

## Site atelier troyen

Jean-Marie Mouchel (CEREVE-ENPC, Champs sur Marne)

Marie-Hélène Tusseau (CEMAGREF, Anthony)

### 1. Pourquoi une zone-atelier urbaine à l'amont ?

Dans ses phases passées, le PIREN-Seine a développé des modélisations globales à l'échelle du bassin, ou bien plus locales, notamment dans et à l'aval de l'agglomération parisienne. Plusieurs sites ateliers ont été instrumentés pour des études détaillées :

- la Seine à la traversée de l'agglomération parisienne pour étudier notamment l'impact des rejets urbains de temps de pluie,
- série de bassins versants ruraux emboîtés dans le bassin du Grand Morin pour étudier les transferts de MES, de nitrates et d'herbicides,
- la plaine de Romilly, à partir de la confluence Seine-Aube, où ont été étudiés les transferts d'eau et de matières nutritives au travers d'une plaine alluviale,
- le lac de Champaubert qui a fait l'objet d'un suivi particulièrement attentif...

Au travers de ces différents sites-ateliers, l'objectif du PIREN-Seine reste d'étudier le bassin de la Seine dans son ensemble, d'y déterminer les flux de matière (MES, carbone, azote, phosphore, bactéries, micro-polluants...), d'y évaluer l'importance de certains secteurs particuliers sur la rétention ou la transformation des produits. Les études sur site-ateliers permettent de rentrer dans le détail de l'évaluation de certains processus, dans des secteurs qui ont été choisis en fonction de leurs caractéristiques physiques ou de leur position particulière dans le bassin.

Les impacts urbains ont été presque uniquement étudiés autour de l'agglomération parisienne, soit dans un secteur chenalisé, et pour une agglomération gigantesque à l'échelle du bassin ; elle regroupe les 2/3 de sa population. L'agglomération parisienne dispose d'un réseau en grande partie unitaire dans toute sa partie centrale qui regroupe Paris *intra muros* et toute la banlieue proche. Ces caractéristiques ne sont pas représentatives de toutes les agglomérations du bassin. Il est donc apparu important de valider les modèles qui décrivent le transport et les transformations des produits issus des villes (matières organiques, ammonium, bactéries fécales, micro-polluants...) dans un contexte différent. Même si les modèles développés à l'échelle du bassin parviennent à simuler la qualité de l'eau dans les secteurs amont au travers d'une approche (ordres de Strahler) qui lisse les aspects plus locaux, il reste important de montrer que des questionnements plus locaux peuvent également bénéficier des avancées du programme au travers d'une meilleure compréhension/modélisation des multiples aspects de la qualité des eaux à une échelle locale. De plus, nous souhaitons valider les mécanismes mis en évidence à l'aval de l'agglomération parisienne dans le contexte d'une autre agglomération.

Une enquête a été réalisée dans le bassin de la Seine afin de sélectionner une agglomération d'une taille suffisante, dont les caractéristiques soient assez différentes de celle de Paris (réseau séparatif dominant), dont l'impact sur la rivière soit notable et peu perturbé par des agglomérations situées plus à l'amont, où les caractéristiques de la rivière soient fort différentes de celle de la Seine à la traversée de l'agglomération parisienne. En particulier, la rivière ne devra pas être chenalisée.

Les villes du bassin pour lesquelles nous avons collecté une information spécifique sont : Auxerre, Joigny, Sens, St Dizier, Epernay, Chalons sur Marne, Beauvais, Senlis, Laon, Reims... La tableau en fin de texte rassemble les principales caractéristiques de ces agglomérations et de leurs impacts.

Notre choix s'est finalement porté sur Troyes qui présente les avantages suivants :

- la Seine à l'aval de Troyes n'est pas chenalisée,
- le débit de la Seine à Troyes est nettement supérieur à celui de la station d'épuration, ce qui n'est pas le cas de certaines grosses agglomération situées sur de petits cours d'eau tels que Reims (la Vesle) ou Laon (l'Ardon), on n'est donc pas dans une situation tout à fait extrême.
- cependant, le rapport taille de l'agglomération sur débit d'étiage demeure important à Troyes
- Troyes est de loin la plus grosse ville du bassin de la Seine amont, d'autres agglomérations ne viendront donc pas perturber le signal troyen que nous pourrions mesurer en Seine.

