

Développement d'une approche couplée pour l'évaluation des rejets urbains de temps de pluie dans le Rhône - Application à la Communauté d'Agglomération du Grand Avignon

Development of a coupled approach for the evaluation of combined sewer wet weather in the Rhone - Application to the Community of Agglomeration of the Great Avignon

S..MESLIER¹, N.PEYRON¹, A.FAUGERAS¹, C.MAZOYER², P.SAVARY³, J.GELLY⁴

¹ EGIS EAU – Montpellier

² AQUASCOP - Montpellier

³ EC.eau - Saturargues

⁴ GRAND AVIGNON – Avignon

RÉSUMÉ

La Communauté d'Agglomération du Grand Avignon a engagé en 2008 une étude approfondie pour mieux connaître l'impact potentiel sur les milieux récepteurs (en particulier le Rhône) des rejets urbains en temps de pluie du système d'assainissement et pour pouvoir préciser ensuite les aménagements de gestion du temps de pluie à créer sur le réseau.

Afin d'être en cohérence avec le contexte réglementaire, une méthodologie innovante a été développée et appliquée. L'approche mise en œuvre permet de coupler l'évaluation quantitative des rejets polluants à une analyse hydrobiologique de la sensibilité du milieu :

- Réalisation d'une campagne de mesures des volumes et concentrations en polluants rejetés
- Exploitation du modèle mathématique existant du réseau
- Réalisation de campagnes de mesures hydrobiologiques sur les milieux récepteurs.

Les résultats obtenus ont permis de faire avancer la réflexion sur la stratégie de gestion des rejets du système à engager dans les prochaines années. Néanmoins, la mise en place d'un programme permanent de suivi physico-chimique et biologique du milieu (en corrélation avec les événements pluviométriques) et l'exploitation des données de l'autosurveillance du réseau en place depuis 2009 permettraient d'améliorer la connaissance de l'incidence des rejets urbains de temps de pluie sur le Rhône et les autres milieux récepteurs du système.

ABSTRACT

The Community of Agglomeration of the Great Avignon initiated in 2008 a comprehensive study to better understand the potential impact on the Rhone discharge in urban wet weather sewerage system and then to specify the facilities management of wet weather to be created in the network.

To be consistent with the regulatory context, an innovative methodology was developed and applied. The implementation approach allows to combine the quantitative evaluation of pollutant discharges with the hydrobiological analysis of the sensitivity of the environment:

- Conducting a series of measurements of volumes and concentrations of pollutants .
- Exploitation of the existing mathematical model of the network .
- Realization of hydrobiological measurement campaigns on receiving environments.

The results led to further reflection on the strategy of waste management system to engage in the coming years. Nonetheless, the establishment of an ongoing program of monitoring physico-chemical and biological environment in conjunction with rainfall events would improve the understanding of the impact of combined sewer wet weather over the Rhone.

MOTS CLES

Système d'assainissement - Rejets urbains de temps de pluie – Impact sur le milieu récepteur - Rhône - Hydrobiologie – Campagne de mesures – Modélisation.

1 OBJECTIFS DE L'APPROCHE

A l'issue de l'étude d'élaboration du Schéma Directeur d'Assainissement du Grand Avignon, une analyse sommaire de l'impact des rejets de temps de pluie du système d'assainissement d'Avignon – Le Pontet – Villeneuve – Les Angles (177 000 EH) sur le Rhône a été effectuée dans le but de fixer un débit de référence (au sens de l'arrêté du 22 juin 2007).

Mais, compte tenu des débits considérables du Rhône (y compris à l'étiage¹) en comparaison des débits rejetés en temps de pluie par le réseau unitaire d'Avignon, il a semblé peu pertinent de se limiter à des calculs simplistes de dilution des effluents rejetés ou de retenir une pluie de référence, à priori, sans pouvoir en évaluer le gain environnemental réel.

