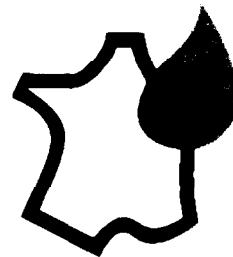




20514



Agence de l'eau
Rhin-Meuse



Agence de l'eau
Rhin-Meuse

**Grand
Nancy**
communauté
urbaine

RAPPORT FINAL

Décembre 1995

ETUDE DES METAUX LOURDS
TRANSPORTEES PAR LES EAUX
DE RUISSELLEMENT

LHRSP

LABORATOIRE D'HYGIENE ET DE RECHERCHE
EN SANTE PUBLIQUE

SOMMAIRE



n° de page

1 INTRODUCTION	1
II POSITION DU PROBLEME	2
11.1. LES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT	2
II.2. LES SOURCES ET LES ORIGINES DES METAUX LOURDS DANS LES EAUX PLUVIALES	2
II.3. LES FACTEURS DE PRESENCE DE CES METAUX	3
II.4. LA REPARTITION DES METAUX DANS LES EAUX PLUVIALES	4
III PRESENTATION DU SITE D'ETUDE	5
IV CAMPAGNE 1993 : caractérisation des métaux lourds	6
IV.1. OBJECTIFS	6
IV.2. PROTOCOLE EXPERIMENTAL	6
IV.2.1. Prélèvements	6
IV.2.1.1. campagne de temps sec	6
IV.2.1.2. campagne de temps de pluie	
IV.2.2. Analyses	8
IV.2.2.1. paramètres globaux	8
IV.2.2.2. micropolluants minéraux	8
IV.3. RESULTATS	9
IV.3.1. Caractéristiques des événements pluvieux	9
IV.3.2. Evolution des paramètres globaux	9
IV.3.2.1. lors de la campagne de temps sec	9
IV.3.2.2. lors des événements pluvieux	10
IV.3.3. Caractérisation des micropolluants minéraux	11
IV.3.3.1. éléments détectés lors des différentes pluies	11
IV.3.3.2. répartition des métaux	13
IV.3.3.3. interprétation des résultats	13
IV.3.4. Validation des résultats	17
IV.4. CONCLUSIONS	18
V CAMPAGNE 1994 : origines des métaux lourds	20
V.1. OBJECTIFS	20
V.2. PROTOCOLE EXPERIMENTAL	21
V.2.1. Choix des sites de prélèvement	21
V.2.2. Détermination de la contribution des origines	22
V.2.2.1. prélèvements des dépôts atmosphériques	23
V.2.2.2. prélèvements de l'eau pluviale à l'entrée des avaloirs	23
V.2.2.3. prélèvements de l'eau des descentes de gouttières	25
V.2.2.4. prélèvement dans le collecteur	25
V.2.2.5. prélèvement des eaux usées	26
V.2.2.6. bilan	26

V.2.3. Détermination de l'efficacité du lavage des rues	26
V.2.4. Détermination des métaux traceurs de pollution	27
V.2.5. Analyses des micropolluants	28
V.3. RESULTATS	28
V.3.1. Contribution des origines des métaux	28
V.3.1.1. Caractéristiques de l'événement pluvial	28
V.3.1.2. Caractérisation des micropolluants minéraux dans les différents réservoirs	29
V.3.1.3. Interprétation des résultats	40
V.3.1.4. Conclusion	45
V.3.2. L'efficacité du lavage des rues	46
V.3.2.1. Lnterprétation des résultats	46
V.3.2.2. Conclusion	47
V.3.3. Les métaux traceurs	47
V.3.3.1. Interprétation des résultats	47
V.3.3.2. Conclusion	48
V.4. CONCLUSIONS	49
VI ELEMENTS DE REFLEXION SUR LES SOLUTIONS DE TRAITEMENT	51
VII CONCLUSION ET PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT	53
BIBLIOGRAPHIE	55

I INTRODUCTION

La conception des réseaux d'assainissement des villes des pays industrialisés date d'un siècle environ : à l'époque, elle répondait à un besoin de salubrité de la population et de protection contre les inondations.

