

Évaluation des déversements de pluies d'orage et de leurs effets sur un petit ruisseau périurbain, le Peugue

Emmanuelle Lucas¹, Chantal Jacopin¹, Michel Coste², François Delmas², Jean-François Dubernet², Alain Dutartre², Jean-Daniel Baladès³ et Pierre Bourgogne⁴

Contexte et objectifs

La communauté urbaine de Bordeaux (CUB) s'est dotée d'un système efficace de gestion des eaux d'orage pour éviter les inondations (34 bassins de rétention, 1 500 000 m³ de capacité de stockage, et « RAMSES », un système informatisé de contrôle des eaux d'orage). En 1996, un vaste programme de recherche a été initié par la CUB et mis en oeuvre par le GIS GARIH¹ (groupement scientifique réunissant plusieurs équipes de recherche aquitaines), afin de définir les meilleures stratégies pour la gestion des pluies d'orage ; le but étant aussi de trouver des solutions permettant un bon équilibre entre la protection de l'environnement et la prévention des inondations. Un des projets de ce programme de recherche a consisté en l'étude des impacts du temps de pluie sur un petit ruisseau péri-urbain, le Peugue, qui reçoit les eaux pluviales d'un bassin versant de 673 ha situé au sud-ouest de Bordeaux.

L'objectif principal de cette étude sur trois ans, qui a débuté en 1996, était de comprendre les effets des écoulements de temps de pluie et des flux de polluants sur l'écosystème du Peugue d'amont vers l'aval. Ceci en vue d'optimiser un programme de gestion des crues plus respectueux de cet écosystème et de développer une méthodologie pour mesurer les effets des eaux pluviales transposable à d'autres hydrosystèmes péri-urbains.

Les étapes suivantes ont été réalisées :

- contrôle continu des charges polluantes déversées dans le Peugue par temps sec et temps de pluie de sa source jusqu'au lieu-dit « Le Burck », 6 km

en aval. La stratégie d'échantillonnage et la gamme des paramètres analysés a pu varier en fonction de la localisation des points de mesure, des surfaces drainées et surtout des caractéristiques des épisodes échantillonnés (stratégie différente pour des analyses à pas de temps régulier et pour la description de la dynamique événementielle de crues) ;

- étude des effets des flux de polluants par temps sec sur la flore et la faune aquatique et les sédiments de l'amont vers l'aval ;
- estimation de l'impact du bassin de rétention du Bourgaillh, qui est traversé par le Peugue, sur la qualité du milieu.

Sites et mesures

La figure 1 situe les stations de mesures sur le cours du Peugue.

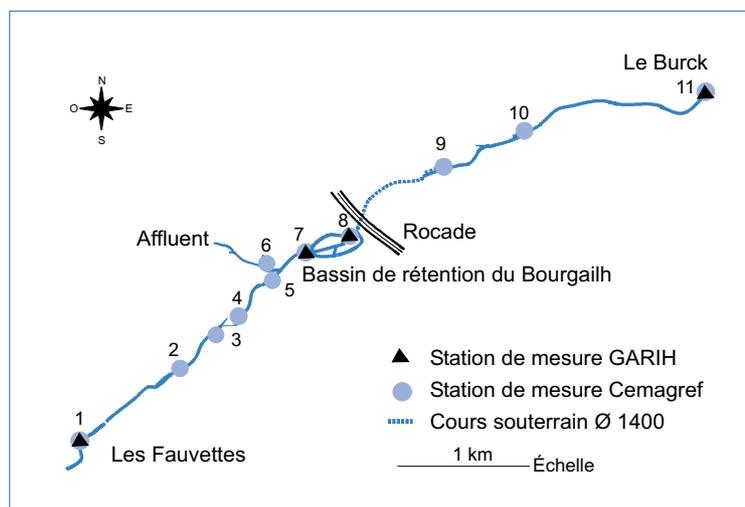
À la suite des reconnaissances réalisées sur le linéaire étudié et en fonction des caractéristiques du cours d'eau et des réseaux qui y débouchent, il a été décidé de suivre onze stations sur le linéaire du ruisseau (figure 1), dont quatre correspondent à des stations permanentes instrumentées du GARIH. Les rejets de deux buses (B29 et B35) ont pu être analysés plus régulièrement et apportent des éléments dans la compréhension de la dégradation de la qualité de l'eau du ruisseau. Leur débit est variable, il s'élève par temps de pluie mais reste permanent par temps sec, et peut même être qualifié de soutenu pour la buse 29.

La B29 est située entre les station 4 et 5, la B35 débouche au milieu du bassin du Bourgaillh entre les stations 7 et 8.

