

Impacts des eaux de ruissellement de chaussées autoroutières sur la qualité physico-chimique et biologique de cours d'eau en zones périurbaines

Claude ROLLIN

Laboratoire régional de l'Ouest Parisien

Jean-Claude BOISSON

École nationale des Travaux publics de l'État

Dominique GRANGE

Laboratoire régional de l'Ouest Parisien

Alain FOURNIER

Laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Clermont-Ferrand

RÉSUMÉ

Les eaux de ruissellement de chaussées autoroutières sont la plupart du temps évacuées directement vers des cours d'eau récepteurs. Les études permettant d'évaluer l'impact de ces rejets sur les caractéristiques physico-chimiques et biologiques de ces milieux sont relativement peu nombreuses. De nouvelles études de terrain méritaient donc d'être engagées et des sites où la perturbation serait *a priori* maximale ont été recherchés. Des cours d'eau de très faible à moyenne importance, soumis à des rejets pluviaux d'autoroutes périurbaines à fort trafic (70 000 à 150 000 véhicules par jour), ont été sélectionnés. Dans le cas des dix sites d'étude retenus, des effets dus aux rejets d'eaux de ruissellement de chaussées sur les descripteurs physico-chimiques des milieux récepteurs n'ont pas été enregistrés. De même, la diversité et l'organisation des communautés benthiques (diatomées et macro-invertébrés) n'ont pas été affectées par les rejets. Dans quelques cas, lorsque le rejet constitue la principale source en eau du milieu récepteur, une qualité hydrobiologique satisfaisante par comparaison au contexte local a même pu être observée. Les résultats acquis confirment ceux obtenus pour la plupart des cours d'eau soumis à des rejets pluviaux routiers et étudiés à ce jour.

DOMAINE : Génie urbain.

ABSTRACT

Highway pavement runoff is, in most instances, discharged directly into the outfall. Relatively few studies have provided an assessment of the actual impact of such discharge on the physico-chemical and biological characteristics of these receiving watercourses. A new set of field studies therefore needed to be undertaken and a number of sites, where the impact was presumed to be maximal, were sought. The selected streams ranged from very small to medium size and were all submitted to rainfall discharge from suburban highways with heavy traffic levels (between 70,000 and 150,000 vehicles a day). For the ten sites chosen, the effects due to pavement runoff on the physico-chemical descriptors of the receiving water were not perceptible. Similarly, the diversity and organization of the benthonic communities (diatoms and macro-invertebrates) were not affected by the discharges. In a few instances where the discharge constituted the primary source of water for the receiving environment, a satisfactory level of hydrobiological quality in comparison with the local context could even be observed. The results obtained serve to confirm those derived for the majority of previously-studied streams submitted to highway runoff.

FIELD : Urban engineering.

Introduction

La loi sur l'eau du 3 janvier 1992 (article 10) institue un régime d'autorisation ou de déclaration pour les « rejets ou dépôts directs, chroniques ou épisodiques... » suivant les dangers qu'ils présentent et la gravité de leurs effets sur la ressource en eau et les écosystèmes aquatiques. Cette procédure implique une évaluation des impacts sur les milieux récepteurs et concerne, en particulier, les rejets d'eaux de ruissellement de chaussées. En effet, lors des événements pluvieux, les eaux de ruissellement de chaussées peuvent être évacuées vers les hydrosystèmes et déversées dans le milieu des matières minérales et organiques (Hvitved-Jacobson et Yousef, 1991). L'importance des apports dépend de trois facteurs principaux (SETRA, 1993 ; Thomson et al., 1997) :

- ① **climatiques** (durée de temps sec, durée et intensité des précipitations, hauteur de pluie totale, etc.),
- ② **humains** (intensité du trafic, qualité des carburants, travaux d'entretien, accidents, etc.),
- ③ **techniques** (nature du bassin versant routier drainé et du revêtement, mode de collecte et d'assainissement des eaux pluviales, etc.).

Les études concernant l'évaluation de la qualité des eaux de ruissellement de chaussées se sont développées depuis les années 1980 permettant de définir les polluants majeurs et d'évaluer les charges de pollution (Legret *et al.*, 1997 ; Sansalone et Buchberger, 1997 ; Thomson *et al.*, 1997 ; Wu *et al.*, 1998 ; Drapper *et al.*, 2000). D'autres études ont également analysé l'efficacité épuratoire et la qualité du traitement des bassins de régulation hydraulique. En revanche, les études relatives à l'impact des rejets sur les milieux aquatiques sont peu nombreuses (Boisson, 1998). La plus importante d'entre elles a été réalisée par Faessel *et al.* (1997) pour le compte de la société Scétauroute. En effet, l'impact de rejets d'autoroutes interurbaines a été évalué au niveau de vingt sites en étudiant la qualité physico-chimique des sédiments, celle de l'eau et la structure des populations d'invertébrés benthiques. Les résultats de cette étude n'ont pas permis de mettre en évidence d'impact notable ni sur la qualité biologique du milieu récepteur (IBGN), ni sur la contamination des sédiments par les métaux lourds. Le choix de ces sites peut être considéré comme assez représentatif du réseau autoroutier interurbain puisque seize sites bénéficient d'au moins un ouvrage de traitement des eaux de ruissellement (bassin de régulation ou fossés enherbés) et que, à part deux sites où le trafic est de l'ordre de 50 000 véhicules par jour, tous les autres sont plutôt de l'ordre de 20 000 véhicules par jour. Ces sites n'étant représentatifs que d'un « impact de moyenne importance », on a donc cherché à les compléter par l'étude de sites en zone périurbaine où l'impact est *a priori* plus fort du fait de l'importance du trafic et des difficultés de circulation.

