epinay) et des concentrations moyennes proches de 1 µg/l, même à la station amont. La partie amont de l'Yvette est donc concernée par des contaminations non négligeables. Une situation différente est retrouvée sur l'Orge, dont les concentrations à la station de Sermaise sont inférieures à la limite de quantification en janvier et février.

L'importance des concentrations en Glyphosate à Athis-Mons montre un impact très fort des usages urbains. Une comparaison entre les débits des cours d'eau et les concentrations en produits phytosanitaires montre une influence minimale de l'hydrologie pendant la période de non-application des pesticides sur les bassins (janvier-avril).

On a donc une contamination généralisée par l'AMPA et une absence de dilution pendant les crues de janvier et mars des zones des bassins contribuant à ces crues. A partir du mois d'avril et du début de la période d'application des herbicides sur le bassin versant, il y a un accroissement des concentrations, qui dépassent alors 1 µg/l dans l'Yvette et dans l'Orge aval ; la contamination de l'Orge amont à Sermaise demeure modérée.

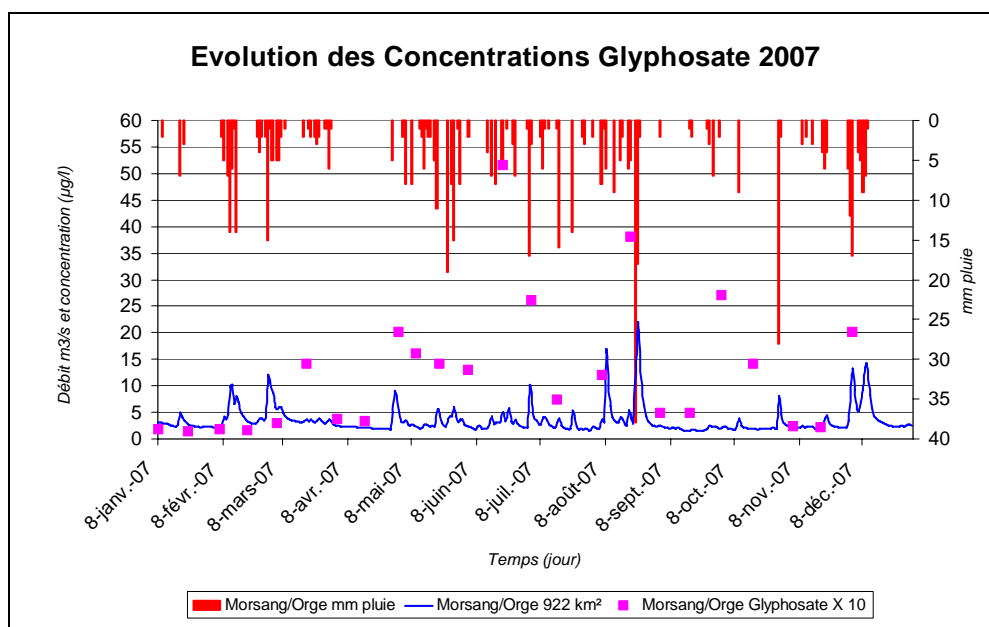


Figure 5 : Variation des concentrations en glyphosate à la station d'Athis-Mons

Les concentrations de Glyphosate semblent augmenter indépendamment des conditions hydrologiques, ou dépendent d'événements hydrologiques de faibles amplitudes. Ce phénomène est bien visible pour l'AMPA

sur l'Yvette à Chevreuse et pour le Glyphosate à Athis-Mons (Figure 5), où les débits varient en mai de façon très modérée (1 et 2 m<sup>3</sup>/s), alors que les concentrations continuent de croître. L'application de matières actives à proximité immédiate du réseau hydrographique est donc la cause principale de contamination (fossés, ...), une fraction de la dose pouvant atteindre directement le cours d'eau sur des surfaces urbaines imperméables ou semi-perméables (très vulnérables au ruissellement) (Fauchon N. et T. Lecomte, 2007).

#### 4. Résultats des expériences de terrain sur le transfert des pesticides

Pour l'instant, deux suivis longitudinaux de la contamination en phenylurées et en glyphosate et AMPA ont été menés pendant les mois d'octobre (temps sec) et de décembre (temps de pluie).

##### 4.1. Stations de prélèvements

Les points de prélèvements (Figure 6) ont été choisis selon différents critères. Les affluents de l'Orge ont été analysés principalement en amont (Figure 7) et en aval (Figure 8), afin de distinguer une possible différence entre les apports agricoles et urbains. Sur l'Yvette, principal affluent de l'Orge, trois stations de prélèvements ont été sélectionnées, afin d'avoir un point amont complètement agricole (Chevreuse), un point à mi-parcours déjà en milieu urbain (Villebon sur Yvette) et un point avant la confluence avec l'Orge (Epinay sur Orge). A Villiers sur Orge, deux analyses ont été réalisées : une sur l'Orge et une sur la Boële afin d'évaluer les divergences liées aux rejets d'eaux pluviales des collecteurs situés principalement sur la Boële.

D'autres points ont été choisis sur l'Orge et sur la Rémarde liés à la présence des stations débitométriques (Saint Cyr sous Dourdan, Saint Cheron, Morsang sur Orge et Epinay sur Orge) afin d'avoir des données exploitables pour la modélisation. Deux points ont été choisis aussi sur la Prédecelle, afin de pouvoir avoir une vue d'ensemble de la contamination de ce site, qui est déjà un site atelier pour les perturbateurs endocriniens. La station de prélèvement d'Athis-Mons a été localisée en aval du collecteur d'eaux pluviales d'Orly, afin de pouvoir établir les apports en micropolluants de l'Aéroport d'Orly.