Aussi est-il apparu nécessaire de pousser plus loin la réflexion et la Communauté d'Agglomération du Grand Avignon a donc engagé en 2008 une étude approfondie pour mieux connaître l'impact potentiel sur le Rhône² des rejets urbains en temps de pluie du système d'assainissement étudié et pour pouvoir préciser ensuite les aménagements de gestion du temps de pluie à créer sur le réseau.

Afin d'être en cohérence avec la démarche initiée par la Directive Cadre sur l'Eau (2000) et le SDAGE du bassin Rhône-Méditerranée (adopté le 16 octobre 2009), une méthodologie innovante a été développée et appliquée par le groupement de bureaux d'étude EGIS EAU–AQUASCOP–EC.eau. En effet, l'approche mise en œuvre permet de coupler l'évaluation quantitative des rejets polluants à une analyse hydrobiologique de la sensibilité du milieu.

2 METHODOLOGIE RETENUE

La méthodologie développée et retenue dans le cadre du projet comporte 3 phases :

- La réalisation d'une **campagne de mesures des volumes rejetés aux exutoires du réseau en temps de pluie** et des **concentrations en polluants des eaux rejetées**

Cette campagne, d'une durée de 2 mois, s'est déroulée entre le 11 avril et le 11 juin 2008, période statistiquement favorable sur Avignon à l'interception d'évènements pluvieux. Les mesures suivantes ont été réalisées :

- *Mesures de débit en continu* aux 2 exutoires (contre canal nord – canal Champfleury) à l'aide de débitmètres hauteur/vitesse de type SIGMA et pose de pinces ampérométriques sur les pompes de la station de relevage vers le Rhône,
- *Suivi de la pluviométrie* à l'aide d'un pluviomètre à auget basculeur sur chaque point de mesure pour pouvoir tenir compte de la variabilité spatiale de la pluviométrie à l'échelle de la zone d'étude.
- *Prélèvements de temps de pluie* à l'aide de préleveurs ISCO réfrigérés 24 flacons, déclenchement à partir d'un seuil de pluviométrie - Reconstitution d'échantillon moyen proportionnel aux volumes écoulés et envoi en laboratoire pour analyse physico-chimique des paramètres de références: MES, DBO₅, DCO, azote, phosphore, métaux lourds, hydrocarbures et HAP.



Figure 1 : préleveurs utilisés pour les prélèvements en temps de pluie

¹ Débits classés du Rhône à Avignon : QMNA₅ = 360 m³/s – Module interannuel = 1600 m³/s

² Plusieurs milieux récepteurs sont concernés mais la présente publication se concentre sur les résultats portant sur le Rhône.

- **L'exploitation du modèle mathématique** existant du réseau construit dans le cadre du Schéma Directeur d'Assainissement (EGIS EAU) afin de préciser les charges de pollution rejetées, pour différentes pluies de référence et à l'échelle annuelle, et d'évaluer le gain potentiel des scénarios de gestion du temps de pluie envisageables.

Ce modèle, qui s'appuie sur près de 1500 tronçons modélisés et 40 déversoirs d'orage, permet de simuler le fonctionnement des réseaux structurants du système d'assainissement en cas de pluies fictives ou réelles.

Il a été calé sur les reconnaissances de réseau (visite de 1500 regards et de la totalité des collecteurs visitables) et plusieurs campagnes de mesures (99 points suivis pendant 3 mois en 2005 puis compléments de mesures en 2008 et 2009) ce qui a permis de valider sa représentativité.

L'exploitation des données de l'autosurveillance des réseaux, mise en place en 2009, permettra de confirmer peu à peu la précision de ce modèle.