Ce travail a été mené dans le cadre d'actions de recherche spécifiques, ou à l'occasion d'études particulières qui visaient à décrire l'état de l'assainissement pluvial des autoroutes anciennes (A6 et A13) avant la remise à niveau de celui-ci.

Sites expérimentaux

L'objectif étant de se placer dans une situation de perturbation maximale, on a recherché des sites présentant la plupart des caractéristiques suivantes :

- un bassin versant routier de plusieurs hectares pour avoir d'importants volumes d'eau ruisselés ;
- un trafic routier important avec, si possible, des problèmes de fluidité du trafic, car il est reconnu que plus la vitesse des véhicules est faible et moins la dispersion des émissions polluantes est importante. De ce fait, les eaux de ruissellement de chaussées sont nettement plus concentrées en polluants ;
- une imperméabilisation maximale du dispositif de collecte des eaux pluviales et l'absence d'ouvrages de traitement (fossés enherbés, bassins de régulation, déshuileurs, etc.) afin que l'impact hydraulique et le transfert de pollution dans le milieu récepteur soient les plus importants ;
- un cours d'eau de faible débit pour minimiser la dilution du rejet et/ou un cours d'eau de bonne qualité pour mieux en apprécier la dégradation ;
- une localisation proche du laboratoire afin de réaliser les analyses chimiques et biologiques dans les meilleurs délais.

On a pu sélectionner dix sites d'étude. Ils se situent dans des zones périurbaines de la région parisienne, à l'exception du site de l'A72 qui est localisé dans le Puy-de-Dôme. Si la région parisienne ne manque ni de liaisons autoroutières à fort trafic, ni de cours d'eau à faible débit, en revanche la qualité de ces petits cours d'eau est malheureusement le plus souvent fort dégradée. Ainsi, compte tenu de la très forte urbanisation de la région et du système d'assainissement essentiellement collectif, la plupart des sites sont également soumis à d'autres rejets de réseaux d'eaux pluviales urbaines, mais aussi à de possibles déversements de réseaux pseudo-séparatifs d'eaux usées domestiques ou de réseaux unitaires. En fonction des autres sources de perturbation des sites d'étude, on les a regroupés en **trois classes** :

- ❶ **sites à risques de pollution rurale et urbaine** non négligeables,
- ❷ **sites à risques de pollution rurale** non négligeables (agriculture et villages),
- ❸ **sites sans risque de pollution domestique.**

Au niveau de chaque site d'étude, on a sélectionné une station de mesure en amont des rejets d'eaux de ruissellement de chaussées (station de référence) et une ou deux stations à l'aval de la perturbation. La station de prélèvement amont a toujours été choisie le plus près possible du rejet alors que les stations aval ont été placées à des distances comprises entre cinquante et quelques centaines de mètres. Dans la mesure du possible, pour chaque site, on a retenu des stations présentant des caractéristiques morpho-dynamiques comparables.

Les principales caractéristiques des sites sont présentées dans les tableaux I à III.

TABLEAU I

Caractéristiques des quatre sites d'étude à risques de pollution rurale et urbaine

Autoroute	Trafic total (véh/j)	Caractéristiques du bassin imperméabilisé	Cours d'eau récepteur	QMNA 5 ans (l/s)	Description des rejets et des sites
A6	150 000	7,8 ha (2 × 3 voies)	Yvette	700	Rejets directs canalisés EP + EU Barrage sur Yvette en amont des rejets
RN 118	70 000	6 ha (2 × 2 voies + échangeur)	Yvette	200	Rejets directs canalisés EP + EU et rejets EP régulés dans bassin sec Barrage sur Yvette en aval des rejets
A6	150 000	17 ha (2 × 3 voies)	Orge	1 500	Rejets directs canalisés EP Barrage amont sur l'Orge et lit bétonné
A6	90 000	14 ha (2 × 3 voies + aire de repos avec station service)	Essonne	4 700	En rive gauche rejets directs par fossés, les effluents de l'aire de repos sont traités et régulés avant rejet dans les fossés. En rive droite rejets régulés par un bassin