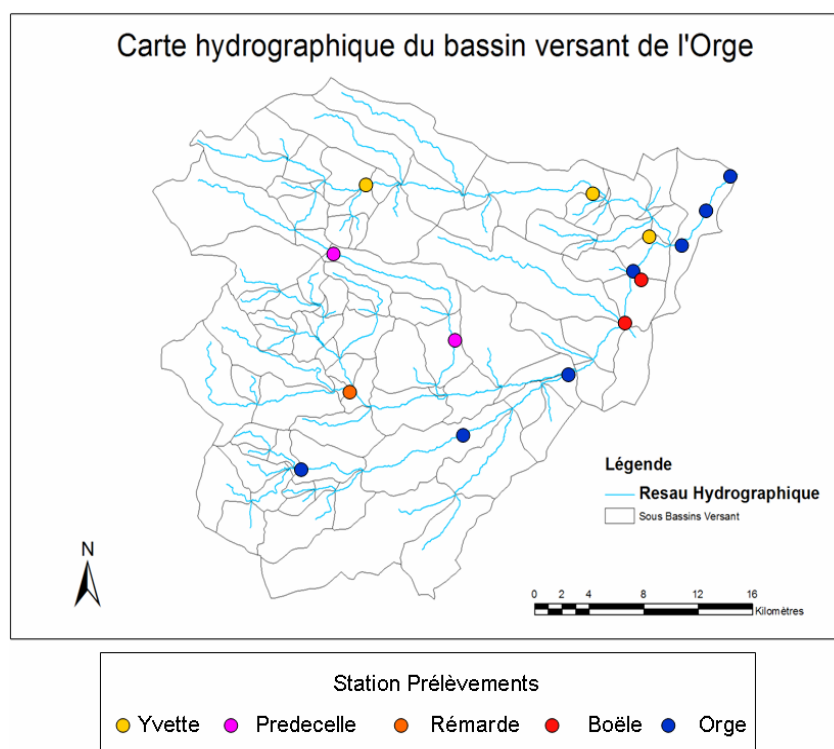


Figure 6: Station de prélèvement pour le profil longitudinal



*Figure 7 : Station dans la partie amont du bassin versant de l'Orge*



*Figure 8 : Station dans la partie aval du bassin versant de l'Orge*

## 4.2. Méthodes analytiques

Le dosage de l'ensemble de ces substances a nécessité la mise en œuvre d'une méthode analytique. D'abord, on a validé l'extraction solide-liquide avec des cartouches OASIS HLB 60mg, en utilisant du méthanol pour extraire nos molécules et pour les concentrer 1000 fois, enfin l'analyse s'effectue par chromatographie liquide (HPLC). Cette méthode permet le dosage de 4 substances, dont le diuron, le chlorotoluron, l'isoproturon et le linuron. La limite de quantification analytique des 4 substances est de 0,4 µg/l. Les analyses des triazines ont été menées dans le même laboratoire (Laboratoire Hydrologie et Environnement, EPHE) avec un chromatographe en phase gazeuse avec détecteur thermoïonique.

Le glyphosate et son sous-produit l'AMPA ont été analysés par le laboratoire du CRECEP : le protocole analytique inclus une dérivation au FMOC (9-fluorenylmethylchloroformate) contenant un groupement fluorophore, ainsi qu'une analyse des dérivés par chromatographie en phase liquide couplée à un détecteur de fluorescence. Afin de s'affranchir des effets de matrices, la détermination des teneurs est réalisée par la méthode des ajouts dosés.

## 4.3. Résultats

Les trois campagnes d'échantillonnages ont été effectuées pendant les derniers mois de l'année 2007. La première par temps pluie faible a été effectuée le 26 septembre 2007 sur le bassin versant de la Prédecelle, petit affluent en rive gauche de la Rémarde ; la deuxième campagne a été effectuée par temps sec pendant la journée du 22 octobre 2007. La troisième campagne s'est déroulée le 10 décembre 2007 pendant un temps de pluie. Pour les deux dernières campagnes, les 15 points ont été échantillonnés en 6 heures.

### 4.3.1. Campagne du 26/09/2007

Pendant une campagne d'échantillonnage conduite le 26 septembre 2007, six stations ont été analysées pour évaluer la contamination de cette petite rivière (Figure 9).

