COMMUNICATIONS

CARACTERISATION DES EAUX DEVERSEES PAR TEMPS DE PLUIE A L'USINE DE CLICHY

Catherine PAFFONI

Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne / SERME — CRITER, 82, avenue Kléber — 92700 Colombes

RESUME

L'usine de Clichy est un des plus grands déversoirs de la région parisienne par lequel sont évacuées en Seine, par temps de

pluie, les eaux excédentaires ne pouvant être dirigées sur la station d'épuration d'Achères. Une campagne de prélèvements portant sur 21 déversements, en 18 mois, a permis de connaître les charges polluantes déversées à ces occasions. Les nombreuses analyses effectuées (MES, DCO, DBO5, azote, phosphore, conductivité, métaux) ainsi qu'une bonne connaissance des débits et volumes rejetés ont permis une évaluation des flux de pollution mis en jeu.

Le S.I.A.A.P., Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne, a pour mission de construire et d'exploiter les grands réseaux de transport des eaux usées et les ouvrages d'épuration.

1. PRESENTATION DE L'USINE DE CLICHY

Le nouveau schéma directeur d'assainissement de l'agglomération parisienne prévoit d'équiper les déversoirs les plus importants de la région parisienne de véritables stations de dépollution effectuant le cas échéant un traitement physico-chimique, prenant ainsi en compte les rejets par temps de pluie. L'usine de Clichy, en interceptant les eaux usées d'un bassin versant de 12.000 ha, constitue l'un de ces points névralgiques, qu'il est prévu de doter d'installations de traitement.

L'usine de Clichy draine les eaux usées de la majeure partie de la Ville de Paris. Elle reçoit, en outre, celles de quelques communes voisines. Par temps sec, 12 m³/s en moyenne transitent par Clichy où les eaux sont soumises à un dégrillage et un dessablage avant de rejoindre gravitairement la station d'Achères. Il s'agit d'un nœud hydraulique essentiel au fonctionnement de l'assainissement de l'agglomération parisienne.

Le réseau étant unitaire, il recueille également les eaux de pluie. Malgré des délestages en route lors des orages les plus violents, la plus grande partie des eaux se concentre donc à Clichy. Si le débit total entrant excède la capacité de transport des émissaires Clichy-Achères, branches d'Argenteuil et de Bezons, le surplus des eaux y est déversé en Seine. Les organes de surverse ont pour objet de maintenir une cote de plan d'eau constante au niveau de l'usine et de l'aval de collecteurs afin d'éviter les inondations en amont de l'usine. Il s'agit de deux siphons « Ponsard » et d'une lame déversante de 42 m de long.

C'est afin de répondre aux interrogations concernant les flux de pollutions impliqués en de telles occasions qu'a été entreprise une campagne de prélèvements.

2. PRELEVEMENTS ET ANALYSES : LES OUTILS

Les débits rejetés en Seine sont connus grâce aux enregistrements des cotes d'eau de la Seine et dans les bassins, des dépressions dans les siphons et de la hauteur de lame déversante sur le déversoir. A l'occasion de cette campagne de mesures, les siphons ont été retardés, tout au moins lorsqu'ils fonctionnent en déversoir. Afin de prélever des eaux les plus représentatives possible de celles qui sont déversées, les préleveurs ont été installés en amont du siphon qui s'amorce en priorité lorsque le plan d'eau atteint une cote définie. Un premier

préleveur est asservi à l'amorçage de ce siphon : un échantillon moyen est collecté toutes les 10 minutes durant 4 heures. Un second préleveur prend le relais à raison d'un prélèvement

USINE DE CLICHY

moyen toutes les heures. Un tel dispositif permet de couvrir un événement d'au moins 16 heures. Enfin un troisième préleveur, réalisant des prélèvements moyens horaires, permet d'apprécier la qualité des eaux avant et après le déversement.

Tous les échantillons ont été soumis au même traitement analytique à savoir la détermination des paramètres suivants : MES, DCO, DBO5, azote Kjeldahl, NH_4^+ , phosphore total, chlorures, conductivité, bore, cadmium, cuivre, plomb, zinc. Ces derniers éléments métalliques ont été recherchés sur chaque échantillon dans son intégralité et sur sa fraction filtrée.