*EU : eaux usées ;
EP : eaux pluviales.*

TABLEAU II

Caractéristiques des quatre sites d'étude à risques de pollution rurale (agriculture et villages)

Autoroute	Trafic total (véh/j)	Caractéristiques du bassin imperméabilisé	Cours d'eau récepteur	QMNA 5 ans (l/s)	Description des rejets et des sites
A10 A11	70 000	1,5 ha abords péage	Ru de Ponthévrard	< 5	Rejets canalisés et régulés dans bassins sec (le ru a été également aménagé en bassin sec)
A10 A11	70 000	3 ha (2 × 4 voies)	L'Aulne	100	Rejets régulés par bassins collatéraux en eau
A6	75 000	17 ha (2 × 3 voies)	Ru d'Auverneaux	< 10	Rejets directs par fossés bétonnés
A6	75 000	10 ha (2 × 3 voies)	L'École	200	Rejets directs par fossés enherbés

*EU : eaux usées ;
EP : eaux pluviales.*

TABLEAU III

Caractéristiques des deux sites d'étude sans risque de pollution domestique

Autoroute	Trafic total (véh/j)	Caractéristiques du bassin imperméabilisé	Cours d'eau récepteur	QMNA 5 ans (l/s)	Description des rejets et des sites
A72	16 000	0,4 ha	Chabanty	< 5	Rejets directs par fossés enherbés Pâturage et bétail en amont et en aval des rejets
A13	90 000	3,4 ha (2 × 2 voies)	Ru de Buzot	1	Rejets directs canalisés Forêt en amont et golf en aval

*EU : eaux usées ;
EP : eaux pluviales.*

À l'exception du Chabanty, tous les sites reçoivent les eaux de ruissellement de plates-formes autoroutières à fort trafic (70 000 à 150 000 véhicules par jour).

Méthodologie

L'impact des eaux de ruissellement de chaussées a été étudié à l'aide des différents **paramètres de caractérisation des milieux aquatiques** suivants.

■ **Paramètres physico-chimiques des eaux** : pH, conductivité, oxygène dissous, température, DCO, MES, NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} . Les valeurs prises par ces différents paramètres ont été traduites en « classes de qualité » à l'aide des grilles d'évaluation des Agences de l'eau.

■ **Indice polymétallique de contamination des sédiments (IP)** (grille pour les niveaux de la pollution métallique, Agence de l'eau Seine-Normandie) : les analyses ont été effectuées sur la fraction granulométrique, inférieure à 200 μm à partir d'une masse sèche de 0,5 g (volume ajusté à 100 ml). L'indice est calculé à partir des teneurs naturelles de référence pour l'ensemble du bassin Seine-Normandie. (IP < 2 excellent, 2 < IP < 4 bon, 4 < IP < 8 passable, 8 < IP < 16 médiocre, IP > 16 Hors Classe).

■ **Contamination métallique de la macrofaune benthique** : l'analyse des métaux lourds a été réalisée directement sur des populations indigènes de *Gammarus sp.*, *Asellus sp.* (crustacés) et de *Sphaerium sp.*, (mollusques). Les analyses ont été effectuées comme pour les sédiments après minéralisation acide d'une dizaine d'individus par espèce et par station (volume ajusté à 50 millilitres).

■ **Indice biologique globale normalisé (IBGN, norme NF T 90-350, décembre 1992)** : au niveau des plus petits cours d'eau (rus de Buzot et de Ponthévrard), l'échantillonnage a été adapté en utilisant des substrats artificiels. Ils sont constitués de morceaux de briques creuses et de cordes effilochées fixées sur un socle en mortier de ciment (Rollin, 1998). Cette technique est moins destructrice pour le milieu récepteur mais, de ce fait, les indices correspondants n'ont qu'une valeur relative qui ne peut être utilisée que dans le cadre d'une comparaison amont-aval.

■ **Indice biologique diatomées (IBD, norme NF T 90-354, juin 2000)** : les prélèvements ont été effectués sur des pierres ou des substrats artificiels (verre dépoli). L'intérêt de cette méthode est également son pouvoir d'intégration (quelques semaines).

Tout ou partie de ces différents paramètres ont été étudiés suivant les sites (tableau IV). Les mesures ont été réalisées essentiellement en périodes estivales de basses eaux (juin à septembre).