Aujourd'hui, l'urbanisation intensive dans les centre-villes et extensive en périphérie, liée à une imperméabilisation massive des sols et à un étirement excessif des réseaux a conduit à une saturation hydraulique de ces derniers.

Par temps de pluie, cette saturation se traduit notamment par des débordements de plus en plus fréquents et par des rejets d'eaux usées directement au milieu naturel par l'intermédiaire des déversoirs d'orage : les stations d'épuration, dans une telle configuration, épuisent en effet rapidement leur capacité de stockage et de traitement.

Sur l'agglomération nancéienne, le problème des inondations a été réglé par la construction entre 1970 et 1992 de quinze bassins de rétention des eaux pluviales en réseau unitaire. Par contre, le problème du rejet direct dans la Meurthe par 17 déversoirs d'orage du débit excédentaire lié aux fortes précipitations est actuellement à l'étude. La directive européenne du 21 Mai 1991, la loi sur l'eau du 3 Janvier 1992 ainsi que le récent décret n°94-469 du 3 Juin 1994 imposent en effet aux collectivités de prendre en compte et de traiter les eaux pluviales issues notamment des réseaux unitaires même par temps de pluie. Pour résoudre ce problème, le District de l'Agglomération Nancéienne (DAN) et l'Agence de l'eau Rhin-Meuse (AERM) ont commencé la construction d'un bassin pilote de dépollution des eaux pluviales sur le bassin versant expérimental de Boudonville. Il s'intègre dans le vaste programme de recherche lancé en 1992 sur les eaux pluviales de l'agglomération nancéienne.

Cette étude qui concerne les métaux lourds dans les eaux de ruissellement s'inscrit dans le cadre de "l'impact des pollutions urbaines par temps de pluie". Son objectif est double :

- déterminer la charge en micropolluants minéraux (Al, Pb, Zn...) qui transitent dans les eaux pluviales du bassin versant de Boudonville à Nancy par la technique d'ICP-MS.
- déterminer l'origine de ces micropolluants à l'échelle de ce bassin versant et apprécier la capacité de traceur de certains.

Cette étude réalisée donc en deux phases devrait permettre de recueillir des données pour le traitement ultérieur des métaux et d'envisager dès à présent des techniques de dépollution à la source telles que le lavage des rues dont l'efficacité a été testée ponctuellement au cours de cette étude.

II POSITION DU PROBLEME

Les eaux pluviales sont vectrices de polluants organiques ou inorganiques souvent toxiques (Al, Pb, Zn, Cu...) pour le milieu environnant. En cas de rejet direct sans traitement préalable, elles présentent certaines similitudes avec les eaux usées et leur contribution à la pollution des eaux de surface peut ainsi atteindre 80% (1) notamment quand elles transitent dans un réseau unitaire avant leur rejet via les déversoirs d'orages.

II.1 LES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

le déversement des eaux pluviales sans traitement préalable dans les milieux récepteurs (rivières, lacs...) peut avoir des conséquences dangereuses sur :

- la qualité des eaux : variation subite de la température, augmentation de la turbidité pendant les premières heures de rejet, augmentation de la DCO, présence de débris flottant à la surface (1), eutrophisation (2), présence de bactéries fécales et de virus, immobilisation des polluants par les sédiments, remise en suspension des sédiments (3)... tous ces phénomènes sont susceptibles de compromettre des activités aussi diverses que la pêche, la baignade ou d'autres loisirs (4).

- l'écosystème présent : l'impact le plus visible est la mortalité piscicole qui suit un orage (5). Végétaux et animaux peuvent également accumuler les polluants qui vont se concentrer tout au long de la chaîne alimentaire, devenant dangereux pour les espèces en bout de chaîne (métaux lourds...). Certaines espèces peuvent disparaître rapidement au profit d'autres espèces ; certaines algues peuvent ainsi proliférer grâce à de nombreux nutriments, empêcher la lumière de pénétrer dans l'eau...et induire alors de nombreuses modifications parfois irréversibles de l'écosystème.