De plus, Troyes est situé à proximité du site atelier de Romilly, et il y a donc synergie entre ces deux zones ateliers. Il n'est pas exclu bien entendu que d'autres agglomérations puissent faire l'objet d'études spécifiques ultérieurement, en fonction des résultats obtenus sur le site de Troyes, et de l'intérêt qui pourrait être démontré en d'autres sites. Il y a toujours intérêt à élargir le champs de validation d'un modèle, ce sont essentiellement les moyens humains qui nous limitent aujourd'hui.

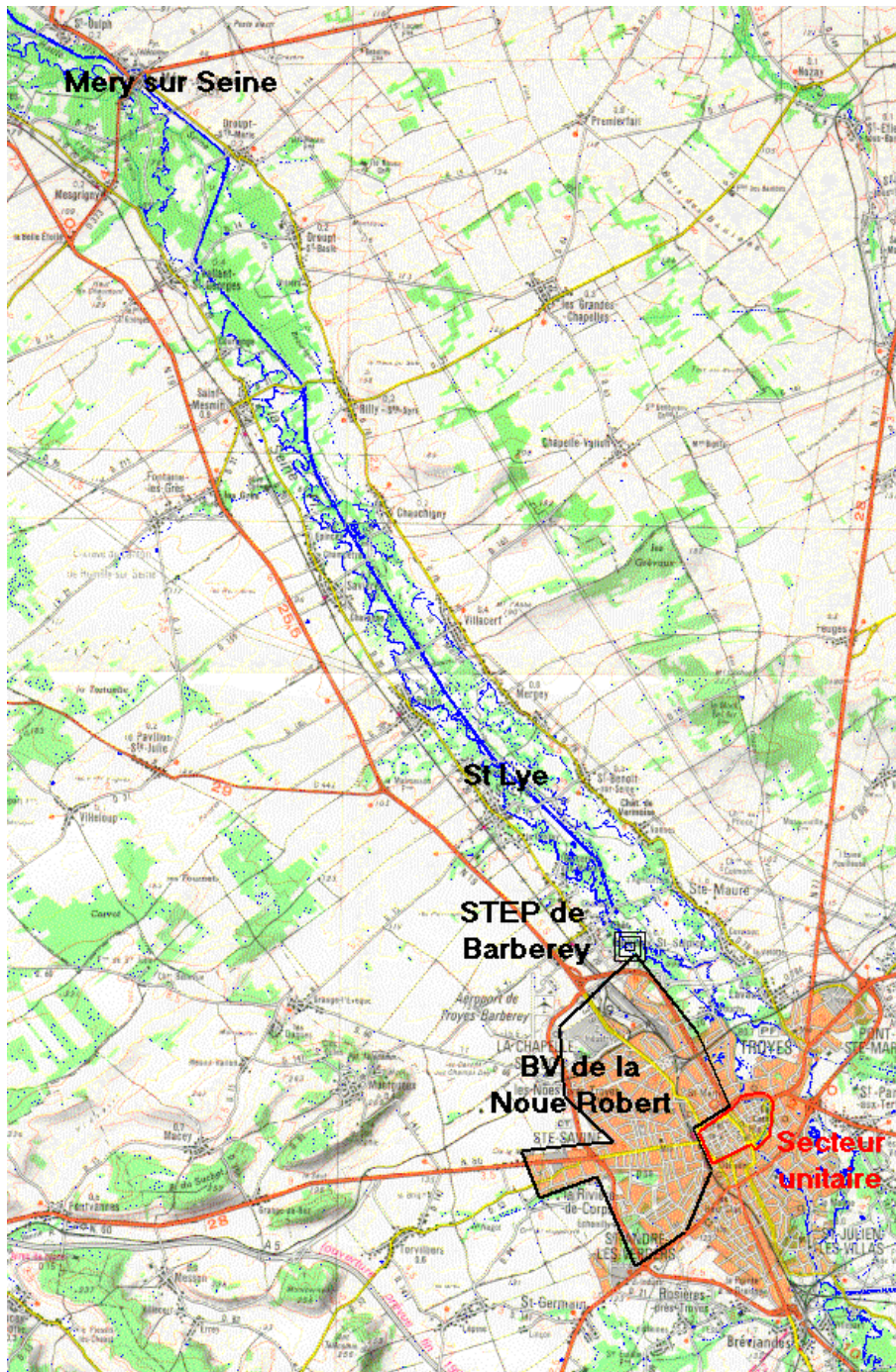
## **2. Quelques caractéristiques intéressantes de l'agglomération troyenne**