TABLEAU IV
Paramètres analysés au niveau des différents sites d'étude

Cours d'eau	Période d'étude	Physico-chimie Eau	Sédiments (IP)	IBGN	IBD
Yvette (A6)	Août 1995	x		x	
	Juillet 1997	x		x	
	Août 1998	x	x	x	
Yvette (RN 118)	Août 1995	x		x	
Orge	Août 1998	x	x		x
Essonne	Août 1998	x	x		x
Ru de Ponthévrard	Octobre 1995			x	
	Juin 1997			x	
	Septembre 1997			x	
Aulne	Juin 1997			x	
	Septembre 1997			x	
Ru d'Auvernaux	Août 1998		x	x	x
Chabanty	Juillet 1998	x		x	x
École	Août 1998		x	x	x
Ru de Buzot	Juin 1997			x	
	Septembre 1997			x	
	Novembre 1997			x	
	Mai 1999				x
	Mai 1999		x	x	x
	Février 2000			x	x

Résultats et discussion

Sites d'étude à risques de pollution rurale et urbaine

La situation géographique des cours d'eau rend plus complexe l'évaluation des effets étudiés dans la mesure où ces milieux sont soumis à d'autres agressions d'origine anthropique (rejets multiples, aménagements hydrauliques, etc.). Ainsi, les eaux des quatre milieux récepteurs sont de qualité physico-chimique passable (classe 2) (tableau V).

Les Indices polymétalliques (IP) mettent en évidence une légère contamination des sédiments (IP : 1,2 à 8,6), mais cette contamination apparaît généralement moins importante à l'aval des rejets. La qualité hydrobiologique est médiocre pour la macrofaune, qui intègre à la fois la qualité de l'eau et la qualité des habitats (IBGN : 6 à 9), et elle est passable pour les diatomées qui reflètent plus la qualité de l'eau (IBD : 10,8 à 12,7). Ces résultats confirment ceux d'études menées dans des conditions environnementales comparables (Shutes, 1984 ; David et Georges, 1987 ; Faessel *et al.*, 1997 ; McNeill et Olley, 1998).

TABLEAU V

Résultats obtenus sur les sites d'étude à risques de pollution rurale et urbaine

Site	Date	Paramètre de caractérisation	Station amont	Station aval
Yvette (A6)	Août 1995	Classe de qualité des eaux par temps sec IBGN	2 7	2 6
	Juillet 1997	Classe de qualité des eaux par temps sec IBGN	2 6*	2 6*
	Août 1998	Classe de qualité des eaux par temps sec Indice polymétallique sédiments IBD	2 8,6 12,7	2 3,9 11
Yvette (RN 118)	Août 1995	Classe de qualité des eaux par temps sec IBGN	2 9	2 8
Orge	Août 1998	Classe de qualité des eaux par temps sec Indice polymétallique sédiments IBD	2 7 12,3	2 1,2 12,1
Essonne	Août 1998	Classe de qualité des eaux par temps sec Indice polymétallique sédiments IBD	2 5 et 6,5 10,8	2 4,9 et 4 11,3

* Indice calculé à partir de prélèvements réalisés sur substrat artificiel.

Sites d'étude à risques de pollution rurale (agriculture et villages)

La qualité hydrobiologique des deux rus (Ponthévrard et Auvernaux) diffère également selon l'indice biologique utilisé. Ainsi, l'IBGN traduit une qualité médiocre (5 à 8) alors que l'IBD est représentatif d'une qualité passable (11,1 à 11,8). Pour l'École et l'Aulne, les deux indices indiquent une qualité biologique globalement meilleure et il n'y a pas de trace de pollution métallique. Pour ces quatre cours d'eau, aucune dégradation notable n'est visible à l'aval des rejets, on observe même une légère amélioration au niveau des stations aval du ru d'Auvernaux et de l'École. Ce résultat confirmerait ceux de Maltby *et al.* (1995) obtenus dans des cours d'eau anglais. Ces auteurs observent à l'aval de rejets autoroutiers une légère augmentation de la diversité et de la biomasse chlorophyllienne des algues benthiques. Les sédiments ne présentent pas de contamination polymétallique (IP : 2,7 à 4), et les indices sont peu différents de part et d'autre des rejets (tableau VI). Des résultats comparables sont obtenus avec l'analyse de la contamination métallique des macro-invertébrés (tableau VII).

TABLEAU VI

Résultats obtenus sur les sites d'étude à risques de pollution rurale (agriculture et villages)

Site	Date	Paramètre de caractérisation	Station amont	Station aval
Ru de Ponthévrard	Octobre 1995	IBGN	8	8
	Juin 1997	IBGN	5*	7*
	Septembre 1997	IBGN	6*	6*
Aulne	Juin 1997	IBGN	12*	12*
	Septembre 1997	IBGN	14*	14*
Ru d'Auvernaux	Août 1998	Indice polymétallique sédiments	2,7	3,3
		IBGN	6	8
		IBD	11,1	11,8
L'École	Août 1998	Indice polymétallique sédiments	4	2,7
		IBGN	12	13
		IBD	11,6	11,9

* Indice calculé à partir de prélèvements réalisés sur substrat artificiel.