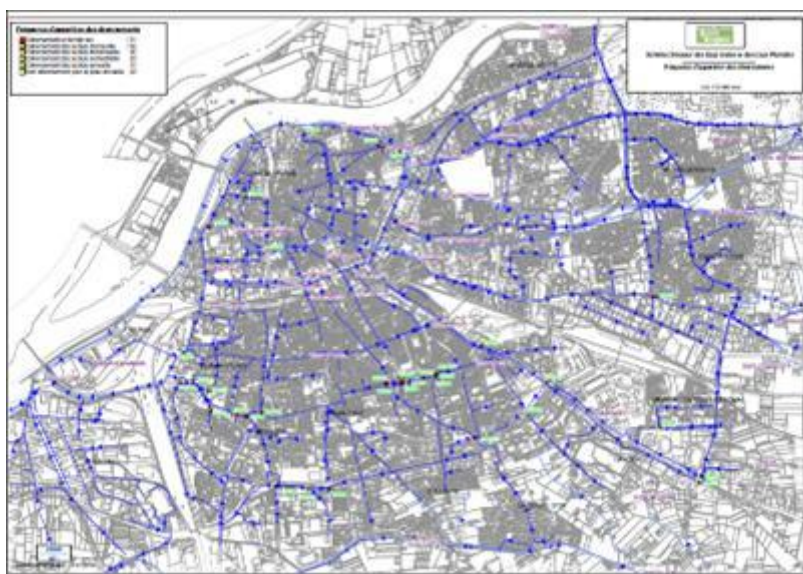


Figure 2 : modèle mathématique du réseau d'assainissement

- La réalisation de **campagnes de mesure sur les milieux récepteurs** du système d'assainissement étudié pour tenter d'évaluer l'incidence des rejets urbains (comparaison de prélèvements effectués en amont et en aval du rejet, comparaison de prélèvements effectués avant et après une période pluvieuse, comparaison avec les données du Réseau National de Bassin).

Une première campagne a été menée début avril 2008 et correspond à une situation de temps sec stabilisée depuis 2 mois. Elle est donc significative de l'état moyen du Rhône observable au cours de l'année.

La seconde campagne a été effectuée en mai 2008 après une période pluvieuse particulièrement importante.

Les analyses suivantes ont été effectuées en 3 secteurs du Rhône (amont du rejet, aval du rejet et aval éloigné) :

- *Physicochimie des eaux,*
- *Physicochimie des sédiments,*
- *Réalisation d'un indice « invertébré IBGA »³ en aval du rejet,*

³ L'évaluation de cet indice biologique, adapté de l'IBGN (norme NFT 90-350) pour les grands cours d'eau, s'appuie sur l'étude de la faune invertébrée associée au substrat en réalisant des prélèvements sur le fond (drague), près des berges (filet Surber) et à l'aide de substrats artificiels.

- Réalisation d'indices « diatomiques IBD »⁴ dans les 3 secteurs.

Afin de positionner au mieux les points de mesures sur le fleuve, une modélisation simplifiée du panache de diffusion de ce rejet dans la masse d'eau du Rhône a été effectuée à l'aide du logiciel Cormix de façon à déterminer les zones du lit et des berges du Rhône potentiellement impactées par le rejet étudié.

Après analyse, les stations ont été localisées de la manière suivante :

- 1) 300 mètres environ en amont du rejet (en amont immédiat du pont SNCF)
- 2) 300 mètres environ en aval du rejet
- 3) 1500 mètres environ en aval du rejet (en amont immédiat du pont TGV)