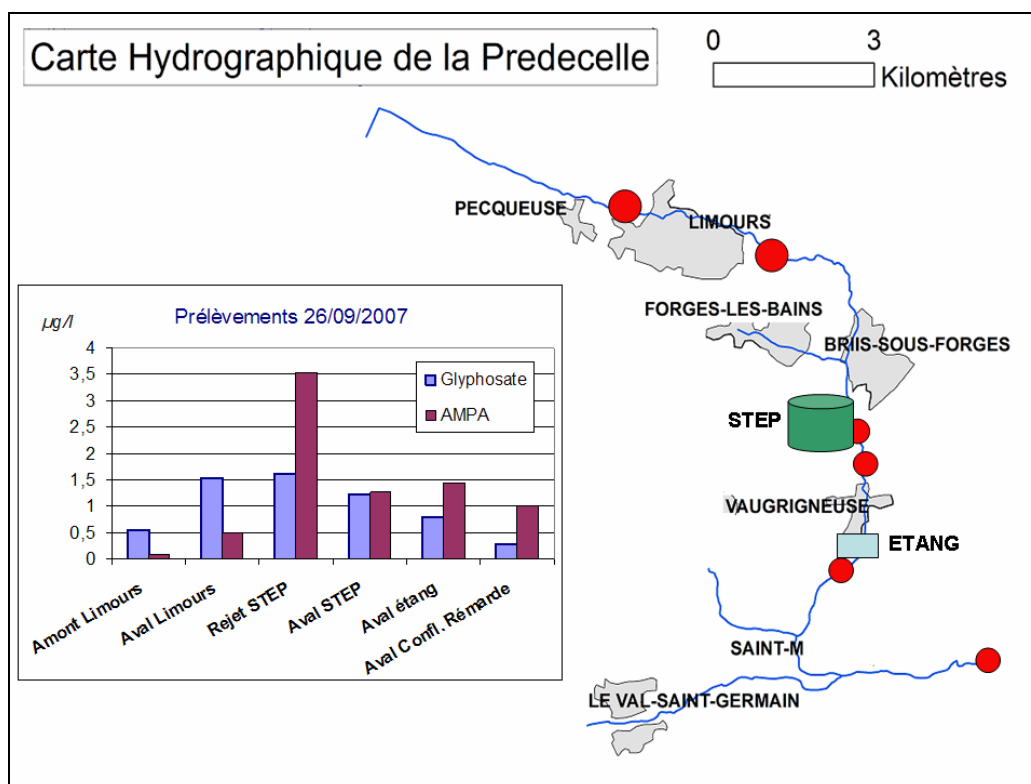


Figure 9 : Suivi de la contamination sur la Prédecelle

Glyphosate, AMPA et triazines ont été recherchés et détectés. Les concentrations maximales en glyphosate dans la Prédecelle sont mesurées à la station « aval Limours », à l'amont de la station d'épuration de Briis sous Forges : la ville de Limours est sûrement une source de contamination (apport du ruissellement urbain ou application), car on voit une augmentation des concentrations en glyphosate trois fois plus grande par rapport aux concentrations dans la station amont de la ville de Limours. Les mesures réalisées dans le rejet de la station d'épuration montrent que le glyphosate et surtout l'AMPA sont d'origine urbaine. Ceci peut être lié à la présence d'eaux pluviales dans le réseau des eaux usées ou à la dégradation des détergents. A partir de l'aval de la station, on a enfin une situation normale, avec une diminution progressive du glyphosate (liée à la dilution) et une faible augmentation des concentrations en AMPA (liée à la dégradation du glyphosate).

ng/L	Atrazine	Simazine	DEA
Amont Limours	-	<20 ng/L	20
Aval Limours	23	<20 ng/L	20
Rejet STEP	<20 ng/L	<20 ng/L	<20 ng/L
Aval STEP	<20 ng/L	<20 ng/L	<20 ng/L

Tableau 1 : Contamination de la Prédecelle par les Triazines

Pour ce qui concerne les triazines, des concentrations de l'ordre de 20ng/l (Tableau 1) ont été détectées dans la station aval de Limours avec son produit de dégradation (la déséthyl-Atrazine). L'atrazine reste encore présente dans les eaux superficielles à de très faibles concentrations, malgré l'interdiction de son utilisation qui remonte au 1er octobre 2003. Il s'agit d'une contamination résiduelle due aux aquifères superficiels drainés par les cours d'eau et à une pollution historique des sols.

#### 4.3.2. Campagne du 22/10/2007

Pendant la campagne d'échantillonnage conduite le 22 octobre 2007, quinze stations ont été analysées pour évaluer la contamination globale de l'Orge tout au long de son profil longitudinal (Figure 10).

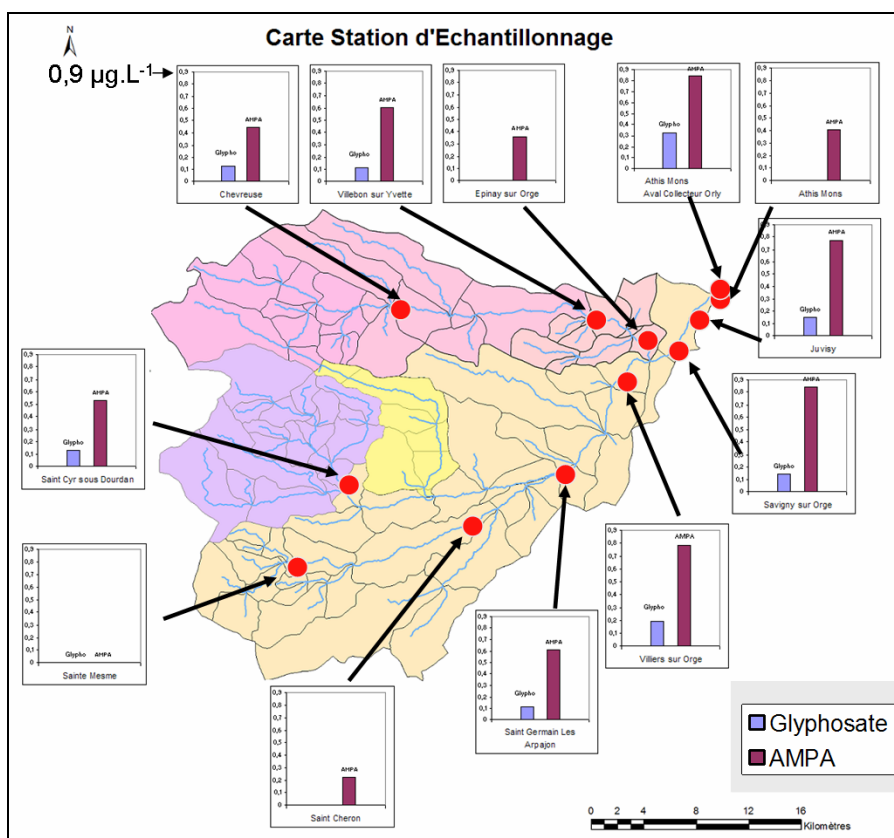
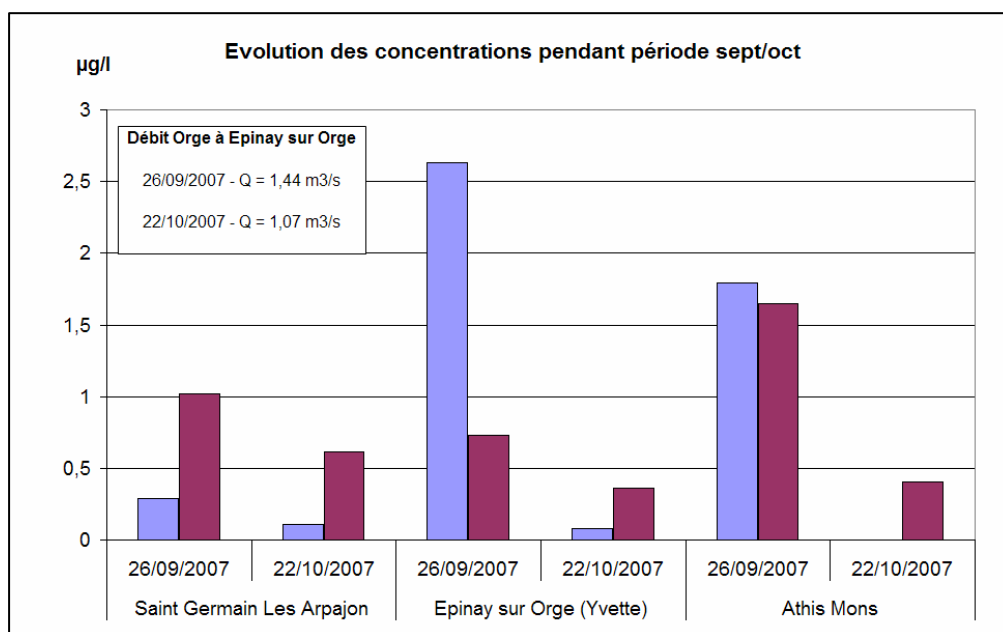