TABLEAU VII

Résultats des analyses de contaminations métalliques des macro-invertébrés

	L'École				Ru d'Auvernaux		
	Asellus sp.		Sphaerium sp.		Gammarus sp.		
	Amont	Aval	Amont	Aval 1	Amont	Aval 1	Aval 2
Zinc	34	< 1	34	< 1	26	34	18
Plomb	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15
Cuivre	< 5	< 5	14	< 5	43	41	37
Cadmium	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3

Concentrations exprimées en mg/kg de matières sèches.

Sites d'étude sans risque de pollution domestique

Au niveau des deux cours d'eau considérés, un effort d'investigation plus important a été mis en œuvre. La caractérisation physico-chimique des eaux des milieux récepteurs a été suivie sur des périodes plus longues et celle des rejets de l'A72 a été étudiée.

Le Chabanty (A72)

Le Chabanty est un petit ruisseau des monts du Forez (sol essentiellement constitué de terrains cristallins) ; il est le seul site étudié qui ne soit pas de plaine. Ce ruisseau ne présente pratiquement pas de risque de pollution domestique (seulement quatre lieu-dits en amont) ; en revanche, le milieu est régulièrement perturbé par les animaux des prés bordant la zone d'étude, lorsqu'ils viennent s'abreuver dans le ruisseau.

Les paramètres physico-chimiques pris en compte pour caractériser les eaux de ruissellement ont des valeurs qui, globalement, se situent dans une gamme comprise entre les valeurs les plus faibles et les valeurs moyennes généralement observées (Legret et al., 1997 ; Sansalone et al., 1997 ; Thomson et al., 1997 ; Wu et al., 1998) (tableau VIII). Ce résultat est à mettre en relation avec le faible trafic autoroutier (< 20000 véh/j). Notons que la conductivité et les concentrations en chlorures sont relativement importantes et influencées par le salage hivernal de la chaussée, les valeurs observées en été étant nettement moins importantes ($\leq 647 \mu\text{S/cm}$ et $\leq 200 \text{ mg/l Cl}^-$).

TABLEAU VIII

Caractéristiques physico-chimiques des eaux de ruissellement de chaussées échantillonnées durant la période d'étude (15 janvier 1998 au 1er septembre 1998) et rejetées dans le Chabanty

Paramètres	PH	Cond. (µS/cm)	MES (mg/l)	DCO (mgO ₂ /l)	NTK (mgN/l)	Pb (µg/l)	Cu (µg/l)	Cd (µg/l)	Cr (µg/l)	Zn (µg/l)	Fe (µg/l)
Moyenne	7,6	1853	14,7	40,9	1,4	16,5	38,8	0,7	2,9	273	724
Médiane	7,6	1454	9,0	35,0	1,2	12,5	22,3	0,2	2,3	222	461
Minimum	7,1	149	3,0	6,0	0,8	2,6	1,0	0,1	1,2	71	33
Maximum	8,1	4960	42,0	103,0	3,0	91,7	267,2	4,1	7,6	1041	2176
Écart-type	0,3	1315	11,7	25,2	0,7	19,7	61,6	1,0	1,8	249	675

Analyses sur eaux brutes.

Les eaux du Chabanty en dehors des périodes de rejet sont globalement de bonne qualité physico-chimique (tableau IX). Quelques valeurs déclassantes ont été obtenues ponctuellement, mais elles correspondent à des prélèvements effectués lors d'épisodes pluvieux ou à l'issue de perturbations provoquées par les animaux venant s'abreuver dans le cours d'eau.

TABLEAU IX

Caractéristiques physico-chimiques des eaux du Chabanty durant la période d'étude et en période de temps sec (15 janvier 1998 au 1er septembre 1998)

Paramètres	Unités	Médiane	Minimum	Maximum
PH		7,3	7,0	7,8
O ₂ dissous	mg O ₂ /l	9,1	5,5	13,0
Conductivité	µS/cm	74,0	64,0	170,0
MES	mg/l	6,0	1,0	82,2
DCO	mg O ₂ /l	17	3	79
DBO ₅	mg O ₂ /l	3,0	1,1	14,8
NH ₄ ⁺	mg/l	0,30	0,01	0,81
Cl ⁻	mg/l	10	8	17
Pb (eau filtrée)	µg/l	2,6	1,0	6,1
Cd (eau filtrée)	µg/l	0,3	0,2	0,7
Zn (eau filtrée)	mg/l	0,008	0,001	0,200
Cr (eau filtrée)	µg/l	0,5	0,1	3,0
Cu (eau filtrée)	µg/l	4,9	1,7	25,8
Fe (eau filtrée)	mg/l	0,050	0,025	0,201
Mn	mg/l	0,018	0,006	0,071

La qualité hydrobiologique augmente significativement à l'aval du rejet (tableau X). Toutefois, cette amélioration semble davantage attribuable à une amélioration des conditions morpho-dynamiques du ruisseau à l'aval, avec en particulier un débit d'étiage moins sévère et surtout moins de zones exondées, plutôt qu'à une amélioration de la qualité de l'eau.