3. DEBITS ET FLUX DE POLLUTION

Selon le profil hydraulique du déversement et les possibilités offertes par le site en vue d'un traitement, il est possible de prévoir un traitement en ligne et/ou un stockage des effluents.

C'est pourquoi la présentation des paramètres hydrauliques clés d'un dimensionnement (débit, volume, MES et DBO5) sera faite sous deux formes : débit instantané maximal (traitement en ligne) et cumul des volumes déversés à un instant t (notion de stockage).

3.1. DEBITS

La campagne s'est déroulée de juin 1990 à novembre 1991 et les chiffres donnés correspondent à cette période. 52 déversements de types extrêmement variés ont été comptabilisés : le plus petit (4.300 m^3 déversés en 1 heure au débit de pointe de $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$), le plus grand ($1.200.000 \text{ m}^3$ déversés en 12 heures au débit de pointe de $50 \text{ m}^3/\text{s}$) et le plus intense ($440.000 \text{ m}^3/\text{s}$ en 3h30, débit de pointe de $64 \text{ m}^3/\text{s}$). Les 21 déversements analysés durant cette période sont donc représentatifs de tous les épisodes pluvieux rencontrés en région parisienne. Le parti a été pris de les regrouper en trois classes :

— les déversements consécutifs à de petites pluies : ils présentent peu d'intérêt vis-à-vis du dimensionnement d'un ouvrage de traitement et ne feront pas l'objet d'une présentation particulière ;

— les déversements de type orage : les débits de pointe sont compris entre 35 et 64 m³/s. Notons que, lors de l'orage de fin mai 1992, un débit de pointe de 95 m³/s a été enregistré soit un débit légèrement supérieur à celui de la Seine. Le débit maximal est, en général, atteint au cours de la première heure et c'est à ce moment que le déversoir fonctionne. Les volumes déversés sont en général compris entre 300.000 m³ et 500.000 m³ en 3 à 4 heures (1.300.000 m³ en mai 1992 lors de l'orage précoce en saison devenu tristement célèbre) ;

— les déversements correspondant aux longues pluies de printemps et d'hiver. Le débit maximal est atteint en fin de déversement et peut culminer à 50 m³/s. Près de 1.000.000 m³ peuvent être déversés en 9 à 12 heures.

Les chiffres donnés ici sont des ordres de grandeur rencontrés durant la période d'observation, étant entendu que chaque événement météorologique conjugué à un état particulier du réseau constitue un événement singulier.

3.2. FLUX DE POLLUTION

Parmi les paramètres analysés, les MES et la DBO5 sont des éléments majeurs dont l'abattement ne pourra se traduire que par une baisse simultanée sur beaucoup d'autres paramètres. En effet, la pollution, en particulier par les métaux, est pour une grande part véhiculée par les MES. C'est sur ce paramètre, bien sûr, qu'agira en priorité tout traitement envisagé. Cependant, la DBO5 est une des composantes biologiques majeures qui rend compte des déficits en oxygène dissous observés dans la rivière, à ce titre, elle mérite une attention égale à celle accordée aux MES. Car c'est bien là finalement que réside le cœur du problème.

Les courbes 1 à 4 illustrent les flux cumulés de MES et de DBO5. Elles expriment la quantité de MES et de DBO5 déversée en Seine au bout d'un laps de temps et lorsqu'un volume x de déversement est atteint. Un orage donne lieu à un déversement qui dure de 3 à 6 heures. Durant le même temps, les tonnages rejetés en Seine sont compris entre 25 et 40 tonnes pour la DBO5 et 70 et 200 tonnes en ce qui concerne les MES. Lors des longues pluies de printemps et d'hiver, les tonnages mis en jeu sont du même ordre de grandeur mais plus étalés dans le temps (9 heures et plus).

Les courbes 1 et 2 donnant les tonnages de MES et de DBO5

en fonction du volume déversé constituent un faisceau de courbes relativement étroit. En effet, les concentrations en MES et DBO5 sont relativement constantes au cours d'un déversement. Elles sont comprises entre 150 et 350 mg/l pour les MES et entre 30 et 150 mg/l pour la DBO5. Dans deux cas correspondant aux longues pluies, il est possible d'observer que la DBO5 est 2,5 fois plus faible en fin de déversement qu'en début. En revanche, cette dilution s'accompagne d'une augmentation du débit, si bien que le flux de pollution s'en trouve stabilisé. D'une façon générale, le débit est le paramètre régissant les flux.