Figure 10 : Profil longitudinal par temps sec 22/10/2007

Certaines stations ont été choisies soit en milieu urbain soit en milieu agricole pour pouvoir aussi avoir une vue d'ensemble sur le bassin versant de l'Orge. L'évolution des concentrations est régulière de l'amont à l'aval. Dans les deux stations amont du bassin versant de l'Orge, situées en zone agricole, on n'a pas détectés de glyphosate et l'AMPA est présente à Saint Cheron à des valeurs de l'ordre de 0,2 µg/l. A partir de la station de Saint Germain les Arpajon, les concentrations en AMPA se stabilisent entre 0,5 et 0,8 µg/l pour tout le secteur de l'Orge aval (aussi après la confluence avec l'Yvette).

Les analyses effectuées au sein du laboratoire du Crecep mettent en évidence aussi une contamination par le glufosinate, jamais détecté sur ce bassin versant, avec des concentrations d'environ 200ng/l à la station de Saint Cheron. La présence de nombreuses pépinières dans la zone de Dourdan peut expliquer un apport considérable en cette matière active pendant cette période de l'année.

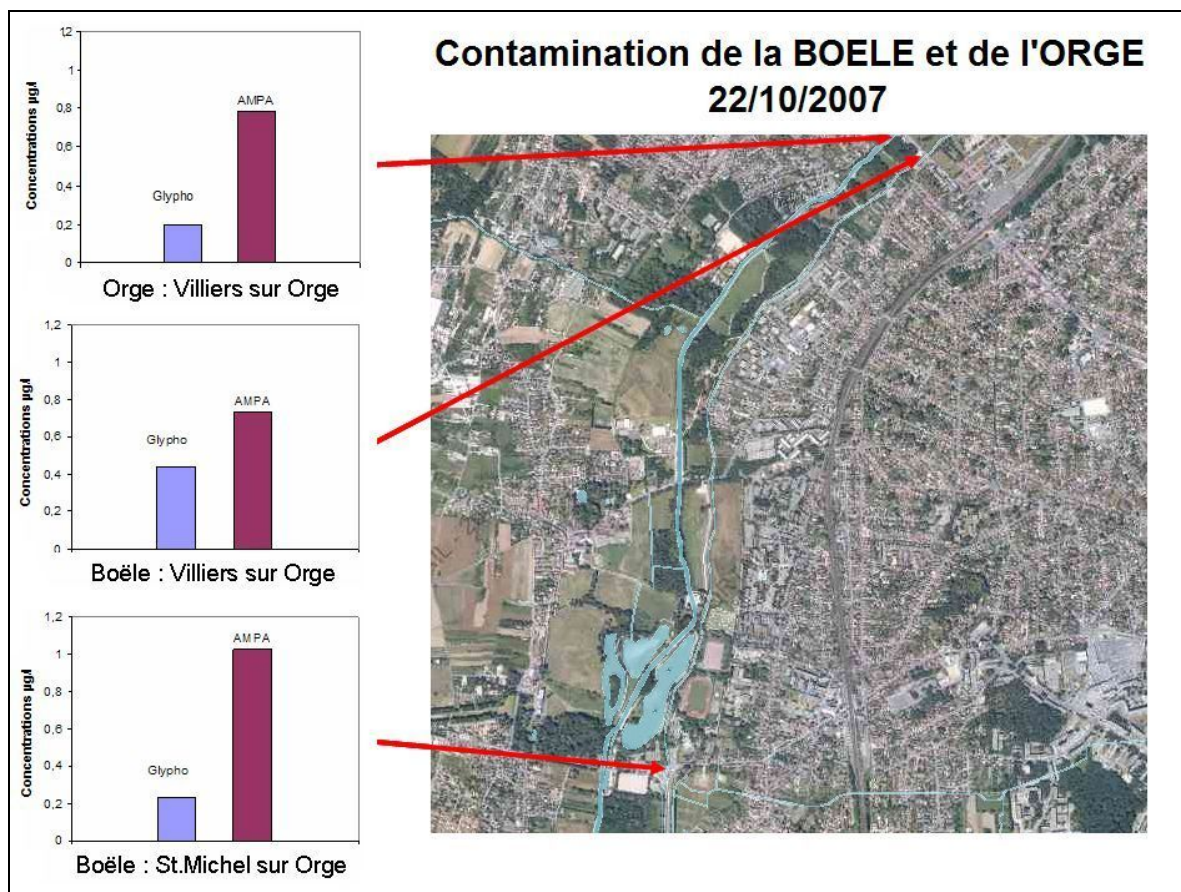
La situation est difficile à comprendre dans les stations à Athis-Mons. En amont du collecteur d'Orly, on a une chute « vertigineuse » des concentrations en glyphosate et en AMPA, pour ensuite remonter en aval de la confluence du collecteur de l'aéroport d'Orly. Un probable effet de dilution doit intervenir dans l'Orge à ce niveau, peut être lié à des infiltrations de la Seine à proximité de cette zone. L'Yvette, par contre, montre une évolution irrégulière. Si la valeur en glyphosate diminue vers l'aval, avec une valeur inférieure à 0,1 µg/l à Epinay sur Orge, l'AMPA augmente jusqu'à Villebon sur Yvette pour ensuite descendre à des valeurs plus basses qu'à l'amont à Epinay sur Orge.