La diversité et l'organisation des communautés n'apparaissent pas affectées par le rejet de l'autoroute. Ces résultats confirment ceux obtenus dans le cadre de travaux antérieurs (Merle, 1994 ; Maltby *et al.*, 1995 ; Faessel *et al.*, 1997 ; Perdikaki et Mason, 1999), travaux faisant appel aux mêmes bio-indicateurs et étant réalisés essentiellement dans des zones peu ou pas urbanisées.

TABLEAU X

**Résultats des indices biologiques effectués sur le Chabanty
durant la période estivale d'étiage (30 juillet 1999)**

	Amont	Aval
IBGN	15	19
IBD	14,9	16,4

Ru de Buzot (A13)

Ce ruisseau est le seul site qui ne présente aucun risque de pollution de ses eaux superficielles par des rejets autres que ceux des eaux de ruissellement de l'autoroute. Les écoulements permanents de ce ruisseau sont entièrement inclus dans la forêt de Marly et ils ne commencent qu'à l'amont immédiat du franchissement de l'autoroute (fig. 1).

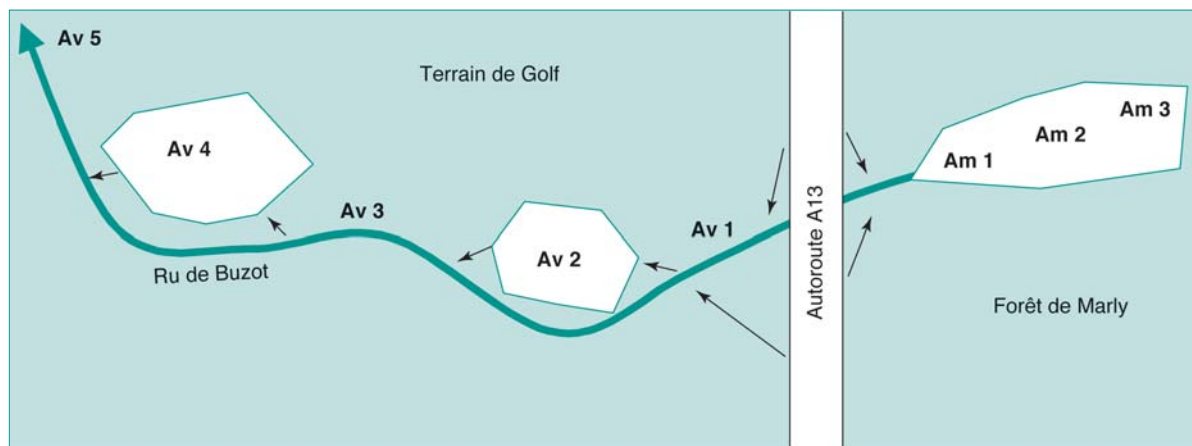


Fig. 1 - Schéma du site d'étude avec localisation des points de mesures.

Le suivi de la qualité d'une « lame » d'eau a été effectué le 15 mars 1999 par temps sec. L'analyse des concentrations en NO_3^- montre que la « source » du ru de Buzot est nettement sous influence des activités agricoles (tableau XI). Les concentrations diminuent à l'aval (assimilation des nitrates par les végétaux) alors que les concentrations en NH_4^+ augmentent. Les teneurs en métaux lourds varient peu et correspondent aux valeurs naturelles.

TABLEAU XI

Qualité physico-chimique des eaux du ru de Buzot par temps sec au niveau du site d'étude (15 mars 1999)

Paramètres	Station amont	Station aval 1	Station aval 2	Station aval 3
NO_3^- (mg/l)	30,1	28,9	24	25,7
NH_4^+ (mg/l)	0,13	0,15	0,14	0,3
PO_4^{3-} (mg/l)	0,40	0,37	0,42	0,45
Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	494	501	489	478
Cuivre ($\mu\text{g}/\text{l}$)	3,5	4,6	3,2	3,8
Zinc ($\mu\text{g}/\text{l}$)	< 10	< 10	< 10	< 10
Plomb ($\mu\text{g}/\text{l}$)	1,6	3,3	2,1	2,1
Cadmium ($\mu\text{g}/\text{l}$)	0,16	0,11	0,11	0,10

La présence de plans d'eau de part et d'autre de l'autoroute, liés hydrauliquement au ru uniquement lors des épisodes pluvieux (cf. fig. 1), nous a incité à caractériser la pollution de l'autoroute au moyen de l'analyse de la contamination de leurs sédiments par les métaux et les hydrocarbures. Le niveau de contamination du bassin amont enregistré lors de la première campagne (point amont 1) nous a conduit à effectuer une seconde campagne de mesures pour mieux caractériser la pollution en amont des rejets. Toutes les analyses ont été effectuées sur la fraction granulométrique < 200 µm (tableau XII).