1. GARIH : Groupement aquitain pour la recherche et l'innovation en hydrologie.

Les contacts

1. CTIA-Lyonnaise des Eaux, BP 9, 91 rue Paulin, 33029 Bordeaux Cedex
2. Cemagref-Bordeaux 50 avenue de Verdun, BP 3, 33611 Gazinet Cedex
3. CETE SO, 24, rue Carton, BP58 33019 Bordeaux Cedex
4. Communauté urbaine de Bordeaux, Esplanade Charles de Gaulle, 33000 Bordeaux



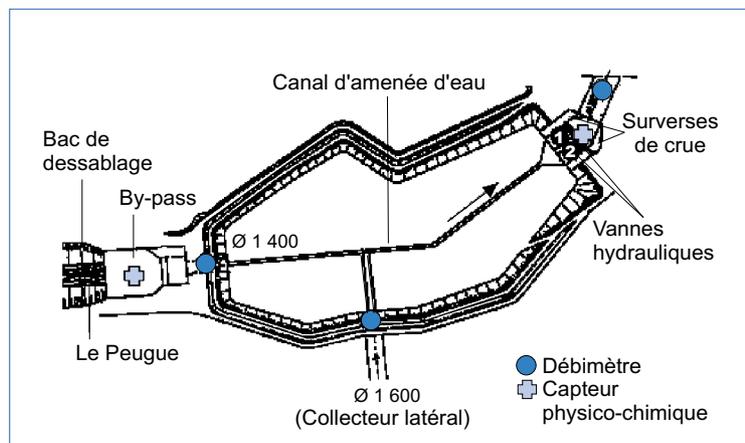
▲ Figure 1 – Localisation des stations de mesures.

Un ruisseau se jette dans le Peugue en rive gauche en amont du bassin du Bourgaillh, il provient d'une zone très peu urbanisée. Par la suite il est dénommé **affluent**.

Onze stations sont suivies mensuellement. Les prélèvements effectués sont analysés par l'Institut européen de l'environnement de Bordeaux sur la base de 14 paramètres physico-chimiques reconnus importants pour l'interprétation des indices diatomiques.

Des dosages de métaux ont été également réalisés sur les échantillons d'eau sur les premières campagnes (zinc, cadmium, chrome, cuivre, plomb) mais n'ont pas donné de résultats significatifs en basses eaux (teneurs très faibles, aux limites de sensibilité des méthodes d'analyse). Il a donc été décidé de ne pas poursuivre les analyses systéma-

▼ Figure 2 – Bassin de rétention du Bourgaillh.



tiques de métaux sur les échantillons d'eau hors des périodes de crues.

Le bassin du Bourgaillh (figure 2) a été construit sur le Peugue afin de servir d'ouvrage d'écrêtement des crues. D'une superficie de 3,5 ha, il permet de contrôler les forts débits et de limiter le risque d'inondation à l'aval (capacité calculée sur une pluie décennale, 39,5 mm en 54 minutes). Durant les épisodes pluvieux, le Peugue est utilisé comme un réseau séparatif. La superficie drainée à caractère semi urbain est de 676 ha. À l'amont de ce dispositif, le développement résidentiel est récent et clairsemé avec de nombreuses surfaces boisées. Les constructions sont de plus en plus denses sur la partie aval. L'imperméabilité du bassin est estimée à 20 %. Le bassin est aussi alimenté par un collecteur latéral d'une surface de 98 ha et dont l'imperméabilité est de 26 %.

Hydrologie et qualité du ruisseau périurbain par temps sec et temps de pluie

Caractéristiques

Le Peugue présente un encaissement variable de moins de un mètre à près de trois mètres cinquante pour une moyenne d'environ 2 m. La largeur de son lit mineur est comprise entre 1 et 3 mètres sur près de 85 % de son linéaire. Le lit majeur présente une largeur très variable, de 2 à 3 mètres environ dans certains sites très encaissés à plus de 20 mètres dans les sites très aménagés comme la partie de cours située à l'amont du bassin d'étalement du Bourgaillh. Les substrats sont très largement représentés par du sable des Landes facilement mobilisable par les écoulements.

Sur le linéaire étudié, 57 % des berges sont aménagées. Deux tiers de ces aménagements sont des perrés bétonnés et des tunages ; quelques enrochements et protections en géotextiles sont également présents. L'artificialisation très importante du cours est très bien illustrée par le fait que les profils « naturels » ne représentent que 3 % du linéaire étudié alors que le type « trapézoïdal », profil construit par aménagement correspond à 46 % de ce linéaire.

64 buses de diamètres variables ont été répertoriées sur le linéaire étudié. Lors de la campagne de reconnaissance, 45 % d'entre elles présentaient un écoulement, souvent malodorant ou fortement coloré, alors que le temps était ensoleillé et sans pluie depuis une longue période.