Troyes est une ville traditionnellement industrielle, avec un fort développement passé dans le domaine du textile (tricotage, blanchissage....) et de l'industrie du papier, toutes industries liées à l'eau. Ces secteurs sont aujourd'hui en crise, et de nombreuses usines ont fermé ou sont en train de fermer leurs portes. D'autres les remplacent progressivement. La population troyenne est très sensibilisée à ce passé industriel, un patrimoine reconnu par tous.

A la traversée de l'agglomération troyenne (environ 150 000 habitants), la Seine se sépare en plusieurs bras, qui avaient été aménagés par le passé pour favoriser le développement industriel et artisanal. Certaines industries ont toujours des captages dans les bras de la Seine. La plupart des bras anciens existent toujours et les débits qui y circulent sont contrôlés par une série de vannages, en partie automatisés. L'objectif principal de cette gestion est d'éviter les débordements en ville en période de crue, tout en assurant des débits suffisants pour que l'eau ne stagne pas. Depuis la mise en eau du barrage Seine, les risques d'inondations à Troyes ont été très fortement diminués. La ville de Troyes assure la gestion de ces séries de vannages. Ils sont parfaitement bien connus de leurs gestionnaires.

Des visites sur le terrain montrent l'existence de quelques rejets de temps sec (industriels notamment) qui semblent bien connus des services techniques. Des actions sont en cours en vue d'une mise au norme des installations. La ville est relativement ouverte sur l'eau ; certains particuliers tirent parti de la présence d'un bras de Seine pour améliorer la qualité paysagère de leur jardin, beaucoup de pêcheurs fréquentent les berges de la Seine, même à l'intérieur de l'agglomération. On peut même y voir quelques baignades. Il reste néanmoins de nombreux secteurs où la présence d'un cours d'eau, transformé en fossé ou couvert, est ignorée.

Un bras de décharge (l'ancienne Seine) fait de tour de l'agglomération par la droite (entre Troyes et Pont Ste Marie) pour évacuer les débits excédentaires en cas de forte crue. La canal du Labourat participe également à l'évacuation des crues. Des digues ont également été construites au cours des dernières décennies pour limiter l'extension des zones inondables dans la ville (figure 1).



**Figure 1.** Carte du secteur d'étude proposé, tirée de la carte IGN 100.000<sup>ème</sup>

Le réseau d'assainissement est unitaire dans le centre ville, quartier du bouchon de Champagne, et séparatif ailleurs. La ville est traversée par un réseau d'anciens cours d'eau, localement appelés viennes, qui ont été couverts presque partout dans la ville de Troyes et la proche agglomération. Ce réseau parcourt l'agglomération dans sa rive gauche, sa rive droite, comprise entre les bras de Seine et l'ancienne Seine, est drainée par quelques bras dérivés de la Seine. Le trajet précis des viennes n'est pas parfaitement connu, sauf peut-être par quelques "anciens". Dans les secteurs non couverts à l'aval, les riverains se plaignent de la mauvaise qualité de l'eau (coloration, odeurs), de la présence de boues noirâtres, et de débordements. Selon leur localisation, les viennes rejoignent un des bras de Seine qui traversent la ville, ou bien rejoignent la noue Robert, qui rejoint la Seine à l'aval de la station d'épuration. La noue Robert transporte une eau visiblement de très mauvaise qualité. A l'intérieur de l'agglomération de Troyes, son bassin versant devra