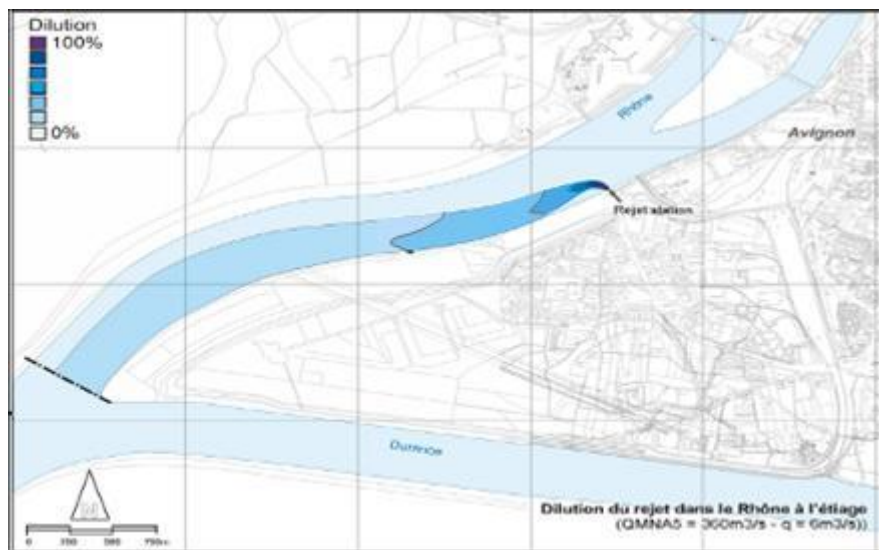


Figure 3 : modélisation du panache de diffusion du rejet dans le Rhône

- La démarche de l'étude a consisté ensuite à **mettre en perspective l'ensemble des résultats** des étapes précédentes afin d'évaluer l'incidence des rejets urbains en temps de pluie sur le Rhône.

En particulier, la comparaison entre l'état du Rhône observé avant et après la période fortement pluvieuse enregistrée au printemps 2008 a été effectuée afin de juger de l'impact des charges polluantes rejetées par le système pendant cette période.

Ces charges ont pu être estimées à l'aide du modèle hydraulique et des résultats des campagnes de mesures menées sur le réseau pendant la même période.

Les principaux résultats sont détaillés au chapitre suivant.

⁴ L'évaluation de cet indice biologique est basée sur l'analyse des microalgues de la famille des diatomées fixées au substrat (norme NFT 90-354).

3 RESULTATS

3.1 Caractérisation de la pollution de temps de pluie rejetée

3.1.1 Evénements pluvieux observés

Une vingtaine d'évènements pluviométriques (dont 16 pluies présentant un cumul > 5 mm) a pu être interceptée au cours de la campagne de mesures de 2 mois. Les 4 pluies suivantes, présentant les caractéristiques recherchées dans le cadre de l'étude⁵, ont fait l'objet de prélèvements d'échantillons.

Table 1 : caractéristiques des évènements pluvieux ayant fait l'objet de prélèvements

Événement	HT (mm)	Durée (h)	Intensité max. (mm/h)	Période de retour sur la pointe	Période de retour sur l'évènement	
Pluviomètre n°1 : Station de relevage vers le Rhône						
TP1	18-avr	13,4	9	3.8	10 j	3 semaines
	20/21-avr	11,6	3	7.8	1 mois	1 mois
TP2	28-avr	13,8	4	6.4	3 semaines	1,5 mois
TP3	5/6-mai	38,0	14	7.2	1 mois	6-7 mois
TP4	28-mai	10,6	2	6.6	15 j	2 mois

3.1.2 Evolution des débits mesurés en temps de pluie

Le réseau d'assainissement collecte d'importants débits par temps de pluie, de par sa nature très majoritairement unitaire. Sur la campagne de mesure, les volumes journaliers rejetés par la **station de relevage vers le Rhône** passent de 170 000 m³/j en moyenne jusqu'à 335 000 m³/j avec un débit moyen sur les 4 évènements échantillonnés de l'ordre de 230 000 m³/j.

La surface active de temps de pluie au niveau de l'exutoire peut être estimée à environ 500 ha contribuant au ruissellement.

3.1.3 Exploitation des analyses des échantillons prélevés

L'exploitation des analyses des échantillons a permis de mettre en évidence les 3 résultats suivants :

- On observe une dégradation en temps de pluie de la qualité du rejet aux exutoires (par rapport à la situation de temps sec) avec une augmentation des concentrations sur les principaux paramètres mesurés.

Cette aggravation apparaît par ailleurs liée à l'importance de la pluie. Les concentrations mesurées sont plus élevées pour les 2 évènements les plus importants (TP2 et TP3) ce qui peut être expliqué par une augmentation des déversements d'eaux usées en provenance du système d'assainissement et par le lessivage des sols. Néanmoins, les volumes écoulés augmentant également quand la pluie s'accroît, la dilution des écoulements limite la hausse des concentrations.