Seulement 7 % du cours étudié présentent une ripisylve notable, partiellement constituée d'essences plantées par les propriétaires riverains ; cette quasi-absence de ripisylve se traduit par un éclaircissement maximal sur le cours et des potentialités notables d'élévation des températures des eaux.

Sur un plan hydrologique, l'inertie du débit par rapport à la pluie est faible. Les variations de débit (mesurées au Burck) sont importantes et brutales. Ainsi, il peut passer de quelques dizaines de litres/secondes à plus de un mètre cube/seconde en une heure (figure 3).

De l'ensemble des résultats analytiques obtenus, il ressort que la qualité physico-chimique de l'eau du Peugue se dégrade fortement de l'amont vers l'aval. Les concentrations de certains paramètres peuvent doubler entre les stations 1 et 11.

La figure 4 indique le cas des variations en nitrates en 1997.

En ce qui concerne les buses à écoulement permanent, les analyses révèlent qu'il ne s'agit pas uniquement de rejets pluviaux et qu'elles contribuent grandement à la dégradation de la qualité de l'eau. L'affluent de la rive gauche situé entre les points 5 et 6 apparaît comme étant de bonne qualité et aurait un rôle de dilution.

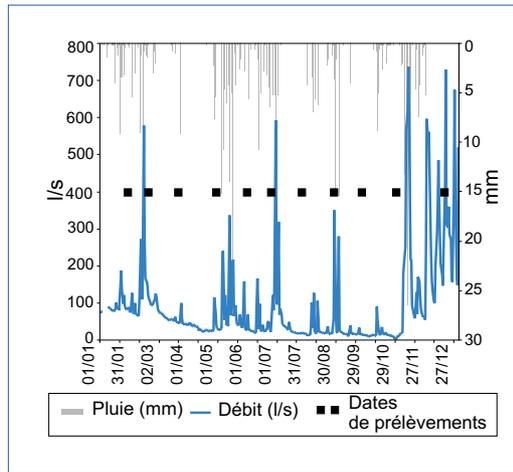


Figure 3 – Position des prélèvements par rapport à la pluviométrie et aux débits du Peugue.

Le suivi d'épisodes de crues a permis de dégager les informations suivantes :

- le pic de matières en suspension (MES) est en avance par rapport au débit ;
- les paramètres physico-chimiques subissent un effet de dilution alors que la matière organique mesurée par l'oxydabilité augmente avec le débit ;
- un suivi analytique particulier sur 6 métaux (fer, zinc, cadmium, chrome, cuivre, plomb) révèle que les concentrations en métaux dans l'eau en pério-

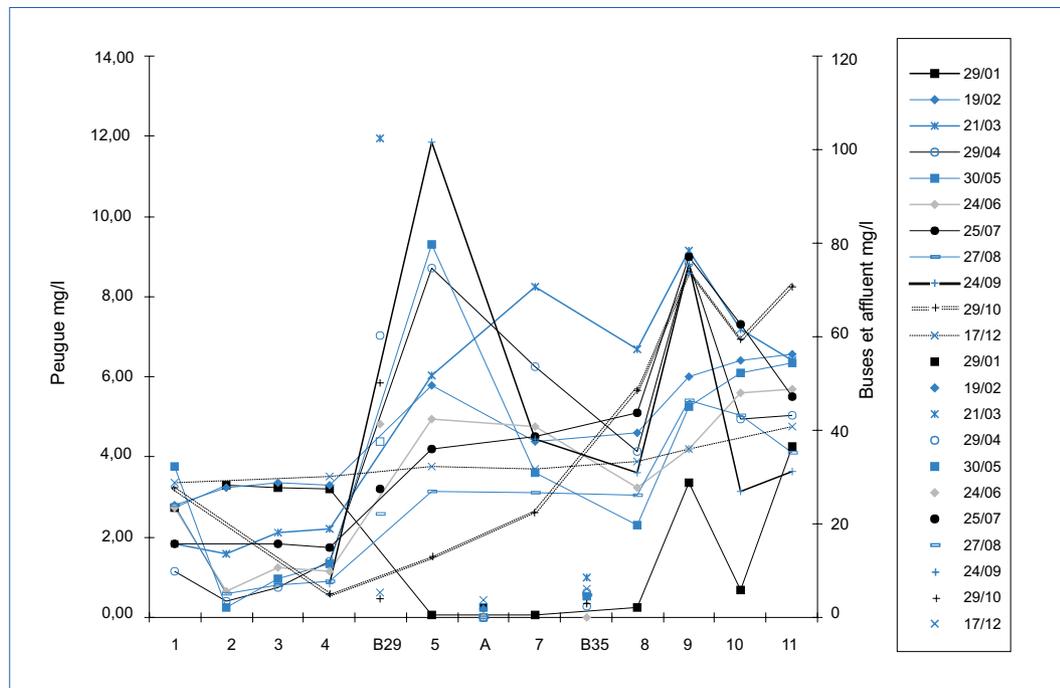


Figure 4 – Variation des concentrations en nitrates sur le Peugue (1997).