**Figure 11 : Evolution des concentrations en glyphosate et AMPA sur l'Orge**

Si on regarde le graphique (Figure 11), on voit une tendance générale de baisse des concentrations soit pour le glyphosate soit pour l'AMPA entre les deux périodes. Surtout pendant la campagne de septembre, on a des valeurs très fortes en glyphosate à Athis-Mons sur l'Orge et à Epinay sur l'Yvette. Si on compare les résultats d'Epinay sur Orge avec les campagnes de Phyt'Eaux Cités effectuées une semaine avant et une semaine après notre analyse, on s'aperçoit que le 26 septembre on avait des concentrations 5 à 6 fois supérieures. Cela peut être du aux effets de ruissellement suite à une pluie enregistrée le jour du prélèvement ou à une application sur des voies.

Dans la partie aval de l'Orge, on a décidé d'étudier aussi la contamination de la Boële. La Boële est un petit affluent en rive droite de l'Orge. Deux prélèvements ont été effectués sur cette petite rivière parce qu'une grande partie des eaux pluviales provenant de Saint Michel sur Orge et de Saint Geneviève des Bois se jettent dans cette rivière. On est dans une zone très urbanisée, avec différentes sources de pollutions : collectivités, SNCF et particuliers.



**Figure 12 : Concentrations en Glyphosate/ AMPA dans la Boële et l'Orge**

Pendant la campagne d'échantillonnage du 22/10/2007, deux points ont été choisis : un en amont, dans la commune de Saint Michel sur Orge et un à Villiers sur Orge, juste en amont de la confluence avec l'Orge (Figure 12). Les résultats montrent une augmentation des concentrations en glyphosate vers l'aval. L'utilisation de cette molécule est confirmée par les usagers de la commune : le glyphosate est présent dans le produit Glyphocal PJT utilisées par la mairie de Saint Michel sur Orge sur des surfaces imperméables et des espaces verts. Par contre, l'évolution des concentrations en AMPA est inversée par rapport au glyphosate : la concentration aval est inférieure par rapport à celle en amont ; cette évolution peut être liée à une dilution due à l'Orge ou à des réservoirs localisés à quelques dizaines de mètres de notre premier point de prélèvement.

#### **4.3.3. Campagne du 10/12/2007**

Une campagne supplémentaire à été conduite lors d'une période très pluvieuse au début du mois de Décembre. L'objectif de cette campagne a été l'évaluation de l'impact des écoulements superficiels. On voit des fortes concentrations en chlorotoluron (5 µg/l) à la station Pecqueuse en amont de la Prédecelle (Figure 13). De fortes concentrations sont détectées aussi en tête de la Rémarde (Saint Cyr sous Dourdan). L'isoproturon est par contre détecté en amont de l'Orge, surtout à Sainte Mesme et à Saint Cheron. A partir de la confluence entre la Rémarde et l'Orge on voit une baisse importante des concentrations vers l'aval du bassin versant. Le diuron est toujours détecté (période de non application) mais ces concentrations ne semblent pas être liées à des transferts importants par ruissellement.

Un cas particulier est l'évolution des concentrations en chlorotoluron sur le bassin versant de l'Yvette. On observe un phénomène d'augmentation des concentrations à mi-parcours (à la station de Villebon sur Yvette) et ensuite une baisse au niveau d'Epinais sur Orge. L'évolution des concentrations est la même que celle observée pour le glyphosate et pour l'AMPA par temps sec sur la même station. Les différentes caractéristiques morphologiques (hydrographie et pente) entre l'amont de Villebon sur Yvette et l'amont

d'Epinais sur Orge peuvent être une explication à ce comportement.

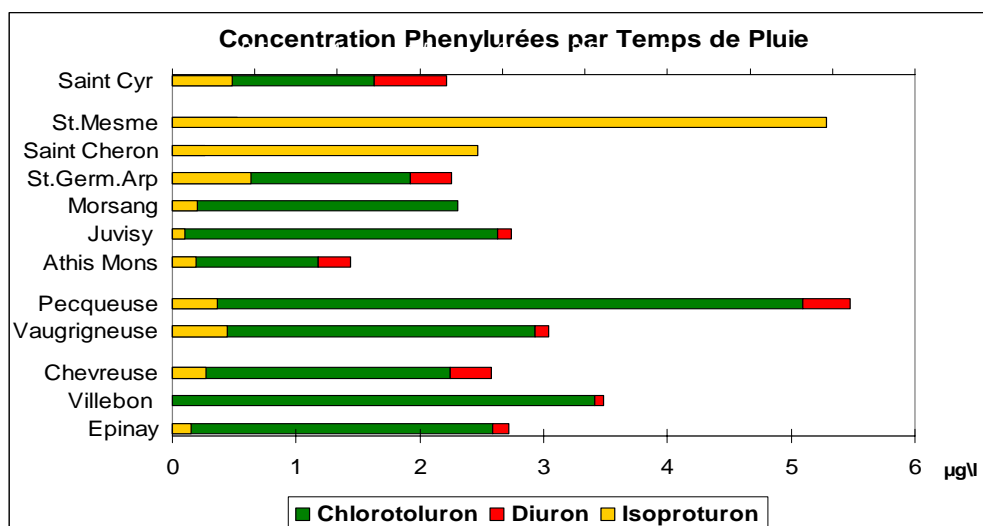


Figure 13: Concentrations des phenylurées pendant la campagne du 10/12/2007

Si on prend par exemple l'évolution des concentrations en chlorotoluron pour la station d'Athis-Mons, on voit que les pics des concentrations sont peu nombreux au cours de l'année et liés à des applications ponctuelles et saisonnières (Figure 14),