TABLEAU XII
Contamination métallique et hydrocarbonée des sédiments des bassins du ru de Buzot

mg/kg de matière sèche	Prélèvements de mars 2000			Prélèvements d'août 2000		
	Amont 1	Aval 2	Aval 4	Amont 1	Amont 2	Amont 3
Zinc	343	487	276	240	138	110
Plomb	326	530	121	162	44	< 30
Cuivre	90	116	70	72	24	20
Indice polymétallique	7,2	10,6	4,1	4,5	1,6	< 1,2
Hydrocarbures	2000	2520	1510	1392	221	17,5

Les hydrocarbures sont la principale source de pollution des sédiments. Nos valeurs sont comparables à celles obtenues par Forrow et Maltby (2000) en Angleterre au niveau de sédiments de cours d'eau (Pigeon Bridge Brook). Toutefois, l'origine de cette contamination n'est pas seulement attribuable aux eaux de ruissellement, puisque les concentrations enregistrées en amont des rejets directs (point amont 1) sont aussi importantes que celles obtenues dans les sédiments des points aval. Cette contamination résulte vraisemblablement de la pollution par les aérosols ; elle doit également être prise en compte car elle apparaît tout aussi importante (Rollin, 2000).

Compte tenu du très faible débit de ce ruisseau (environ 1 l/s au point amont et 5 l/s au point aval), les inventaires de macro-invertébrés (IBGN) ont été effectués avec des substrats artificiels (à l'exception de la station amont en juin 1997 : le substrat artificiel ayant été subtilisé, l'inventaire a donc été fait sur un support naturel).

Globalement, la qualité des peuplements de macro-invertébrés benthiques est remarquable pour la région, l'IBGN pouvant atteindre une valeur de 15 (tableau XIII). Globalement, les communautés

TABLEAU XIII
Qualité hydrobiologique du ru de Buzot au niveau du rejet des eaux de ruissellement de chaussées de l'autoroute A13

Date de prélèvement	Indices	Station amont 1	Station aval 1	Station aval 3
Juin 1997	IBGN	11	7*	
Septembre 1997	IBGN	5*	9*	
Novembre 1997	IBGN	11*	10*	
Mars 1999	IBD	12,2	14,6	11,9
Mai 1999	IBD	14,3*	16,4*	19*
	IBGN	8*	7*	8*
	IBD	12,3	12,7	12,3
Juillet 1999	IBD	16,7*	18,2*	17,7*
	IBGN	12*	14*	15*
	IBD	15,4*	16,8*	17,9*

* Prélèvements réalisés sur substrats artificiels.

n'apparaissent pas affectées par le rejet de l'autoroute. La qualité des peuplements de diatomées récoltés sur supports naturels présente également une certaine stabilité de part et d'autre du rejet, voire une légère amélioration (tableau XIII). Les valeurs de l'indice biologique diatomées (IBD) restent voisines de 12 quels que soient la période de prélèvement et le point de mesures. Les valeurs de l'IBD obtenues après récolte des peuplements sur supports artificiels sont toujours supérieures à celles déterminées sur supports naturels (14 à 19). La qualité au niveau des points sous influence des rejets apparaît également systématiquement meilleure que celle du point de référence amont. L'utilisation de supports standardisés pour quantifier des différences amont/aval semble mieux adaptée que les supports naturels ; en revanche, ils sont peut être plus délicats d'emploi pour définir la qualité d'un cours d'eau.

Les peuplements de diatomées et de macro-invertébrés n'apparaissent pas affectés par les rejets de l'autoroute A13, les apports épisodiques des eaux de ruissellement leurs semblent même bénéfiques. Les rejets pluviaux autoroutiers augmentent périodiquement les débits et les vitesses du courant de ces tout petits cours d'eau périurbains. On peut donc penser que cette perturbation est favorable aux organismes benthiques en provoquant le décolmatage régulier du lit et le maintien de la diversité des habitats.

Conclusions

Les eaux de ruissellement de chaussées apportent dans les milieux aquatiques des matières minérales et organiques de façon chronique, et sont susceptibles de modifier leurs caractéristiques écologiques. L'étude qui a été menée en zone péri-urbaine est intéressante dans la mesure où elle s'intéresse à des autoroutes à fort trafic autoroutier et à des cours d'eau de très petite à moyenne importance. Dans ce contexte, on pensait observer un impact important des rejets pluviaux sur le milieu récepteur. En fait, on n'a pas enregistré d'effets notables sur les caractéristiques physico-chimiques des eaux. Sur les sédiments, seule la pollution par les hydrocarbures a pu être mise en évidence, la pollution par les métaux lourds s'étant avérée à peine perceptible. Concernant les communautés benthiques (macro-invertébrés et diatomées), leur diversité et leur organisation n'ont pas été affectées par les rejets. Les résultats confirment ceux obtenus sur la plupart des cours d'eau étudiés à ce jour et soumis à des rejets pluviaux routiers.