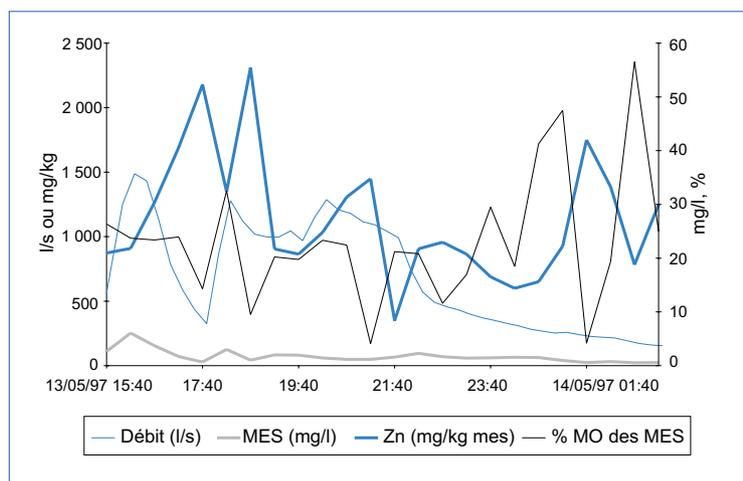
des de crues sont directement liées aux teneurs en matières en suspension (métaux essentiellement sous forme particulaire) ;

– de plus, le suivi dynamique des concentrations de métaux rapportés à la teneur en MES des échantillons d'eaux de crues et au pourcentage de matières organiques dans les MES démontre de façon claire que, dans le contexte particulier de ce bassin versant, les concentrations en métaux dans les MES sont maximales lors des baisses de charriage (baisses de débit), lorsque les particules en suspension sont légères et les plus minérales (probablement argiles au sens granulométrique du terme). Dans les MES des crues, les métaux sont donc liés essentiellement aux argiles, et pas à la matière organique (cas du zinc, figure 5).

Sédiments

Les analyses ont porté sur la teneur en matière organique, l'azote, le phosphore et des métaux lourds (zinc, cadmium, plomb, cuivre, chrome, fer, manganèse).

Les sédiments de surface prélevés montrent des teneurs en métaux lourds liées aux teneurs en matière organique. Elles sont du même ordre de grandeur que celles mesurées sur des carottages de surface effectués dans le bassin de retenue du Bourgaillh. Les concentrations en zinc sont élevées et proches de celles rencontrées dans les dépôts de chaussées (figure 6).



▲ Figure 5 – Variations des teneurs en zinc dans les MES (crue du 13/05/97).

Organismes aquatiques

Les macrophytes
Peuplements

La reconnaissance de terrain a permis de choisir trois stations d'étude des peuplements de macrophytes, situées pour la première dans la partie amont du cours, la seconde à l'amont immédiat du bassin d'étalement du Bourgaillh, la dernière dans la partie aval.

Ces peuplements sont peu diversifiés avec un maximum de 16 taxons sur la station amont, 12 sur la deuxième station et 11 à l'aval. Sept taxons sont présents sur toutes les stations avec des abondances variables : deux genres d'algues filamenteuses (*Rhizoclonium* et *Cladophora*), *Helosciadium nodiflorum*, *Polygonum hydropiper*, *Alisma plantago-aquatica*, *Typha latifolia* et *Phalaris arundinacea*. Neuf taxons ne sont présents que sur une seule station, avec généralement de faibles abondances.

La diversité taxinomique globale décroissante des stations de l'amont vers l'aval du cours d'eau semble être directement liée à l'instabilité physique croissante des biotopes, principalement liée à la forte contrainte hydrodynamique du cours d'eau (qui provoque une mouvance des fonds et un charriage de matériaux sableux) et à la variabilité de la qualité des eaux.

Indices macrophytes

Les travaux engagés en France sur l'évaluation de la qualité des eaux courantes à l'aide des peuplements de macrophytes ont récemment fait l'objet d'une proposition d'indice. Considérés comme provisoires et expérimentaux, ces indices macrophytes doivent encore être testés (Hauray *et al.*, 1996). Ils ont été appliqués aux trois stations du Peugue et à un affluent rive gauche présentant une meilleure qualité physico-chimique des eaux.