être précisé. Il est connecté à celui de la Seine qu'en un seul endroit, contrôlé par une bonde, où les écoulements peuvent aller dans les deux sens. Le gestionnaire du réseau fait état de fuites qui provoquent un excédent de débit sur la station en période de pluie, bien que la station n'ait eu à ouvrir son by-pass vers la Seine qu'en deux occasions l'année dernière.

Deux stations de mesure de débit existent à l'intérieur de Troyes, sur l'ancienne Seine et sur les bras qui traversent la ville avant qu'ils rejoignent l'ancienne Seine. Les débits horaires sont disponibles auprès du réseau d'annonce de crue. Il sera certainement possible de collecter des débits à une fréquence plus serrée afin de bien comprendre le fonctionnement du réseau d'assainissement et ses déversements en Seine en période de pluie.

La station d'épuration a une capacité de 300 000 équivalent-habitants. Elle est prévue pour recevoir de forts volumes d'eaux industrielles. Elle travaille aujourd'hui presque à pleine charge en raison des apports industriels. La plupart des industriels sont connectés au réseau unitaire, mis à part notamment un usine de pneus (Michelin/Kleber). Un des principaux problèmes rencontrés par les exploitants de la station concerne la présence de colorants, d'origine industrielle (teintureries), qui traversent la station sans être épurés. Ainsi, les eaux en sortie peuvent être fortement colorées, tout en ayant des caractéristiques physico-chimiques conformes au contrat d'exploitation qui lie l'exploitant (SOGEA) à la Communauté d'Agglomération de Troyes, cependant, elle ne répond pas aux normes de rejet à respecter en zone sensible, des travaux complémentaires devront donc être envisagés dans les prochaines années. La station d'épuration est située sur d'anciens champs d'épandage qui avaient été créés en 1910. La station actuelle mise en eau en 1992, est une extension d'une précédente station, construite en 1969, qui ne pouvait traiter que 150000 équivalent-habitants environ.

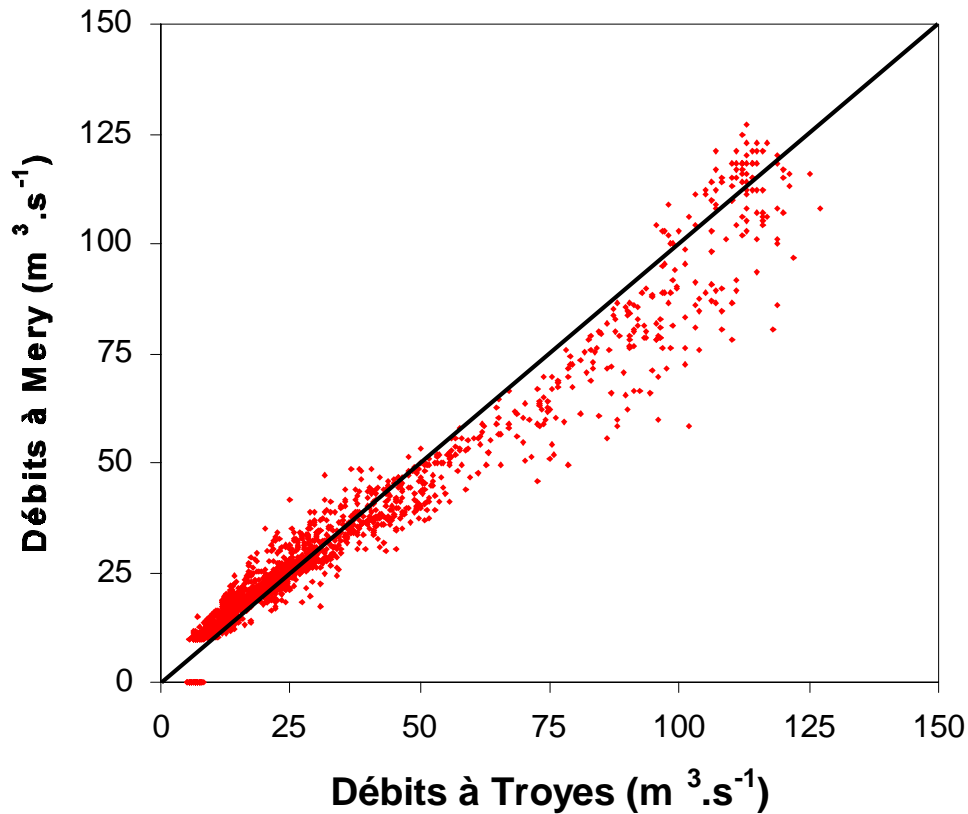
La station d'épuration traite en moyenne  $46000 \text{ m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$ , les teneurs de l'effluent en sortie de station sont de  $8 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  de  $\text{DBO}_5$ ,  $17 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  de MES et  $6 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  de NTK. Le rendement d'épuration dépasse 95% pour la DBO et 85% pour le NTK. Le niveau de contamination des boues n'est pas exceptionnel. (Voir annexe).