- Pour les évènements étudiés, les concentrations moyennes des échantillons varient de la manière suivante :
 - [MES] variant entre 50 et 270 mg/l
 - [DBO₅] variant entre 15 et 80 mg/l
 - [DCO] variant entre 50 et 160 mg/l

⁵ Périodes de retour hebdomadaire à bimestrielle - Caractéristiques propices au lessivage des sols (cumul total significatif – intensité supérieure à 4 mm/h) et suffisantes pour entraîner la surverse des déversoirs d'orage du réseau unitaire.

- Rapport [DCO]/[DBO₅] compris entre 2 et 4
- Azote Kjeldahl (NTK) compris entre 5,4 à 9,2 mg/l N
- Ammonium (NH⁴⁺) variant entre 1,7 à 7,9 mg/l N
- Orthophosphates (PO₄³⁻) compris entre 0,49 et 1,75 mg/l PO₄
- Phosphore total (P) variant entre 0,66 et 1,93 mg/l P.

Les flux de pollution moyens correspondants ont été évalués sur l'ensemble de la campagne: 13,3 kg/ha de MES - 1,9 kg/ha de DBO₅ - 10,2 kg/ha de DCO - 0,6 kg/ha d'Azote Kjeldahl - 0,1 kg/ha de P.

La comparaison de ces résultats (concentrations, flux) avec les valeurs disponibles dans les nombreux ouvrages de référence existants (cf. bibliographie) permet de classer les rejets étudiés comme des **rejets de réseau unitaire particulièrement dilués**⁶ avec des paramètres MES et DCO relativement élevés et des paramètres DBO₅, Azote et Phosphore globalement faibles.

- Les résultats obtenus n'ont pas mis en évidence⁷ un phénomène important de lessivage des surfaces imperméabilisées: pas d'augmentation significative de l'indice Hydrocarbure, détection de manière isolée et avec des concentrations faibles de HAP (Naphtalène, Fluorène), détection de quelques métaux lourds mais en concentrations très faibles (Cuivre, Zinc, Plomb).

3.1.4 Caractérisation des flux de pollution rejetés dans le Rhône pour des évènements de référence puis à l'échelle annuelle

La démarche retenue a consisté à estimer les volumes et charges de pollution rejetés à l'aval du système d'assainissement pour plusieurs évènements pluvieux « de référence », de période de retour variable : hebdomadaire, bimensuelle, mensuelle.

L'exploitation d'une « année synthétique » de pluie établie par Météo France sur la zone d'étude a permis également de reconstituer une année type à Avignon et d'évaluer les charges rejetées à l'échelle annuelle au droit des différents exutoires. Cette approche simplifiée a pour objectif principal de comparer entre elles des solutions différentes de réduction des flux polluants rejetés.

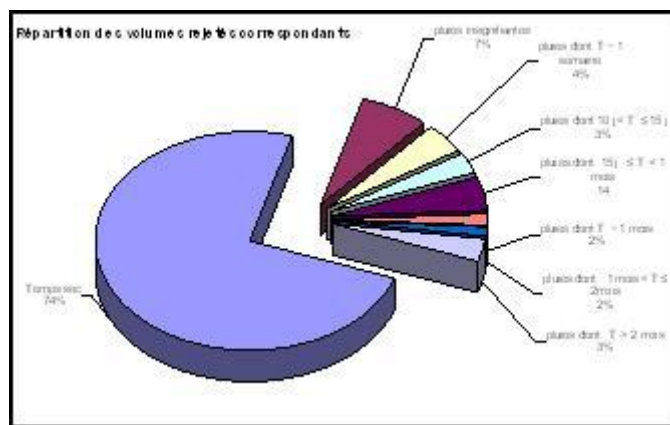


Figure 4 : Répartition des volumes rejetés en fonction de l'importance des pluies de référence