Pour une note maximale de 10, les indices calculés sont de 4,9 à l'amont, 4,4 sur la deuxième station et 4,6 sur la station aval. La valeur d'indice macrophyte de l'affluent, considéré comme une référence locale de qualité acceptable, est de 6,0. Ces résultats sont à utiliser avec précautions et doivent être considérés comme des indications ; en effet, ils sont l'aboutissement d'une seule campagne, ce qui est insuffisant pour une application normale des indices. Ils semblent toutefois relativement cohérents par rapport aux résultats de la physico-chimie de l'eau.

Types biologiques

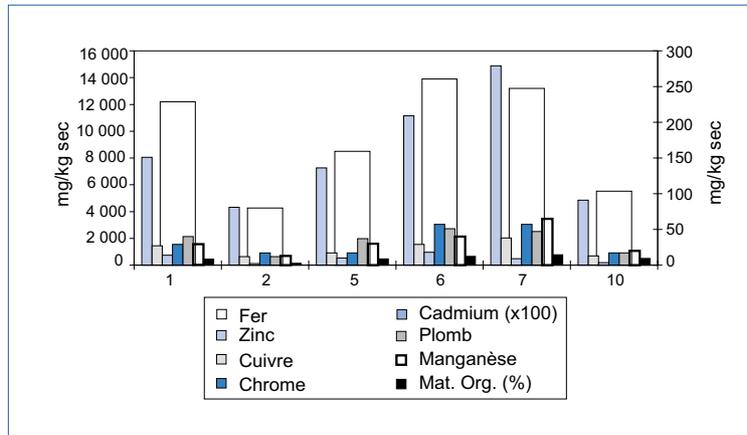
Un examen des types biologiques de macrophytes présents sur les stations montre que les héliophytes (plantes semi-aquatiques) dominent généralement très largement ces peuplements (de l'amont vers l'aval 12, 9 et 7 taxons). Ces plantes généralement bien enracinées, même dans un substrat sableux offrant des possibilités réduites d'enracinement permanent, peuvent plus facilement résister aux très fortes variations de vitesse de courant liées aux épisodes pluvieux que les plantes hydrophytes immergées (2, 1 et 2 taxons) aux faibles enracinements. Les hydrophytes sont de plus limités par l'ombrage des héliophytes sur le lit.

Les deux genres d'algues, organismes au cycle biologique court, sont bien adaptés aux conditions hydrologiques estivales du cours d'eau (faible étiage) et leur relative abondance est une illustration de la qualité relativement médiocre des eaux.

Bioindication par les diatomées

Les premiers inventaires diatomiques réalisés à partir des substrats naturels (épilithon et périphyton), ont permis de recenser plus de 150 taxons sur les 11 stations (figure 7). Cette microflore diversifiée est enrichie à l'amont du Bourgaillh par des espèces plus acidophiles (station 6).

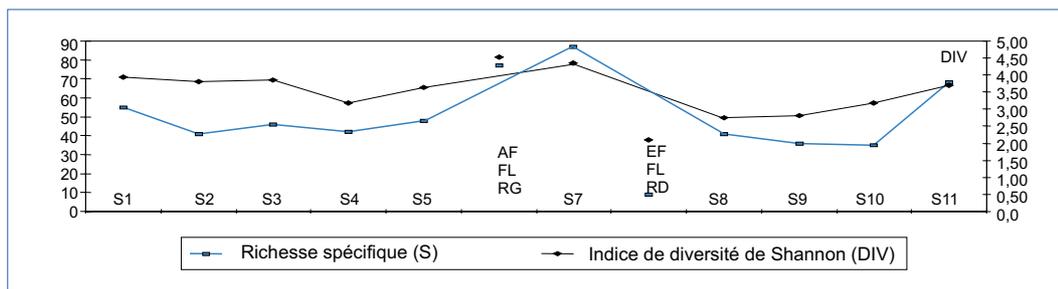
La qualité biologique de l'eau exprimée par ces algues au travers des indices diatomiques reste néanmoins très moyenne, avec des apports pré-occupants en rive droite au niveau du Bourgaillh.



L'application de l'indice IPS (indice de pollu-sensibilité spécifique, Cemagref 1982), qui utilise tous les taxons présents, conforte les résultats de la physico-chimie (figure 8). À noter la notation élevée de l'affluent de rive gauche (station 6), point non intégré dans la courbe car ne s'insérant pas dans une continuité amont-aval, caractéristique d'une station d'excellente qualité.

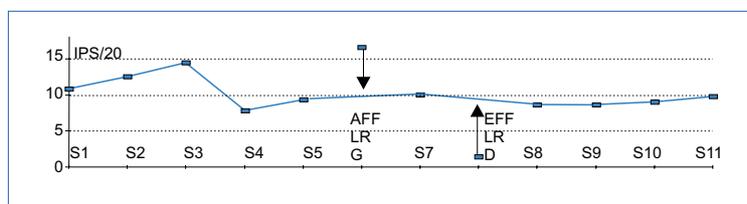
▲ Figure 6 – Concentrations en métaux dans les sédiments du Peugue (06/11/97).