La SOGEA gère également l'alimentation en eau potable gérée par, principalement à partir de sources captées. On notera qu'une partie seulement de l'agglomération est alimentée par la société. La commune de La Chappelle St Luc est alimentée par des sources et pompes situés près de Fouchy, à l'aval de l'agglomération. Plusieurs communes à l'amont de Troyes sont alimentées par d'autres sources.

La qualité bactériologique des sources demande une désinfection, et on ne retrouve que rarement des germes dans l'eau distribuée. L'atrazine, la simazine et la terbutylazine sont régulièrement détectés dans les eaux de sources et les réservoirs, mais à des niveaux inférieurs aux normes (sauf une fois  $0.41 \mu\text{g/l}$  de terbutylazine- sur une dizaine de mesure)

À l'aval de Troyes, la Seine est peu profonde et présente de très nombreux méandres et des lits de graviers notamment. Ce secteur est une zone d'échanges entre la rivière et la nappe alluviale ; ces échanges avaient été étudiés dans la première phase du PIREN-Seine grâce à une expérience en vrai glandeur de lachure expérimentale à partir du barrage Seine. Un modèle hydraulique avait été réalisé à cette occasion, et nous pourrions tirer parti de ces premiers éléments de modélisation.

L'intensité relative de la recharge de la Seine par la nappe alluviale entre Troyes et Mery sur Seine dépend du débit de la rivière. Les débits d'étiages les plus faibles mesurés à Troyes sont un peu inférieurs à  $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (figure 2). Dans de telles conditions, on peut gagner 50% de débit avant Mery sur Seine. Pour des débits plus élevés, approchant  $25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , le gain de débit devient minime. Pour des débits plus élevés encore, la Seine aura au contraire tendance à se vider vers sa nappe. En raison des lâchures de débit par la Lac de la Forêt d'Orient en été, les débits les plus faibles ont tendance à se produire au printemps ou à l'automne.



**Figure 2.** Débits à Troyes et Mery sur Seine de 1990 à 1995 (Source Banque Hydro)

La qualité de la Seine est suivie grâce à quelques points du réseau national de suivi de la qualité des eaux, et par des études complémentaires ponctuelles.

La station de Saint Lyé, la plus proche à l'aval de l'agglomération de Troyes est suivie depuis 1987. La figure 3 représente les données de DBO<sub>5</sub>, d'ammonium et d'orthophosphates qui y ont été mesurées. On note la très forte amélioration consécutive à la mise en eau de la nouvelle station. Elle porte notamment sur les teneurs en DBO<sub>5</sub> et en ammonium, les teneurs en phosphates n'ayant pratiquement pas bougé. La station de Mery sur Seine est situé nettement plus à l'aval, à une quarantaine de kilomètres à vol d'oiseau. L'effet de la mise en route de la nouvelle station en 1992 y est encore très nettement visible. L'eau apporté à la Seine à l'amont de Troyes par le lac de la Forêt est également de très bonne qualité en termes de teneurs en phosphore et en ammonium.