Cette étape a été réalisée à l'aide du modèle mathématique des réseaux d'assainissement construit dans le cadre du Schéma Directeur d'Assainissement, qui permet de prendre en compte de manière

⁶ Les apports de pollution sont nombreux en amont des points étudiés : différentes surverses du réseau unitaire, rejet des effluents épurés de la STEP, lessivage des surfaces urbanisées. Néanmoins, le réseau unitaire d'Avignon assurant également un drainage de nappe important et la collecte de plusieurs filiales d'irrigation, le facteur de dilution est important en temps sec et pour les pluies étudiées.

⁷ Il est important de souligner la faible taille de l'échantillon considéré et le contexte pluviométrique particulier (très courte période de temps sec précédant les 4 pluies d'où un dépôt limité de pollution au sol entre deux pluies ce qui pourrait expliquer l'absence de certains micropolluants attendus).

fine à la fois les volumes d'eaux usées à traiter, la fréquence d'apparition des déversements du réseau d'assainissement et les apports pluviaux stricts.

La comparaison des valeurs mesurées et des références bibliographiques avec les résultats des simulations effectuées confirme la bonne représentativité du modèle pour les pluies étudiées.

Dans un second temps, et afin de guider l'objectif de temps de pluie à retenir par le Grand Avignon pour la sécurisation du système d'assainissement étudié, les **améliorations à attendre** à l'aval du système en cas de mise en place d'aménagements de temps de pluie (stockage, traitement, ...) ont été quantifiées. Les résultats correspondants font l'objet d'une seconde phase d'étude qui n'est pas présentée ici.

3.2 Evaluation de la sensibilité du Rhone aux rejets urbains en temps de pluie à Avignon

3.2.1 État observé après une période de temps sec

Les principaux résultats de la première campagne de mesures⁸ sont les suivants :

- la qualité du Rhône à proximité d'Avignon apparaît globalement **moyenne à bonne**. En particulier, la qualité est bonne pour les paramètres physicochimiques en relation directe avec l'assainissement des eaux usées (matières carbonées, azotées et phosphorées).
- l'indice IBGA en aval du rejet est de 16/20 ce qui témoigne d'une bonne qualité hydrobiologique. Ceci est lié notamment à la bonne richesse taxonomique présente sur cette station (44 taxons⁹ prélevés) traduisant la variété des habitats présents. Le groupe faunistique indicateur, de niveau 5 sur une échelle de 1 à 9, nuance le diagnostic : le peuplement est composé en majorité d'organismes peu sensibles aux pollutions.
- Les indices diatomiques, compris entre 13 et 14/20, correspondent à une **eutrophisation modérée** des eaux du Rhône à hauteur d'Avignon **sans variation significative entre les différentes stations**. Ces indices (mesures d'avril 2008) ont été comparés avec les valeurs-seuils provisoires (circulaire du 18 juillet 2005 revue par la note du 13 juillet 2007) de la classe du bon état (en l'absence d'indicateurs et de valeurs seuils pour le bon potentiel ; objectif à atteindre sur le Rhône à l'horizon 2015) : ils se situent dans les limites de la classe « **bon état** ».
- par ailleurs, l'impact éventuel des rejets d'Avignon a été estimé en comparant les chroniques de mesures réalisées dans le cadre du réseau national de bassin, en amont d'Avignon, à Roquemaure, et en aval, à Aramon (sur ce tronçon, apports intermédiaires de la Sorgue et de la Durance mais cours d'eau de bonne qualité aux débits faibles en comparaison du Rhône) et à Arles.

Cette approche montre :

- l'absence d'impact significatif sur les paramètres physicochimiques et sur les diatomées (indice IBD),
- une légère dégradation de la qualité biologique et de la diversité des peuplements d'invertébrés (indice IBGA). Toutefois, cet impact est peu significatif et ne se répercute pas à l'aval (Arles).
- enfin, l'analyse des sédiments¹⁰ du fleuve en amont¹¹ du rejet d'Avignon montre une pollution générale modérée (peu de matières organiques, légère contamination par l'arsenic, le chrome et le nickel, quelques HAP « pyrolytiques » issus notamment de la combustion incomplète de produits pétroliers (moteurs à combustion): Benzo (b) fluoranthène, Benzo (a) pyrène, Benzo (k) fluoranthène.