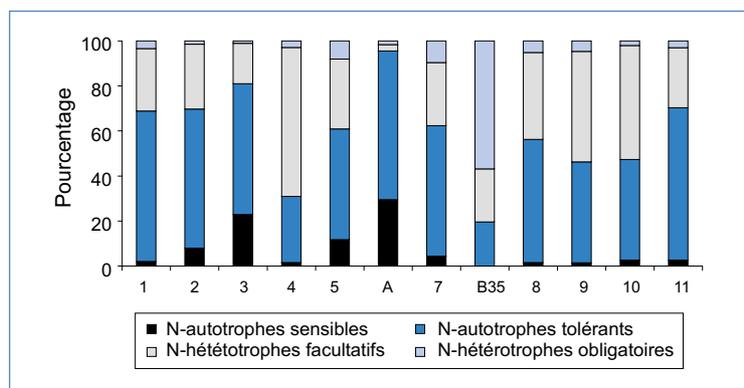
La chute d'indice observée à la station 4 pourrait être imputable à la nature des substrats prospectés (feuille plastique à défaut de pierres) et montre s'il en était besoin, l'intérêt d'utiliser des substrats normalisés. Une autre hypothèse plausible serait la présence d'un rejet intermittent non détecté par les échantillonnages à dates fixes. L'exa-



▲ Figure 7 – Évolution de la richesse et de la diversité spécifiques des diatomées du Peugue (02/97).

► Figure 8 – Application de l'indice diatomique IPS aux diatomées du Peugue sur substrats naturels (02/97).





▲ Figure 9 – Distribution des diatomées N-hétérotrophes le long du Peugue (02/97).

men des caractéristiques autoécologiques confirme les résultats de l'IPS et conforte cette deuxième hypothèse, avec un accroissement notable des formes N-hétérotrophes dès la station 4 (figure 9).

Conclusion et perspectives

L'approche linéaire descriptive du cours du ruisseau a permis la mise en évidence de divers éléments de base du fonctionnement de ce milieu. Tout d'abord, le lit et les berges sont aménagés en très grande proportion : des travaux de recalibrage, de reprofilage du cours et des protections de berges ont permis d'aménager le Peugue dans son contexte périurbain en lui donnant des caractéristiques dimensionnelles et un tracé respectant les contraintes humaines. Ces aménagements et les modalités de l'entretien régulier qui permet de maintenir la situation ainsi créée peuvent se traduire par des modifications locales des mécanismes d'érosion, de transport et de dépôt et engendrent une relative homogénéité spatiale sans doute confortée par la nature des écoulements. Cet entretien du lit a également des répercussions au niveau des habitats, dont une diminution de leur diversité et une diminution des capacités mécaniques d'oxygénation en supprimant les zones de remous.

La qualité physico-chimique du Peugue est globalement médiocre. La dégradation de la qualité de l'eau de l'amont vers l'aval est due aux rejets permanents qui se déversent dans le Peugue (buses 29 et 35 notamment).

En temps de pluie, si les concentrations des ions diminuent par effet de dilution, l'oxydabilité (paramètre traduisant une certaine pollution organique) augmente et suit étroitement les variations de débit. Les métaux (zinc, plomb, cuivre) apparaissent liés aux matières en suspension mais ne sem-

blent pas être fonction de leur teneur en matière organique comme cela est le cas avec le sédiment.

Les informations relatives à la qualité de l'eau du Peugue collectées en 1997 ont permis d'acquérir une bonne connaissance de base du fonctionnement de cet hydrosystème. Le suivi est à poursuivre pour acquérir la dimension inter-annuelle, ainsi que pour diversifier le jeu de données relatif à certains événements particuliers (étiage très sévère, fortes crues). Il conviendra de vérifier le comportement des transports solides à travers les liaisons métaux/matière organique observées dans les sédiments et les matières en suspension.

L'approche des macrophytes réalisée en 1997 pourra donc servir de référence pour les investigations futures et permettre d'obtenir des éléments plus précis et plus complets sur la dynamique végétale dans le cours du ruisseau. L'analyse de la répartition des types biologiques de macrophytes au long du cours du Peugue (faible nombre d'espèces d'hydrophytes vraies, présence décroissante vers l'aval) traduit la sévérité des conditions physiques dans de tels milieux, et notamment de la contrainte hydrodynamique alliée à la mouvance du substrat sableux. Les calculs d'indice macrophytes montrent une assez nette différence d'appréciation entre le Peugue et son affluent, ce qui semble cohérent avec les résultats de qualité physico-chimique des eaux. Par contre, l'évolution amont/aval de la notation indicelle sur les trois stations du Peugue, bien que cohérente avec les résultats d'analyses de qualité d'eau, n'est pas très discriminante et demande confirmation. Les indices actuels, encore provisoires, sont en cours d'amélioration et les investigations futures sur le Peugue pourront éventuellement participer à ces améliorations.