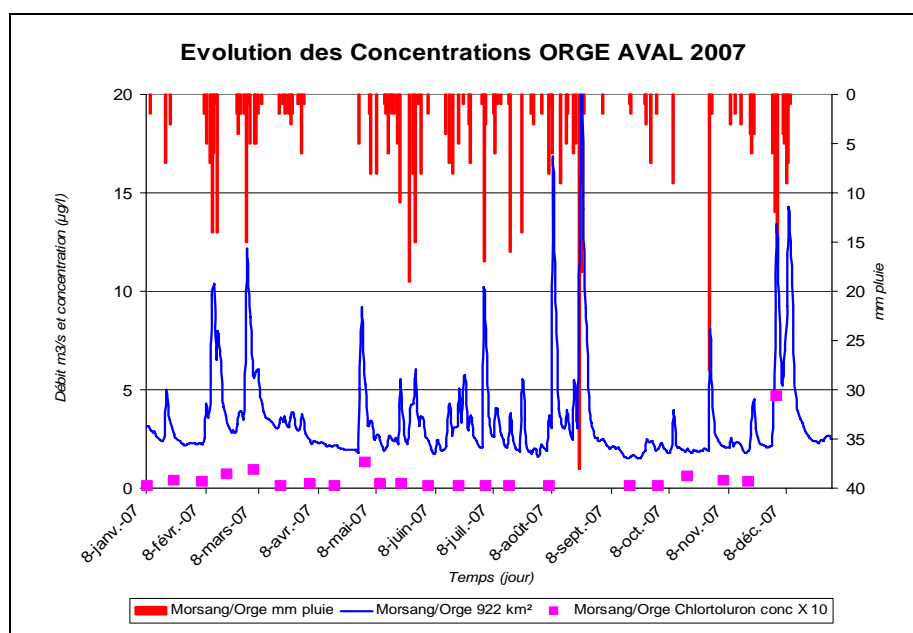


Figure 14 : Concentrations des phenylurées pendant la campagne du 10/12/2007

#### 4.3.4. Choix des jours de prélèvements

Les jours de prélèvements ont été choisis selon l'évolution des débits et par rapport aux précipitations (Figure 15). Les prélèvements du 26 septembre ont été réalisés pendant une faible pluie après une période sèche : la quantité des précipitations était faible mais l'intensité suffisamment importante était suffisante pour déclencher des écoulements superficiels. Le deuxième prélèvement a eu lieu en période totalement sèche, comme le confirment les débits de l'Orge en plusieurs points. Enfin pour la période de temps de pluie, le jour du 10 décembre 2007 a été sélectionné pour un l'obtention d'un profil longitudinal des concentrations

en pesticides. Les pluies avaient démarrées 4 jours avant cette date et notre prélèvement a été effectué le jour suivant le débit maximal.

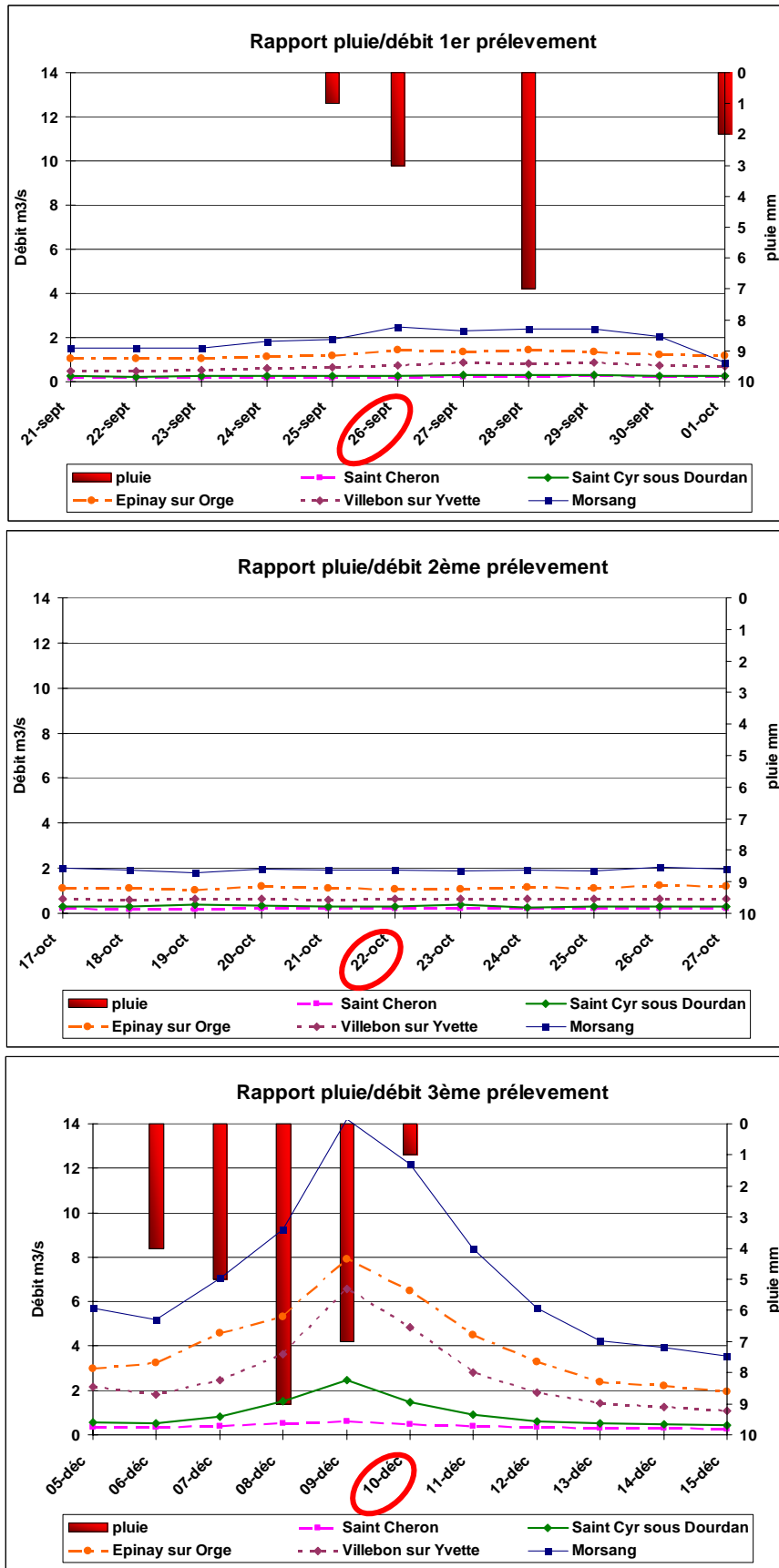


Figure 15 : Evolution des débits de l'Orge avant et après prélèvements

## 5. Conclusion

L'année 2007 a donc été consacrée à étudier et à comprendre le fonctionnement du bassin versant. Une partie bibliographique couplée avec des données du SIVOA et du SAGE ORGE-YVETTE a permis de décrire et d'interpréter le système hydrologique de l'Orge.