- les usines de production d'eau potable qui prélèvent en aval des déversoirs d'orage dans le milieu naturel : leur production est alors ralentie, voire arrêtée en cas de rejets importants et extrêmement pollués en ammonium, hydrocarbures, pesticides...(5).

II.2 LES SOURCES ET LES ORIGINES DES METAUX LOURDS DANS LES EAUX PLUVIALES

Si les sources polluantes de métaux lourds sont nombreuses et diffuses (Annexe 1) les "réservoirs" vecteurs semblent mieux définis : la charge polluante observée provient surtout de l'accumulation par temps sec et en surface de matières solides qui ont pour origine le dépôt de poussières atmosphériques et les activités au sol (circulation automobile, abrasion des surfaces solides...).

D'une manière générale, on pourra distinguer quatre principales origines des ML dans les eaux de ruissellement :

- la pollution atmosphérique (dépôts secs et humides)
- le lessivage des matériaux des surfaces (toitures, chaussées, parkings...)
- la remise en suspension des sédiments des collecteurs
- les eaux usées en réseau unitaire

Pendant un événement pluvial, les eaux de pluie se chargent en métaux ou autres polluants atmosphériques et viennent lessiver les surfaces imperméabilisées (chaussées, toitures...), elles-mêmes polluées en poussières et en métaux lourds.

La pluie s'enrichit donc d'avantage en métaux (et ce, d'autant plus qu'elle est acide) avant de rentrer dans le collecteur par l'intermédiaire des avaloirs et des descentes de gouttières.

Une fois dans le collecteur, ces eaux pluviales se mélangent aux eaux usées en réseau unitaire : elles y remettent en suspension les solides déjà déposés dans les collecteurs (solides eux même pollués en métaux car issus des eaux pluviales ou usées). Elles seront ensuite rejetées dans le milieu naturel avec des quantités non négligeables de métaux. Quelques valeurs ont été données à titre d'exemple dans le Tableau 1 pour quelques métaux et pour des sites différents.

MILIEU	P L O M B (mg/l)	ZINC (mg/l)	CADMIUM (mg/l)	CUIVRE (mg/l)	FER (mg/l)	MANGANESE (mg/l)	NICKEL (mg/l)
Autoroutier	0,003-14,73	0,01-22	0,0005-13,73	0,003-0,38	0,67-440	0,04-0,64	
urbain/résidentiel	0,01-26	0,008-5,36	0,0008-0,29	0,008-1,41	0,6-85	0,007-3,4	0,01-3,6
rural	0,1-1,0	0,15-1,10		0,02-0,12	20-62		

Tableau 1 : gamme de concentrations en métaux lourds dans les eaux pluviales pour trois types de milieux (6)(7)

II.3 LES FACTEURS DE PRESENCE DE CES METAUX DANS LES EAUX PLUVIALES

La nature et la quantité des micropolluants minéraux véhiculés par les eaux pluviales dépendent de nombreux facteurs que l'on peut répartir en quatre classes :

- la climatologie : intensité et durée de la pluie, durée de la période de temps sec qui précède la pluie et qui conditionne la quantité des dépôts atmosphériques
- facteurs spécifiques au bassin versant étudié : occupation du sol, pente, type de surfaces imperméabilisées, intensité du trafic routier, fréquence de nettoyage des rues...
- le type de réseau collecteur : réseau unitaire ou séparatif, dimensionnement et pente du réseau qui peuvent générer des dépôts de sédiments plus ou moins importants

- le type de prélèvement des échantillons et la méthode analytique utilisés qui peuvent entraîner des divergences non négligeables entre les résultats publiés par différents auteurs.

C'est cette multiplicité des paramètres qui fait que chaque bassin versant étudié est un cas isolé avec par conséquent des comparaisons entre les diverses études parfois très délicates.