Les premiers résultats biologiques confrontés aux analyses chimiques, montrent une bonne corrélation des différents paramètres en ce qui concerne la qualité moyenne du ruisseau et des différents rejets répertoriés (surtout la buse 35). Néanmoins il sera nécessaire d'augmenter le référentiel acquis sur chaque station, un faible nombre de relevés ne permettant pas d'analyses approfondies des variations et des impacts des rejets pollués. Par exemple la buse 29 qui semble un apport polluant n'a pas l'air d'influer très sensiblement sur les indices entre les stations 4 et 5. Par contre, sur les diatomées, la chute brutale de l'IPS (figure 8) entre les stations 3 et 4 apparaît à première vue surprenante en fonction des résultats d'analyses chimiques ba-

sées sur des prélèvements d'échantillons d'eau à cadence fixe mensuelle. Au vu de la figure 9 classant les caractéristiques autoécologiques des diatomées en place sur les stations, cette baisse d'indice, confortée par la présence de diatomées N-hétérotrophes, est très probablement due à des rejets organiques occasionnels non appréhendés par la stratégie d'échantillonnage en place. □

Remerciements

Cette étude a été réalisée par le GARIH (Groupe aquitain pour la recherche et l'innovation en hydrologie) avec la participation et le financement de la communauté urbaine de Bordeaux, de la Lyonnaise des Eaux, de l'Agence de l'eau Adour-Garonne et du conseil régional d'Aquitaine.

Résumé

L'objectif principal de cette étude sur trois ans qui a débuté en 1996 était de comprendre les effets des écoulement de temps de pluie et des flux de polluants qui les accompagnent sur les milieux aquatiques du Peugue de l'amont vers l'aval, en vue : 1) d'optimiser un programme de gestion des crues plus respectueux de cet écosystème et 2) de développer une méthodologie transposable pour mesurer les effets des eaux pluviales. Durant les épisodes pluvieux, le Peugue est utilisé comme un réseau séparatif. La superficie drainée à caractère semi urbain est de 676 ha. À l'amont de ce dispositif, le développement résidentiel est récent et clairsemé avec de nombreuses surfaces boisées. Les constructions sont de plus en plus denses sur la partie aval.

L'approche linéaire descriptive du cours du ruisseau a permis la mise en évidence de divers éléments de base du fonctionnement de ce milieu. Sur un plan hydrologique, l'inertie du débit par rapport à la pluie est faible. Les variations de débit (mesurées au Burck) sont importantes et brutales, pouvant passer en une heure de quelques dizaines de litres/secondes à plus de un mètre cube/seconde. De l'ensemble des résultats analytiques obtenus, il ressort que la qualité physico-chimique de l'eau du Peugue se dégrade fortement de l'amont vers l'aval. Les teneurs en métaux des sédiments sont du même ordre de grandeur que celles mesurées sur des carottages de surface effectués dans le bassin de retenue du Bourgaillh. Les calculs d'Indice Macrophytes donnent des résultats en bonne cohérence avec les résultats de qualité physico-chimique des eaux, notamment, ils rendent bien compte de la différence de qualité, révélée par les analyses physico-chimiques, entre le Peugue et son affluent. Plus généralement, on constate une bonne corrélation entre les différents paramètres physico-chimiques et biologiques (macrophytes, diatomées) et les altérations liées aux différents rejets répertoriés.

Abstract

Objective of the three-year monitoring study on the Peugue, which started in 1996, was to understand the effects of wet weather flows and runoff pollutants on the Peugue ecosystem from upstream to downstream, in order to design an optimal management program for flood protection while maintaining protection for the Peugue ecosystem, and then to develop a transposable general methodology for measuring the effects of stormwater on the aquatic ecosystem. During rainfall events, the Peugue river is used as a separate stormwater sewer system. The basin drains a 676-ha semi-urban area. In the upstream part of this catchment, the residential development is new and sparse with many wooded areas. Housing becomes more and more dense in the downstream part.