La majorité des cours d'eau qui ont été étudiés sont soumis localement à d'autres agressions d'origine anthropique (rejets multiples, aménagements hydrauliques, etc.) et sont de qualité passable en période de temps sec. Ainsi, comparée aux autres sources de perturbations, la pollution générée par les autoroutes considérées dans le cadre de cette étude apparaît tout à fait marginale.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFNOR, *Détermination de l'Indice biologique globale normalisé (IBGN)*, Norme française NF T 90-350, décembre 1992.
- AFNOR, *Détermination de l'Indice biologique diatomées (IBD)*, Norme française NF T 90-354, juin 2000.
- BOISSON J.-C., Impacts des eaux de ruissellement de chaussées sur les eaux continentales : état des connaissances, *Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées*, **214**, mars-avril 1998, pp. 81-89.
- DAVID J.B., GEORGE J.J., Benthic invertebrates as indicators of urban and motorway discharges, *The Science of the Total Environment*, **59**, 1987, pp. 291-302.
- DRAPPER D., TOMLINSON R., WILLIAMS P., Pollutant concentrations in road runoff : Southeast Queensland case study, *Journal of Environmental Engineering*, **126/4**, 2000, pp. 313-320.
- FAESSEL B., ROGER M.-C., GAY C., *Impact des rejets autoroutiers sur les milieux dulcicoles*, rapport de synthèse, Cemagref, 1997, 42 pages.
- FORROW D.M., MALTBY L., Toward a mechanistic understanding of contaminant-induced changes in detritus processing in stream : Direct and indirect effects on detritivore feeding, *Environmental Toxicology and Chemistry*, **19 (8)**, 2000, pp. 2100-2106.
- HVITVED-JACOBSON T., YOUSEF Y., Highway runoff quality, environmental impacts and control. In *Highway Pollution*, eds. R.S. Hamilton and R.M. Harrison, 1991, pp. 165-208, Elsevier London.
- LEGRET M., Le MARC D., DEMARE D., Pollution des eaux de chaussées autoroutières. L'autoroute A11 près de Nantes, *Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées*, **211**, septembre-octobre 1997, pp. 101-115.

- MALTBY L., FORROW D.M., BOXALL A.B.A., CALOW P., BETTON C.I., The effects of motorway runoff on freshwater ecosystems : 1. field study, *Environmental Toxicology and Chemistry*, **14**, **1995**, pp. 1079-1092.
- McNEILL A., OLLEY S., The effects of motorway runoff on watercourses in South-west Scotland, *Journal of the Chartered Institution of Water Environmental Management*, **12**, **1998**, pp. 433-439.
- MERLE J.-P., *L'impact des eaux de ruissellement sur l'environnement*, Colloque Route Innovation Environnement, Presses ENPC, **1994**, pp. 15-20.
- PERDIKAKI K., MASON C.F. (1999), Impact of road run-off on receiving streams in eastern England, *Water Research*, **33** (7), **1999**, pp. 1627-1633.
- ROLLIN C., *Impacts des eaux de ruissellement de voies péri-urbaines sur la qualité hydrobiologique des rivières*, Rapport LROP, **1998**, 20 pages + annexes.
- ROLLIN C., *Caractérisation de la pollution routière en fonction de la nature de la bande de roulement (RN 12 à la Queue-lez-Yvelines)*, Rapport LROP, **2000**, 25 pages + annexes.
- SANSALONE J.J., BUCHBERGER S.G., Partitioning and first flush of metals in urban roadway storm water, *Journal of Environmental Engineering*, **1997**, pp. 134-143.
- SETRA, L'eau et la route, *Les atteintes aux milieux aquatiques*, **4**, **1993**, 37 pages.
- SHUTES R.B.E., The influence of surface runoff on the macro-invertebrate fauna on an urban stream, *The Science of the Total Environment*, **33**, **1984**, pp. 271-282.
- THOMSON N.R., McBEAN E.A., SNODGRASS W., MONSTRENKO I.B., Highway stormwater runoff quality : Development of surrogate parameter relationships, *Water, Air and Soil Pollution*, **94**, **1997**, pp. 307-247.
- WU J.S., ALLAN C.J., SAUNDERS W.L., EVETT J.B., Characterization and pollutant loading estimation for highway runoff, *Journal of Environmental Engineering*, **1998**, pp. 584-592.

Étude réalisée dans le cadre du thème EGU 05 « Pollution et impact des eaux de ruissellement de chaussées » (coordinateur Michel Legret, LCPC, Division Eau, Section Pollution des eaux).