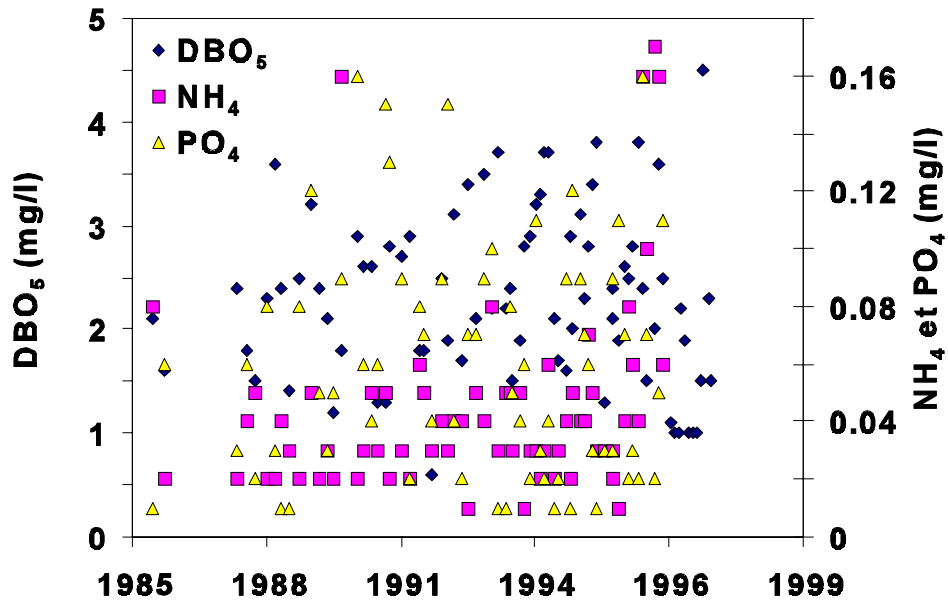


Figure 3a. *Qualité de l'eau dans la Seine à l'amont de Troyes (Station de Verrières)*