4. LA POLLUTION CARBONÉE

Chaque pluie étant un cas d'espèce, nous nous attacherons à présenter les tendances qui se dégagent de cette étude. Seules quelques pluies particulières seront ensuite analysées à la fin de ce chapitre. L'examen des valeurs moyennes donne l'évolution générale des MES, de la DCO et de la DBO5 par rapport aux valeurs observées par temps sec. Selon les données collectées, les valeurs moyennes de DCO et de DBO restent du même ordre de grandeur. Seules les MES augmentent nettement durant l'amorçage des siphons : elles passent de 173 à 254 mg/l en moyenne. Concentrations moyennes durant les déversements (cf. Tableau 4.1).

Cependant, des moyennes peuvent difficilement être représentatives d'événements aussi aléatoires. La recherche de la probabilité pour qu'un paramètre soit compris entre deux valeurs guides permet d'affiner notre approche. Un pas de 25 mg/l a été choisi pour les MES et la DCO et 10 mg/l pour la DBO5 (courbes 7 à 9).

En ce qui concerne les MES, il se confirme que leur concentration augmente lors des pluies, mais leur dispersion entre les classes définies par les valeurs guides augmente également.

Quant à la DCO, il apparaît nettement un glissement de ses valeurs vers les plus grandes concentrations, contrairement à la DBO5 dont la dispersion des valeurs reste calquée sur celle du temps sec.

La tendance générale est la suivante : augmentation nette des MES, augmentation plus discrète de la DCO et stabilisation de la DBO5. Cette évolution se traduit par une plus forte minéralisation des eaux, ce qui rend bien compte de l'apport des eaux de ruissellement et de la remise en suspension des dépôts partiellement minéralisés dans les collecteurs.

Enfin, nous présentons ci-après les résultats bruts engrangés lors de l'orage du 27 juin 1990 et lors de la petite pluie du

Tableau 4.1 : Concentrations moyennes durant et hors déversements.

	moyenne mg/l	minimum mg/l	maximum mg/l	écart-type mg/l	nombre d'analyses
M.E.S	254	32	1156	128	459
D.C.O	284	37	926	128	459
D.B.O.5	82	6	216	36	459

	moyenne mg/l	minimum mg/l	maximum mg/l	écart-type mg/l	nombre d'analyses
M.E.S	173	36	880	121	246
D.C.O	251	33	897	134	246
D.B.O.5	83	16	498	58	246

25 juillet 1991 (courbes 5 et 6). Leurs caractéristiques étaient les suivantes :

Date	Débit de pointe (m ³ /s)	Volume déversé (m ³)	Durée du déversement (h)
27 juin 1990	64	450.000	3h30
25 juillet 1991	12	115.000	5h

Le déversement consécutif à l'orage du 27 juin 1990 s'est produit entre 23h15 et 2h45, c'est-à-dire au moment du creux journalier. Les MES passent brutalement de 80 mg/l à 500 mg/l, la DCO de 200 mg/l à 400 mg/l avec des pointes à 700 mg/l. Quant à la DBO₅, mis à part un doublement de sa valeur en début et fin de déversement, elle reste relativement faible, moins de 80 mg/l. Les analyses de conductivité confirment la parfaite coïncidence entre le début du déversement et le passage des eaux « pluviales ». L'augmentation de la charge polluante est particulièrement nette et principalement constituée par des matières en suspension. Notons que cette pluie d'orage a été brève, intense et qu'elle s'est produite à la fin d'un mois de juin émaillé de petites pluies.

Le déversement du 25 juillet, que nous aurions tendance à qualifier de petit déversement, est survenu à la fin de la pointe de pollution journalière. A première vue les profils en MES, DCO, et DBO₅ ne laissent pas transparaître l'existence d'un déversement. Remarquons toutefois que les eaux prélevées au cours des 11 heures qui ont précédé l'événement et les 6 heures qui l'ont suivi sont assez chargées (plus de 200 mg/l de MES et de DCO vers 0 heure). Les eaux qui ont transité durant ces heures creuses sont plus chargées que la normale surtout en période estivale (de l'ordre de 100 mg/l en MES et DCO). Les valeurs de conductivité confirment que des eaux de pluies transitaient déjà dans de faibles proportions dans le réseau avant l'amorçage du premier siphon.