Les premiers six mois de mesures réalisées par Phyt'Eaux Cités (Fauchon N., T. Lecomte, 2007) ont permis de mettre en évidence des aspects nouveaux de la contamination de l'Orge et de l'Yvette. La présence de plus de 40 substances dépassant la limite de quantification dans le suivi régulier et de 42 substances dans le suivi spécifique, montre la pertinence du protocole d'échantillonnage mis en place, en termes de substances recherchées et de temps d'échantillonnage (environ 25 % des substances identifiées);

La forte variation de la contamination des cours d'eau entre les stations amont (zones peu urbanisées/zones agricoles) et aval (zones très urbanisées) couplée avec les enquêtes sur les usagers en milieu urbain, permet d'entrevoir l'impact probablement majeur de ces usages sur la qualité de l'eau.

L'AMPA est une exception importante puisqu'il s'agit, et de loin, du contaminant le plus important des eaux de surface, aussi bien en termes d'occurrence qu'en termes de niveau de concentration. La présence permanente du produit de dégradation du glyphosate dans les cours d'eau, la stabilité des concentrations même par temps de pluie, indiquent une contamination profonde et probablement durable des compartiments du milieu, notamment les sols et les aquifères superficiels.

Les premiers résultats de Phyt'Eaux Cités (Fauchon N., T. Lecomte, 2007) nous montrent que globalement la contamination de la Seine par les pesticides est moins importante que la contamination de l'Orge, en termes de nombre de substances présentes et de niveau de concentrations atteint par ces substances. Pour ce qui est de la Seine par rapport à l'Orge à Athis-Mons, il faut noter que certaines substances sont présentes de façon continue dans l'Orge et de façon discontinue dans la Seine (peuvent être absentes en janvier et février), mais que l'ordre de grandeur des concentrations (hors épisodes pluvieux) n'est pas très différent (c'est le cas pour AMPA, Diuron, Glyphosate).

Cette constatation est également vérifiée pour l'Isoproturon, qui n'est présent que de janvier à avril dans la Seine, tandis qu'il est présent dans l'Orge de janvier 2007 à juin 2007 ; durant sa période de présence dans la Seine, ses concentrations dépassent celles de l'Orge, ce qui indique l'importance des zones agricoles (céréalières) drainées par le cours d'eau (Fauchon N., T. Lecomte, 2007). La ré-détection de cette molécule à partir du mois de décembre et sa présence à des concentrations de l'ordre de quelques microgrammes par litres par temps de pluie dans les stations amont, montre que certaines molécules (comme aussi le MCPA, le mecoprop et le chlortoluron) sont rarement présentes à de fortes concentrations hors période de traitements

La comparaison des résultats par temps sec (22/10/2007) et par temps de pluie (26/09/2007) nous a montré que les concentrations en glyphosate augmentent en fonction du ruissellement urbain.

La campagne d'échantillonnage sur la Prédecelle montre l'importance des apports urbains en glyphosate (ville de Limours) ; des importantes concentrations en AMPA dans les eaux de rejet de la STEP impliquent la présence des eaux usées dans le réseau et d'autres origines de l'AMPA (produit de dégradation de l'acide phosphorique dans les détergents) ; la présence de l'AMPA à des niveaux plus important que le glyphosate en milieu agricole (stations aval rejet STEP).

Le suivi de la contamination de la Boële dans la quelle se jettent plusieurs collecteurs d'eau pluviales nous montre que la contamination en glyphosate de cette rivière, liée aux applications en zone pavillonnaire, est importante même en période hors traitement.

La campagne par temps de pluie permet d'observer des niveaux de contaminations important pour l'isoproturon et pour le chlorotoluron en période de traitement pas seulement dans la partie agricole (zone d'utilisation de ces molécules) mais aussi dans la partie aval du bassin versant de l'Orge dans une moindre mesure.

## 6. Perspectives

Pour l'année 2008, plusieurs activités sont envisagées afin de pouvoir réaliser un bilan de transfert :

### 1. Traitements phytosanitaires

Ces informations sont primordiales pour que les expériences aient lieu. Une totale collaboration avec la ou les communes concernées est importante car elle nous permettra d'avoir les informations les plus précises possibles pour ensuite comprendre les critères de transfert des pesticides dans le réseau. D'autres informations seront également importantes, comme par exemple la méthode de nettoyage des rues. Une rencontre devra avoir lieu entre les responsables des services techniques, les applicateurs, le mobilisateur territorial et le programme PIREN-Seine pour expliquer ce qui va être fait et comment nous comptons procéder. Si nécessaire, un accompagnement pourra être fait lors du 1er traitement pour montrer les informations qui sont à relever.

Les usages de pesticides sur le bassin urbain : les intrants de chaque molécule doivent être identifiés et quantifiés individuellement. Chaque matière active ayant un comportement qui lui est propre, il faut détailler chacun des produits utilisés. Le bilan ne pourra se faire que molécule par molécule, chacune d'entre elles ayant des propriétés physico-chimiques différentes et donc des possibilités de transfert différentes.

Le calendrier de traitement des services techniques : pour une molécule donnée, l'impact de son utilisation sur le milieu va dépendre des conditions météorologiques et notamment du délai qui sépare le traitement de la première pluie. Il est donc important de connaître le jour et le lieu des traitements.

### 2. Données hydrologiques

Les relevés météorologiques : dans la mesure du possible, les relevés météorologiques (température, pluviométrie au pas de temps le plus fin possible (quelques minutes) effectués sur le bassin permettra d'avoir une meilleure précision sur les conditions au moment du traitement, mais également de définir les relations pluie-débit sur le bassin. Le SIVOA a la possibilité de suivre un nombre important de stations météorologiques sur son territoire. Météo France a déjà été contacté pour obtenir ces données sur quatre stations localisées dans le bassin versant de l'Orge.

Des mesures débitométriques sont indispensables à l'exutoire du collecteur afin de valider les flux de sortie des pesticides du bassin. Les concentrations en pesticides dans les eaux seront dépendantes de la pluie et il faudra être en mesure d'associer le débit correspondant au prélèvement. Le SIVOA propose sa collaboration active sur ce point. Il faudra évaluer ensemble quelles seront les stations à suivre et le pas de temps adéquat. Ces mesures seront à faire dès que possible pour étudier la réactivité du réseau à la pluie, voir si des rejets sont présents en dehors des périodes de pluie, évaluer les relations pluie-débit pour ensuite définir le protocole d'échantillonnage.