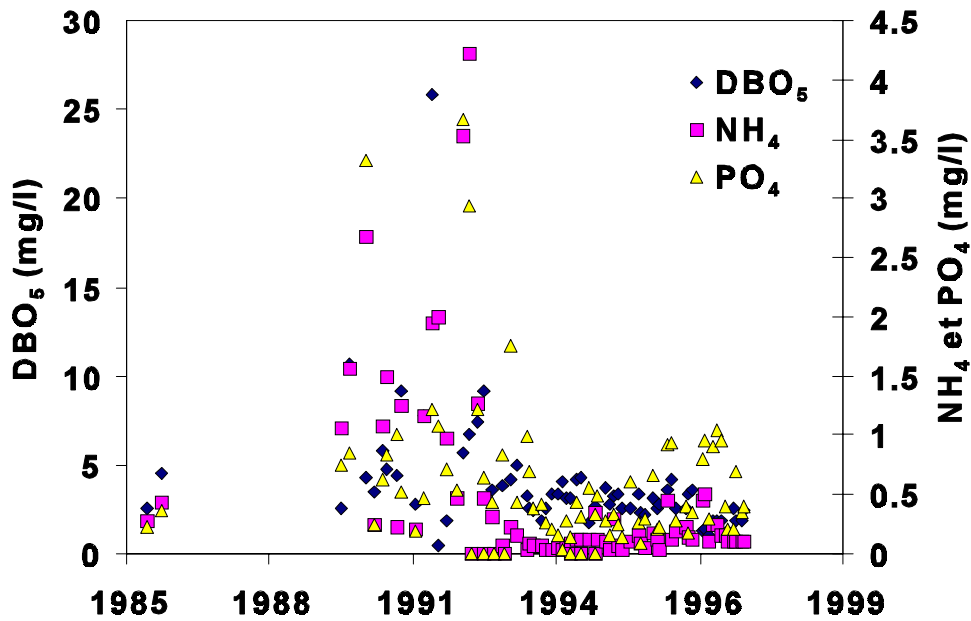


Figure 3b. *Qualité de l'eau à Saint Lyé, 5 kilomètres à l'aval de Troyes*

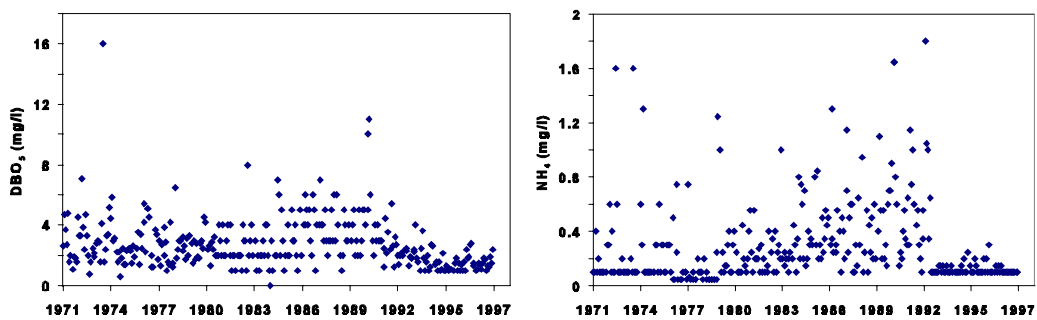


Figure 3c. *Qualité de l'eau à Mery sur Seine, 20 kilomètres à l'aval de Troyes (à vol d'oiseau)*

Dans la situation actuelle, les teneurs en phosphore restent élevées, et les teneurs en ammonium sont en général basses (0.1 mg/l NH<sub>4</sub>), mais avec des excursions qui peuvent atteindre 0.5 mg/l à St Lyé. On notera que le rapport habitant sur débit d'étiage atteint 18000 hab.s/m<sup>3</sup>, alors qu'il est de 60000 hab.s/m<sup>3</sup> pour l'agglomération parisienne à l'aval de la confluence de l'Oise. En termes de capacité de stations, le rapport double à Troyes en raison de la forte charge industrielle. Ainsi, on doit s'attendre à des impacts significatifs à l'aval de l'agglomération troyenne. Les données du RNB nous indiquent qu'ils sont très faibles. Si des études plus approfondies le confirment, il deviendra alors nécessaire de comprendre pourquoi l'impact de la ville de Troyes est si faible : est-ce là l'effet du potentiel d'auto-épuration de la Seine dans ce secteur ou bien une conséquence du mode d'assainissement (principalement séparatif) de l'agglomération, couplé au bon fonctionnement de la station ?

La plus récente étude d'impact à l'aval de Troyes date de 1993, et est donc consécutive à la mise en eau de la nouvelle station d'épuration. Elle a eu lieu pour des débits faibles, de 8 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>. Dans ces conditions, les apports de la station et de la Noue Robert sont significatifs (triplement de NH<sub>4</sub>, apparition de nitrites -2.5 mg.l<sup>-1</sup> !-, décuplement du phosphore total), mais ces valeurs élevées diminuent très rapidement, dès Saint Lyé.

Le site de Troyes présente de multiples avantages qui tiennent à la fois à la configuration particulière de la rivière et à celle de l'agglomération. Nous espérons pouvoir en tirer le meilleur parti.