II.4 LA REPARTITION DES METAUX DANS LES EAUX PLUVIALES

La connaissance de la concentration totale d'un métal est souvent insuffisante pour évaluer tant sa toxicité que ses possibilités de transfert dans le milieu aquatique. Elle ne permet pas non plus de prévoir les effets des différentes filières de traitement sur ce métal. (4).

Les notions de répartition et de spéciation des métaux que nous utiliserons dans le cadre de cette étude permettent de mieux comprendre leur toxicité vis à vis d'un milieu mais également de conceptualiser et d'évaluer les types de traitements adaptés (4)(8). Mais la biodisponibilité et la toxicité des métaux sont susceptibles de variations suivant les milieux (pH par exemple) et dépendent principalement de la forme chimique sous laquelle se trouvent les métaux comme le montre la figure 1 ci-dessous :

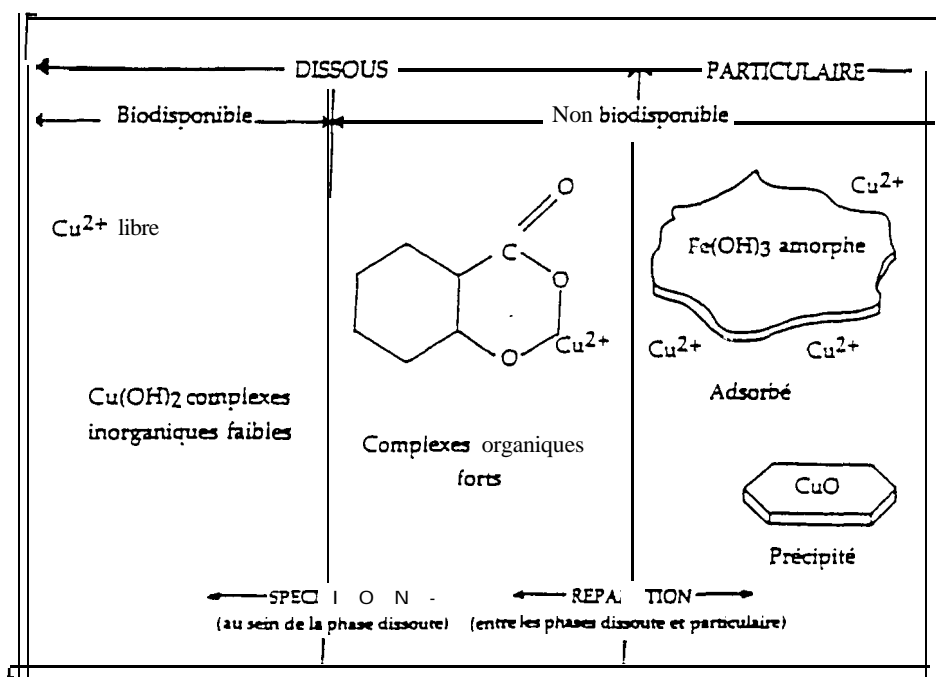


Figure 1 : répartition et spéciation des métaux lourds (9)

La maîtrise de la pollution par les rejets urbains en temps de pluie constitue aujourd'hui un enjeu important de l'assainissement. En effet, la reconquête du milieu naturel passe également par la maîtrise de cette forme de pollution. La directive européenne récente sur les eaux résiduaires urbaines ainsi que la loi sur l'eau du 3 janvier 1992 conduisent à cet égard à prendre en compte le traitement des eaux unitaires par temps de pluie.

Cette étude réalisée sur deux ans (1993/1994) concerne plus précisément la pollution métallique véhiculée par les eaux pluviales du bassin versant de Boudonville à Nancy en relation avec l'implantation d'une unité de dépollution au pied du réseau unitaire de ce bassin versant.

Effectuée en deux phases, elle nous a permis d'atteindre quatre objectifs, à la demande du DAN et de l'AERM :

* caractériser tous les micropolluants minéraux prédominants en réseau unitaire grâce à la technique d'ICP-MS au cours de quatre événements pluvieux.

Ces campagnes de prélèvements ont été réalisées par l'intermédiaire d'un préleveur automatique situé dans un collecteur et déclenché par un pluviomètre prototype situé au sommet du bassin versant.