⁸ Les données physicochimiques et biologiques diffusées par le Réseau National de Bassin (en amont à Montfaucon, à Avignon et en aval à Aramon puis Arles) ont également été analysées. Globalement, elles confirment les résultats obtenus.

⁹ Taxon : unité systématique considérée (famille, genre, espèce, ...).

¹⁰ Les sédiments constituent généralement de bons traceurs de la présence de micropolluants, dont ceux dus aux rejets de temps de pluie, et conservent la « mémoire » des pollutions antérieures.

¹¹ Il n'a pas été possible d'analyser les sédiments en aval du rejet d'Avignon, en l'absence de sédiments fins.

La pollution mesurée est semblable à ce que l'on mesure plus en amont (Roquemaure) et plus en aval (Aramon). Aucune aggravation significative n'est donc mesurée après rejet du système étudié, au regard des données consultées.

3.2.2 État observé après une période pluvieuse

La deuxième série de mesures intervient à l'issue d'une longue **période pluvieuse** (plusieurs pluies de période de retour 1 semaine à 3 mois – année plus pluvieuse que la normale).

Pendant cette période, le Rhône a également subi **des augmentations de débits significatives** à 2 reprises. Les débits de pointe correspondants à ces 2 événements présentent des périodes de retour de 10 j et 2 mois respectivement, d'après les données dont nous disposons: Il ne s'agit donc pas d'événements exceptionnels puisqu'ils se produisent statistiquement 0,5 à 3 fois par mois en moyenne.

La comparaison des résultats des 2 campagnes amène des conclusions contrastées suivant le compartiment biologique étudié:

- une baisse sensible de la qualité de la faune invertébrée benthique est observée : l'indice IBGA passe de 16 à 11/20 (classe de qualité globale moyenne). La diversité baisse de 10 taxons avec disparition des espèces polluosensibles observées lors de la première campagne. Le groupe faunistique indicateur chute de 5 à 2. Le peuplement est composé d'organismes ubiquistes, résistants aux pollutions.

- en revanche, le peuplement de diatomées n'est pas affecté (pas de différence significative entre les 2 campagnes et entre les 3 stations étudiées) : les notes indicelles sont comprises entre 13,1 et 15,5 / 20. Ce peuplement algal indique des eaux plutôt bien oxygénées, riches en nutriments et moyennement chargées en matières organiques. Les peuplements des 3 stations sont bien diversifiés, en particulier à la station « aval éloigné » (70 espèces différentes) ce qui traduit la stabilité des conditions environnementales et le bon équilibre des populations installées à ces stations.

- les augmentations de débits observées sur le Rhône ont largement contribué à l'altération de la qualité observée :

- un colmatage des fonds a été recensé. Ce phénomène, induit par les 2 « crues », entraîne la disparition de certaines espèces et réduit donc le niveau de qualité mesuré (diversité plus faible).
- la dégradation mesurée n'est pas cantonnée à la berge rive gauche : elle est donc imputable en majorité aux petites « crues » enregistrées et aux apports de MES induits plutôt qu'au rejet dont le panache est localisé en rive gauche.

L'impact des 2 augmentations successives du débit du Rhône semble donc nettement couvrir celui éventuellement lié aux déversements du système d'assainissement d'Avignon par temps de pluie.

Il est rappelé que même dans la configuration la plus pénalisante qui puisse être envisagée (Rhône à l'étiage sévère : $QMNA_5=360 \text{ m}^3/\text{s}$), le débit de pointe estimé des rejets de l'ensemble du système d'Avignon pour une pluie mensuelle ne représente que 1% des volumes du Rhône écoulés dans le même temps.