### **3. Projets à Troyes**

#### **3.1. Etudier les processus microbiens par temps sec**

Evaluer l'évolution de la qualité de l'eau en temps sec à l'aval de Troyes pour différentes conditions de débit et de température. Mesurer les cinétiques microbiennes. Mettre en évidence le rôle particulier que pourraient jouer les fonds de la rivière, comme support au développement microbien ou algal et comme interface avec la nappe alluviale. On notera que la Seine à l'aval de Troyes se compose de trois rivières, dont une artificielle : La Seine, la canal désaffecté, qui reçoit toujours un débit de 1 à 2 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>, tiré de la Seine à l'aval de la STEP, la Melda sur la droite de la plaine alluviale qui se sépare de la Seine avant les apports de la STEP. Ces trois rivières constituent des cas d'école dont la comparaison est potentiellement intéressante. Comme lors de la lâchure expérimentale de 1990, on peut encore imaginer réduire momentanément les débits délivrés par le barrage Seine, avec compensation par l'Aube, afin d'élargir de champs d'expérience (et simuler l'effet des vidanges décennales).

#### **3.2. Mesurer la contamination fécale et son devenir**

Les bactéries indicatrices de contamination fécale ont été introduites comme nouvelle groupe de microorganismes d'intérêt dans le PIREN-Seine. Comme celui des autres, le devenir de ce groupe dans et à l'aval de l'agglomération troyenne sera suivi et modélisé. On notera que la Seine dans l'agglomération troyenne est lieu de baignade et de sports nautiques. Ce travail y revêt donc un intérêt particulier.

#### **3.3. Evaluer les rejets de temps de pluie, grâce à un nombre limité de points de contrôle**

L'étude de la pollution de temps de pluie doit également être entreprise à Troyes. Dans beaucoup d'agglomération, on s'attend à ce que la pollution déversée par temps de pluie soit bien supérieure à la pollution rejetée par la station d'épuration après traitement lorsque celle-ci fonctionne bien. Tel devrait être le cas à Troyes dont le réseau fortement séparatif est très différent du réseau parisien. La position de particulière de la Noue Robert qui concentre une grande partie des eaux de ruissellement urbain, dont celles d'une zone industrielle, permettra d'évaluer la pollution pluviale dans une agglomération ancienne pour un bassin versant de l'ordre de 500 ha qui regroupe de multiples usages du sol. En outre, on peut penser tirer parti des mesures de débits existantes (réseau d'annonce de crue) sur les deux bras principaux de la Seine (l'ancienne Seine autour de Troyes et la Seine à la traversée de Troyes) pour évaluer l'intensité du

ruissellement dû au reste de l'agglomération. Ainsi, un nombre limité de points de contrôle, déjà partiellement équipés, devraient permettre de faire un bilan troyen des apports par temps de pluie : la Noue Robert, le bras "industriel" de la Seine avant sa jonction avec l'ancienne Seine, l'ancienne Seine. Un contrôle hydrologique complet (pluie et débit) devra être mis en place avant de passer à une phase d'évaluation de la qualité des eaux.

### **3.4. Re-tracer l'histoire de la pollution urbaine**

Dans cette ville au destin industriel si marqué, dresser un historique de la pollution industrielle et urbaine présente un intérêt particulier. Ce travail sera rendu probablement possible par l'étude des sédiments dans l'ancien canal de la Haute-Seine, alimenté à partir d'eau de Seine prélevée à l'aval de Troyes, et où la décantation des particules fines est nécessairement intense. La signature urbaine et son évolution dans le temps pourra être évaluée grâce à des analyses multi-élémentaires de ces sédiments. Après datation, il s'agira de la relier à l'histoire particulière de l'industrialisation de la ville.

#### **Annexe : Teneurs indicatives en métaux dans les boues de la station en mg/kg de poids sec.**

cadmium	1 à 1.5 mg/kg
chrome	100 à 200 mg/kg
cuivre	350 à 450 mg/kg
mercure	4 à 5 mg/kg
nickel	20 à 25 mg/kg
plomb	70 à 130 mg/kg
zinc	500 à 700 mg/kg



**Sommaire  général**

**Introduction du thème 4 :  
Micro-organismes et matière organique**

**Encore un effort du côté de la dégradation de la matière  
organique**

**Caractérisation des groupes bactériens fonctionnels dans le  
continuum "réseau d'assainissement/Step/milieu récepteur**

**Nouvelles méthodes pour l'étude des bactéries fécales appliquées  
au bassin de la Seine**

**Site urbain amont : Troyes**