5. LES METAUX

Les métaux recherchés dans le cadre de cette étude sont : bore, cuivre, cadmium, plomb et zinc. Bien que dénué d'effet sur l'environnement aux concentrations rencontrées, le bore a fait l'objet d'un dosage systématique. Cette étude a fourni une occasion d'étoffer les banques de données concernant cet élément traceur des lessives. On ne s'y attachera pas plus longuement ici.

5.1. REPARTITION FRACTION TOTALE/FRACTION FILTRÉE

Les métaux ont été recherchés sur la fraction filtrée après passage sur membrane et sur l'échantillon dans son intégralité.

La concentration en zinc dans la phase filtrée est généralement inférieure à 0,5 mg/l. Elle dépend toutefois de la concentration totale. Lorsque celle-ci est supérieure à 1 mg/l, c'est 20 % du zinc qui est retrouvé dans la fraction filtrée. En ce qui concerne le cuivre, la concentration dans la phase filtrée dépasse rarement 0,020 mg/l pour des concentrations totales allant au-delà de 0,5 mg/l. Tout au plus 20 % du cuivre total se retrouvent dans la fraction filtrée. Pour le plomb, il est fréquent, par temps sec, de ne pas en trouver trace (seuil de détection 0,020 mg/l).

Lorsque celui-ci est détecté, sa concentration dans la fraction filtrée ne dépasse pas 0,1 mg/l, soit moins de 10 % du plomb total présent. Le cadmium se rencontre rarement à une concentration supérieure au seuil de détection (0,001 mg/l) en dehors des déversements. Dans tous les cas, il n'est analytiquement pas détectable sur la fraction filtrée des échantillons.

Ce sont donc plus de 80 % des métaux (zinc, cuivre et plomb) qui se trouvent liés aux matières en suspension. Le zinc est, parmi ceux recherchés, le métal dont on enregistre les plus fortes concentrations dans la fraction filtrée.

5.2. CONCENTRATIONS MOYENNES

Les concentrations moyennes en zinc, cuivre et plomb sont plus élevées dans les eaux déversées par temps de pluie compte tenu de l'accroissement des MES. Le facteur multiplicatif moyen est de 1,5 pour le cuivre, 2,3 pour le zinc, 2 pour le plomb ainsi que l'explicitent le tableau 5.21.

On a observé au cours de certains déversements (orages) que les concentrations du zinc peuvent être multipliées par 10, celles du cuivre par 4, celles du plomb par 10. Quant au cadmium non décelable par temps sec, sa concentration peut atteindre 10 fois le seuil de détection (0,001 mg/l).

Comme évoqué plus haut, la majeure partie des métaux se trouve liée aux MES. Il est donc normal d'observer dans les eaux une augmentation de leurs concentrations simultanée à celle des MES. Cependant, l'enrichissement relatif des MES en l'un des métaux peut être abordé en ramenant la concentration du métal considéré au poids de MES (cf. Tableau 5.22).

La teneur en cuivre des MES reste du même ordre de grandeur quelque soit le régime. En moyenne, ramenées au mg de MES, les MES des eaux déversées par les siphons à Clichy sont 2,3 fois plus riches en zinc, 2 fois plus riches en plomb que celles transitant hors régime d'amorçage des siphons. Le cadmium est très souvent détectable dans les eaux déversées. Notons, au sujet de cet élément, que sa concentration par temps sec a été divisée par 7 ou 8 en l'espace de 15 ans, et ce, grâce aux efforts conjugués de l'Agence de l'eau et des Installations Classées. Cet enrichissement relatif des MES en zinc, plomb, et cadmium provient du lessivage des toitures et chaussées.

5.3. FLUX EN METAUX

La quasi totalité des métaux examinés étant liés au MES, les flux rejetés sont directement proportionnels aux flux de MES. Les déversements consécutifs aux orages ne durent que quelques heures (2 à 4 heures) mais sont souvent les plus conséquents quant à la quantité de métaux rejetés : 40 à 140 kg de cuivre, 400 à 1800 kg de zinc et 70 à 350 kg de plomb. Les longs déversements intervenant à la suite des pluies d'hiver et de printemps sont à l'origine de quantités du même ordre de grandeur.