The descriptive linear approach of the Peugue stream allowed the highlighting of various basic elements relative to the functioning of this system. On a hydrological level, the inertia of the flow related to the rain is weak. The flow variations (measured at Le Burck) are significant and sudden, able to pass in one hour from a few tens of l/s to more than one m³/s. From the whole of the analytical results obtained, the physicochemical quality of the Peugue water arises strongly degrading from upstream to downstream. The metal contents of the sediments are in the same order of magnitude as those measured on surface corings carried out in the laying-up of Bourgaillh basin. Macrophyte index results are in good coherence with the results of physicochemical quality of water. This is particularly well illustrated between Peugue and its affluent. More generally, a good correlation between the various biological (macrophytes, diatoms) and physico-chemical parameters and the various discharges indexed is registered.

Bibliographie

- BERTRAND-KRAJEWSKI, J.-L., 1994, *Pollution des rejets urbains par temps de pluie : synthèse générale*, Lyonnaise des Eaux, CIRSEE éd., 140 p.
- BLAMEY, M., GREY-WILSON, C., 1991, *La flore d'Europe occidentale*, Arthaud éd., Paris, 544 p.
- BREMONT, R., VUICHARD, R., 1973, *Paramètres de la qualité des eaux*, Ministère de l'Environnement éd., Paris, 180 p.
- BRIAT, P., JURY, M., LUCAS, E., URBAIN, V., JACOPIN, C., BOURGOGNE, P., 1999. Stormwater management in Bordeaux (France): hydraulic and pollution control. *Proceeding of the First South Pacific conference: comprehensive stormwater and aquatic ecosystem management*, Auckland, New Zealand, 8p.
- CEMAGREF, 1982, *Étude des méthodes biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux*, Rapport Groupement de Lyon-Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, 218 p.
- CHOCAT, B. *et al.*, 1997, *Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement*, Technique et documentation éd., Paris, 1124 p.
- COSTE, M., 1994. Sur l'utilisation des diatomées dans le diagnostic biologique de la qualité des eaux courantes. Intérêt et limites des indices, in États de santé des écosystèmes aquatiques : les variables biologiques comme indicateurs p 171-194. *Actes du séminaire national, Paris 2-3 novembre 1994*, Cemagref éd., 298 p.
- DESCY, J.-P., COSTE, M., 1991. A test of methods for assessing water quality based on diatoms. *Vérh. Internat. Limnol.*, n° 24 (4), p. 2112-2116.
- GAYET, F., 1997, *Impacts biologiques des pollutions sur un ruisseau périurbain : Le Peugue*, Université de Bordeaux I, mémoire de DES « Sciences Naturelles », Cemagref – Groupement de Bordeaux – Division Qualité des Eaux, 62 p.
- GAYET, F., COSTE, M., DUBERNET, J.-F., DUTARTRE, A., 1997, *Impacts biologiques des pollutions sur un ruisseau périurbain : le Peugue (Gironde)*, La houille blanche, Revue internationale de l'Eau éd., PARIS, p 48-51.
- GROMMAIRE-MERTZ, M.-C., 1998, *La pollution des eaux pluviales urbaines en réseau d'assainissement unitaire : caractéristiques et origines*, Thèse de doctorat, ENPC, Paris, France, 507p.
- HASLAM, S., SINKER, C., WOLSELEY, P., 1982, *British water plants*, Field studies éd., Somerset, England, 351 p.
- HAURY, J., et PELTRE, M.-C., Intérêts et limites des « indices macrophytes » pour qualifier la mésologie et la physico-chimie des cours d'eau : exemples armoricains, picards et lorrains. *Annls Limnol.*, 29, p. 239-253.
- HAURY, J., PELTRE, M.-C., MULLER, S., TREMOLIERE, M., BARBE, J., DUTARTRE, A., GUERLESQUIN, M., 1996. Des indices macrophytiques pour estimer la qualité des cours d'eau français : premières propositions. *Écologie*, t. 27 (4), p. 233-244.
- JACOPIN, C., 1999. *Contribution à la gestion des rejets urbains de temps de pluie par les bassins de retenue*, Thèse de doctorat, USTL, Montpellier, France, 293 p.
- JACOPIN, C., LUCAS, E., DESBORDES, M., 1999. Analysis of the limitations in the use of detention tanks to control pollution. *Proceeding of the 8th ICUSD*, Sydney, Australia, p.1271-1278.
- KOPECNY, E., LAHOUD, A., MOLLER, A., BOURGOGNE, P., CHANG, J., BRIAT, P., 2000. Real time control of the sewer system of the « Louis Fargue » treatment plant catchment, Bordeaux, France. *International Congress on advanced urban drainage management*, 23-25 February 2000, Barcelona, Spain, 10p.
- LARRE, E., 1997, *Description des habitats et qualité physico-chimique des eaux d'un ruisseau périurbain : le Peugue*, Rapport de stage, Maîtrise « Biologie des populations et des écosystèmes » (Environnement), Cemagref de Bordeaux, 20 p.