L'impact attendu sur les concentrations en DBO_5 et MES du Rhône dans de telles conditions est très faible et difficilement détectable avec certitude par les méthodes d'analyse classiques utilisées en laboratoire.

Ainsi le Rhône, grâce à son courant rapide et à un débit très élevé même à l'étiage, en comparaison des débits rejetés, atténue probablement considérablement les effets de choc potentiels des rejets polluants d'Avignon. En témoigne la faible dégradation du Rhône observée lors de cette 2^{ème} campagne, pourtant précédée d'une période pluvieuse particulièrement marquée.

4 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les résultats de mesures présentés ne permettent pas de conclure de manière formelle sur l'incidence des rejets de temps de pluie du système d'assainissement étudié sur le Rhône.

Ils permettent toutefois de nuancer les orientations qui seraient retenues *à priori* en matière de gestion du temps de pluie sur le réseau d'assainissement.

L'approche mise en œuvre souligne également la difficulté, dans le cadre temporel d'une étude technique ponctuelle, de pouvoir disposer de données fiables et suffisantes.

En particulier, on peut regretter de n'avoir pas pu réaliser de campagnes de mesure sur le Rhône à l'étiage et hors crue (ex : à la fin de l'été, avant les premières pluies significatives automnales). Rappelons que les 2 augmentations de débits du Rhône observées ne peuvent être qualifiées d'exceptionnelles (puisqu'observées en moyenne 0.5 à 3 fois par mois).

Un programme de suivi physico-chimique et biologique du milieu, s'appuyant sur des prélèvements réguliers en différentes stations en amont et en aval, et corrélé avec les événements pluviométriques, permettrait d'améliorer la connaissance des effets des rejets urbains de temps de pluie.

En disposant ainsi de chroniques de mesures fiables et longues, il serait envisageable de quantifier avec plus de précisions l'incidence sur le milieu récepteur en différentes configurations.

Par ailleurs, la mise en place récente de l'autosurveillance sur le réseau d'Avignon permettra également à court terme de préciser les hypothèses établies sur les caractéristiques des rejets de temps de pluie.

BIBLIOGRAPHIE

- MERTZ M.C., CHEBBO G., SAAD M. (1996). Caractérisation et équipement du bassin versant expérimental « Le Marais ». Bassin versant expérimental du Marais. Rapport d'avancement. CERGRENE-LABAM, École Nationale des Ponts et Chaussées, 106p + annexes.
- GROMAIRE-MERTZ M.C., DESBORDES M. (1998). La pollution des eaux pluviales urbaines en réseau d'assainissement unitaire – Caractéristiques et origines. Thèse de Doctorat. École Nationale des Ponts et Chaussée. 477p.
- MOSE, LAFON, VIVIER (1997). Caractérisation des rejets urbains de Temps de pluie et de leurs impacts sur l'oxygénation de la Seine. Rapport de Thèse. École Nationale des Ponts et Chaussée.
- VALIRON F., TABUCHI J.P. (1992). Maîtrise de la pollution par temps de pluie. État de l'art. Edition Tec&Doc, Lavoisier, Paris. 564p.
- BACHOC A., TABUCHI J.P., CHEBBO G., PHILIPPE J.P. (1994). La pollution des rejets urbains par temps de pluie : quantité, origine et nature. La Houille Blanche, n°1/2, p. 21-32.
- CHOCAT B., EURYDICE 92. (1997). Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement. Edition Tec&Doc, Lavoisier, Paris. 1124p.
- GRAIE - Y. Azzout & al. (1994). Les techniques alternatives en assainissement pluvial : choix, conception, réalisation et entretien. Editions Tec&Doc, Lavoisier, 378p.
- LEBRETON L. (1996). Impact de la mise en suspension de sédiments urbains : évaluation expérimentale de la mobilité des métaux (Zn, Pb, Cu, Cd, Fe, Mn). Thèse de doctorat. Université paris XII – Val de Marne, 326p. + annexes.