Ces résultats permettent une approche des flux annuels de métaux rejetés en Seine à la suite des pluies. Du 1er juin 1990 au 1er juin 1991, ce sont 800 kg de cuivre, 1 300 kg de plomb et 9 000 kg de zinc qui ont rejoint directement la Seine à Clichy.

6. SYNTHESE

Les eaux déversées par temps de pluie à l'usine de Clichy sont des eaux de surverses unitaires. L'observation majeure qui peut être faite à la suite de cette étude est que ces eaux apparaissent plus chargées en MES et plus minéralisées que les eaux transitant par temps sec dans le réseau. Les résultats analytiques ne permettent pas de les démarquer nettement de celles-ci. Cependant, chaque événement conserve son individualité et les débits et volumes mis en jeu seront des paramètres clés dans le choix du futur traitement auquel elles seront soumises.

L'impact de ces rejets urbains qui se manifeste le plus violemment sur le milieu naturel est sans aucun doute la consommation en oxygène dissous due au rejet de flux importants de

Tableau 5.21 : Concentrations hors et durant les déversements.

	moyenne mg/l	minimum mg/l	maximum mg/l	écart-type mg/l	nombre d'analyses
MES	173	36	880	120	246
cuivre	0,085	0,005	0,230	0,048	246
plomb*	0,110	0,030	0,450	0,081	146
zinc	0,461	0,074	2,276	0,403	246
cadmium**	0,005	0,002	0,010	0,002	65

	moyenne mg/l	minimum mg/l	maximum mg/l	écart-type mg/l	nombre d'analyses
MES	254	32	1156	128	459
cuivre	0,140	0,024	0,930	0,081	459
plomb*	0,232	0,027	0,970	0,167	431
zinc	1,548	0,089	5,050	0,857	459
cadmium**	0,005	0,003	0,012	0,002	126

* seuil de détection: 0,020 mg/l

** seuil de détection: 0,001 mg/l, valeurs déterminées lorsque la présence de cadmium est détectée.

Tableau 5.22 : Concentration du métal considéré au poids de MES.

	Cu/MES ($\mu\text{g}/\text{mg}$)	Zn/MES ($\mu\text{g}/\text{mg}$)	Pb/MES ($\mu\text{g}/\text{mg}$)	Cd/MES ($\mu\text{g}/\text{mg}$)
Siphons amorcés	0,551	6,09	0,913	*0,020
Siph désamorcés	0,491	2,66	0,636	**0,029
Temps sec	0,607	2,08	0,530	**0,017

* le cadmium est souvent présent dans les eaux déversées

** valeurs calculées lorsque le cadmium est présent

DBO5. Dans les cas les plus dramatiques, la nappe se déplace en créant une forte demande en oxygène allant jusqu'à l'anoxie accompagnée de mortalité de poissons. Cet aspect est d'autant plus aggravé que les concentrations en DBO5 restent élevées (80 mg/l en moyenne avec des pointes de 200 mg/l). Cependant on ne peut dissocier la notion de concentration de celle de flux instantané en raison de la réaction rapide du milieu récepteur à cette forme de pollution. Lors des orages, on observe fréquemment des débits de pointe de 60 m³/s et des flux en DBO5 de 0,3 à 0,5 tonne par minute. Ne pouvant agir sur les débits, il faudra pousser assez loin le traitement sur la DBO5 des eaux déversées, certainement au-delà d'une simple décantation, pour préserver la vie dans la rivière.

Au-delà de cette manifestation immédiate et spectaculaire, il en est d'autres plus insidieuses qui se manifestent à plus long terme. On peut citer les effets différés dus à l'accumulation des micropolluants (métaux ; hydrocarbures et autres micropolluants organiques) qui s'accumulent dans les sédiments par décantation dans le fleuve des MES rejetés, mais il s'agit aussi de l'impact du remaniement des sédiments lors des chocs hydrauliques sur le bilan en oxygène de la rivière. Dans le cas des micropolluants, leur impact sur le milieu naturel s'analyse en terme de flux annuel en raison de leur rémanence dans l'environnement. Ces dommages devront être fortement réduits par le traitement de la DBO5 dont la réduction, en assainissement, entraîne de fait une diminution des MES.