### 3. Mesures phytosanitaires

L'installation d'un ou de deux préleveurs automatiques nous permettra de faire des échantillonnages selon un protocole précis. Le préleveur automatique sera installé avec un débitmètre, et si possible, directement couplé au débitmètre.. Cela implique que le site soit suffisamment large pour être équipé et qu'il soit sécurisé de façon à éviter le vandalisme. Pendant la période de traitement, les prélèvements seront réalisés avec une fréquence dépendante des résultats de l'étude hydrologique. Après la période de traitement, les prélèvements pourront être intégrés pour chaque pluie.

Pour les mesures des concentrations en pesticides dans les eaux pluviales, les recherches seront orientées sur 2 molécules très utilisées en milieu urbain et qui sont mesurées en forte concentration dans l'Orge : le diuron et le glyphosate (+ l'AMPA son produit de dégradation).

Les résultats de la campagne par temps de pluie sur la Boële nous ont permis d'identifier une zone intéressante comme source de pollution urbaine. Un site d'étude a donc été choisi pour ses caractéristiques favorables à la délimitation de la zone en apport (après avoir contacté le personnel du SIVOA). L'antenne du Ru de Fleury (Figure 16), aussi appelée station de pompage 446 reçoit les effluents d'un réseau unitaire (prise de temps sec). En temps de pluie, quand la station de pompage ne peut recevoir la totalité des effluents, une partie de ces effluents rejoint le milieu naturel au niveau d'une surverse (batardeaux).



**Figure 16 : Bassin Versant ru de Fleury.**

Le Syndicat de l'Orge Aval (SIVOA) a installé plusieurs débitmètres fin décembre 2007. Les premières données de débit seront transmises début février 2008 et on pourra commencer à envisager des prélèvements dans le collecteur à partir du mois d'avril, en accord avec les premières applications en milieu urbain. Cette mesure permet de contrôler la fréquence de déversement et de déterminer un volume déversé par l'établissement d'une loi de seuil-hauteur-débit.

## 7. References

- Baylis A.D. (2000)** *Why glyphosate is a global herbicide: strengths, weaknesses and prospects.* Pest Manag Sci; 56: 299–308
- Blanchoud H., Moreau-Guigon E., Farrugia F., Chevreuil M. and Mouchel J.M. (2007)** *Contribution by urban and agricultural pesticide uses to water contamination at the scale of the Marne watershed - Science of The Total Environment, 375, 168-179*
- Blanchoud H., Farrugia F., Mouchel J.M. (2004)** *Pesticide uses and transfers in urbanised catchments - Chemosphere; 55:905–13*
- Blanchoud H. (2001)** *Apports et transfert de pesticides en milieux agricole et urbain dans le bassin versant de la Marne : vers une évaluation globale - Thèse: Sciences et techniques de l'environnement, Paris: Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 87 pp.*
- Boulet (2005)** *Lutte contre la pollution des eaux par les pesticides utilisés en zones non agricoles : analyse et synthèse des actions engagées et recommandations - Mémoire de fin d'étude d'ingénieur agronome, INA P-G, Paris, 131p.*
- DIREN Ile de France (1999)** *Rivières d'Ile de France, Produits phytosanitaires (bilan 1997–1998). Rapport de synthèse; 38 pp.*
- DIREN Ile de France (2006)** *Info phytos n°4 octobre 2005.*  
<http://www.ile-de-france.ecologie.gouv.fr/docenconsult/phyto/infophyto4.pdf>
- Fauchon N., Lecomte T. (2007)** *Rapport contamination des eaux de surface par les pesticides dans le périmètre de Phyt'eaux cités (Données intégrées de Janvier à Juin 2007) -VEOLIA EAU, 77 pp.*
- Forlani G, Mangiacalli A, Nielsen E, Suardi CM. (1999)** *Degradation of the phosphonate herbicide glyphosate in soil: evidence for a possible involvement of unculturable microorganism - Soil Biol Biochem; 31:991– 997*
- Ghanem A.M., P. Bados, A. Estaun, L. Felipe de Alencastro, S. Taibi, J. Einhorn, C. Mougin (2007)** *Concentrations and specific loads of glyphosate, diuron, atrazine, nonylphenol and metabolites thereof in French urban sewage sludge - Chemosphere 69, 1368–1373*
- Guery B., Simoens C, Hamelet D. (2007)** *Phyt'eaux cités : un programme d'aide aux collectivités pour limiter l'emploi des produits phytosanitaires sur les bassins de la Seine, l'Orge et l'Yvette de 2007 à 2010 - Bilan annuel, 35 pp.*
- Kolpin D. W., E.M. Thurman, E.A. Lee, M.T. Meyer, E.T. Furlong and S.T. Glassmeyer (2006)** *Urban contributions of glyphosate and its degradate AMPA to streams in the United States - Science of The Total Environment, 354, 2-3, 191-197*
- Hamelet D. (2007)** *Etat initial des pratiques phytosanitaires des applicateurs non agricole du périmètre d'action de Phyt'Eaux Cités – ASCONIT, 95 pp.*
- Moncaut P. (2006)** *Rapport qualité des eaux superficielles du bassin versant de l'Orge aval*

**Rubio F., Velduis LJ, Clegg BS, Fleeker JR, Hall JC. (2003)** *Comparison of a direct ELISA and an HPLC method for glyphosate determinations in water* - J Agric Food Chem; 51:691– 6.

**Rueppel ML, Brightwell BB, Schaefer J, Marvel TT. (1977)** *Metabolism and degradation of glyphosate in soil and water* - J Agric Food Chem; 25:517– 28.

**Skark C., Zullei-Seibert N, Schottler U, Schlett C. (1998)** *The occurrence of glyphosate in surface water* - Int J Environ Anal Chem. 70:93– 104.

**Woodburn A. (2000)**, *Glyphosate: production, pricing and use worldwide*. Pest Manag Sci; 56:309–12.