Les charges transportées lors de ces divers événements se sont avérées significativement supérieures à celles par temps sec et représentent un risque majeur pour le milieu récepteur en cas de surverse des réseaux. Ce type de pollution est cependant qualitativement et quantitativement différente selon les caractéristiques de la pluie (intensité, durée, période de temps sec...). Cependant, son abattement par décantation peut s'avérer efficace car les métaux lourds sont majoritairement présents sous forme particulaire.

* établir la part respective des différentes origines des métaux lourds retrouvés et globalement caractérisés lors de la première phase de l'étude.

Pour cela, il est apparu nécessaire de réaliser simultanément plusieurs prélèvements non seulement de dépôts atmosphériques mais aussi d'eaux de ruissellement (avaloirs et descentes de gouttières). Ces prélèvements ont été effectués sur différents sites judicieusement sélectionnés compte tenu notamment du trafic, de la topographie et du type d'urbanisation du bassin versant étudié. Ils ont également été réalisés au cours d'un même événement pluvial afin de limiter l'influence des facteurs liés à la pluviosité.

La source majeure de pollution métallique est liée au lessivage des surfaces (chaussées et parkings) avec une contribution moyenne à la pollution totale de 50 à 60%.

Les eaux usées et le lessivage des toitures y contribuent chacun pour 25 à 30%. Par contre, la part de la pollution atmosphérique et de la remise en suspension des sédiments reste toujours très faible.

Ce bilan a cependant ses limites puisqu'il ne prend pas en compte l'ensemble des différents types de pluies qui caractérisent le bassin versant. Une étude regroupant plusieurs types de pluie permettrait de compléter ce dernier.

Toutefois, les résultats obtenus sont à même d'affiner dans un premier temps la définition, donc le traitement de cette pollution métallique toxique en amont et/ou au niveau de l'unité de dépollution. En particulier au niveau amont, des actions préventives ou complémentaires peuvent être dès à présent envisagées. Elles visent à limiter à la source certains apports à la pollution notamment par le nettoyage des chaussées polluées par les retombées atmosphériques sèches et le trafic routier. Cette opération se justifie d'autant plus que la répartition indique que la plupart des métaux dans ce type de pollution se retrouvent à l'état particulaire et sont donc récupérables par balayage aspirant.

* le troisième objectif était donc de s'assurer ponctuellement de l'efficacité du lavage des rues dont il a été question précédemment pour diminuer la contribution parfois importante de cette origine de pollution des eaux de ruissellement. On peut, à cet égard, rappeler que les charges mesurées par temps de pluie sont 10 à 1000 fois supérieures à celles mesurées par temps sec. Un tel lavage des rues par temps sec est susceptible de limiter les apports globaux en métaux lourds vers le bassin de dépollution et de limiter cet effet de "first flush" caractéristique mais particulièrement toxique des premiers flots de ruissellement. Il est cependant nécessaire de connaître parfaitement toutes les techniques employées et d'envisager une optimisation du lavage à l'échelle d'un bassin versant pour une meilleure efficacité.

* on peut enfin rappeler le quatrième objectif visant à terme à identifier des métaux traceurs de pollution comme l'argent pour les eaux usées ou le nickel, le cadmium et le chrome pour les eaux pluviales. Leur analyse serait alors suffisante pour caractériser et gérer au mieux les flux entrants dans l'unité de dépollution.

Enfin, la démarche que nous avons conduite au cours de cette étude nous semble pouvoir être affinée en prenant en compte les différents types de pluies relatifs au bassin étudié. Il serait alors possible de modéliser le comportement d'un bassin versant donné par la seule connaissance des différents paramètres de site (pluviosité, topographie, type d'urbanisation, surfaces des rues et toitures, densité du trafic et nature de la pollution atmosphérique...).

Cette modélisation permettrait alors de donner a priori une fiche qualitative et quantitative des différents types de pollution métallique et de quantifier l'impact des différentes charges possibles en micropolluants sur le fonctionnement même des stations d'épuration (boues et rejets).