Etude du collecteur nord Lyonnais

Utilisation d'une méthode destinée à mesurer l'impact des différentes solutions sur le milieu naturel

M. Cherrered, B. Chocat, G. Delanoy

Laboratoire « Méthodes », INSA de Lyon

Cette étude vise à estimer l'impact de différentes solutions envisageables (en particulier le choix d'une station d'épuration ou non) sur le milieu naturel et en particulier le canal de Jonage et le Rhône. Elle entre dans le cadre de la politique d'aménagement des réseaux d'assainissement entreprise par la CO.UR.LY pour remédier au problème de la pollution des milieux naturels par les rejets unitaires.

Les rejets polluants sont calculés de façon à tenter d'appréhender deux types d'effets : les effets rapides (toxicité des rejets) et les effets lents (risque d'eutrophisation).

I ■ PRINCIPE DE LA MÉTHODE UTILISÉE ■

La méthode utilisée consiste à simuler en continu le fonctionnement du système par un modèle informatique simplifié (pour des raisons de temps de calcul) construit pour cet usage (MMRA : Modélisation Macroscopique des Réseaux d'Assainissement) sur une ou plusieurs années, en utilisant en entrée la pluviométrie mesurée sur l'un des postes CO.UR.LY du bassin versant étudié.

Cette technique permet d'obtenir une chronologie des débits observés (EU, EP et EU + EP) à tous les points intéressants du système, en particulier aux points de rejet (fig. 1).

Au droit des points exutoires du réseau (déversoirs d'orage, entrée de station d'épuration, ...), les débits sont répartis en classes selon leurs valeurs et les volumes totaux obtenus pour chaque classe ainsi que la durée correspondante peuvent être calculés.

L'intérêt de ce classement fréquentiel est triple :

- il permet d'obtenir simplement le volume total annuel rejeté (EU et EU + EP) ;
- il permet si l'on connaît les concentrations moyennes de polluant en fonction du débit (ou les concentrations moyennes de polluant de l'EU et de l'EP) de déterminer les masses annuelles de polluants rejetés et enfin,
- il permet dans le cas d'installation d'une station d'épuration, de calculer les volumes rejetés sans traitement (EU, EP, EU + EP) en fonction de la capacité nominale de la station (et éventuellement, si le rendement de la station est connu, de calculer la masse totale de pollution rejetée).

L'utilisation d'une chronique de pluies observées ne permet pas de fixer de façon formelle des probabilités de dépassement de débit pour des événements de fréquence

« Sortie graphique des débits à l'exutoire (Feyssines) »
Echelle $x = 1$ jour, Juin 87

1. Exemple d'hydrogramme obtenu.

rare (par rapport au nombre d'années simulées). Par contre, elle offre de bonnes garanties pour les événements les plus fréquents (période de retour inférieure à 2 ou 3 mois) qui génèrent les volumes les plus importants. Cette technique paraît donc très bien adaptée dans ce sens.

II ■ LE MODÈLE DE SIMULATION UTILISÉ ■

Le modèle développé pour cette étude (MMRA) repose sur une représentation très schématique des systèmes d'assainissement utilisant six types d'opérateurs (tabl. 1). Chaque opérateur fait l'objet d'un programme spécifique adapté à l'ouvrage à simuler. Les opérateurs de type production ou dérivation doivent nécessairement être calés par des mesures.

A partir de ces opérateurs six types de nœuds ont été définis, chacun formé par un ou deux opérateurs (fig. 2).

III ■ MÉTHODOLOGIE ET RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION ■

● 3.1 Modélisation du site

Le système étudié a été représenté d'une façon simplifiée en essayant de ne pas multiplier le nombre de nœuds pour

2. Représentation des nœuds retenus dans le modèle.

3. Schéma retenu pour la modélisation.

Tableau 1. — Les opérateurs du modèle utilisé (MMRA).

Opérateur	Eléments représentés	Entrée	Sortie
Production	Bassins versants	pluie	débit
Transfert	Conduites	débit	débit
Cumul	Jonctions	débit 1 débit 2	débit
Stockage	Retenues	débit	débit stock
Dérivation	Bifurcations	débit	débit 1 débit 2
Cumul volume	Milieu naturel	débit	volume

éviter d'augmenter le temps d'exécution et pour obtenir un schéma au sens du modèle conformément aux six opérateurs définis.

Le bassin a pu être modélisé de façon cohérente sous la forme d'un schéma caractérisé par huit nœuds (fig. 3).

Les nœuds sont définis comme :

- Production + Dérivation (nœuds 1, 3, 7, 8) ;
- Dérivation (nœuds 4) ;
- Cumul (nœuds 2, 5, 6).

Les caractéristiques des bassins versants modélisés et les résultats de calage de la pluie nette sont donnés dans le tableau 2.

Tableau 2. — Caractéristiques des B.V. modélisés.

Bassin Versant	S (ha)	C	K (mn)	Pluie nette calée
Croix-Luizet	264	0,59	70	C. S. $i(t)(0,78 + 0,009 i(t))$
Cusset	138	0,67	50,8	C. S. $i(t)(0,84 + 0,06 i(t))$
De-cine	320	0,20	61	C. S. $i(t)(0,108 + 0,139 i(t))$
Genas	367	0,40	84,5	C. S. $i(t)(0,299 + 0,005 i(t))$

● 3.2 Durée de simulation. Pluie d'entrée. Calage

La simulation a été effectuée sur une période de 33 mois (du 01/01/85 au 30/09/87), compte tenu des objectifs, des temps de calcul et des données disponibles.

Les données du pluviomètre de Villeurbanne ont été retenues. Ce pluviomètre se situe sensiblement au barycentre du bassin versant et 80 % des enregistrements ont été validés. Les compléments ont été fournis par l'enregistreur de Bron.

● 3.3 Méthodologie et résultats obtenus

L'étude des différents effets sur les milieux récepteurs découle de l'analyse des hydrogrammes obtenus par la simulation (fig. 1), effectuée automatiquement par le module d'analyse de MMRA.

3.3.1 Evaluation des rejets à effets rapides

— Base de temps de calcul

La base de temps à considérer est mal connue et peut varier de l'heure à la journée, sans que l'on sache si la durée elle-même de l'événement est ou non significative. On a donc décidé de prendre comme référence non une durée mais l'événement pluvieux.

— Méthodologie appliquée

a) Les hydrogrammes de déversement obtenus ont été analysés pour déterminer les événements a priori susceptibles d'avoir rejeté les masses maximum de polluants : 25 événements importants ont été définis sur toute la période de simulation.

b) Le paramètre important permettant d'évaluer les effets rapides est la toxicité du rejet. Comme la concentration peut varier d'un événement à l'autre, l'utilisation d'une concentration moyenne s'avère inadaptée car elle risque de minimiser les masses de pollution maximum rejetées. On a donc déterminé les valeurs spécifiques à chaque événement à partir des mesures de pollution réalisées et en fonction de trois paramètres climatiques :

- l'intensité maximale de pluie (sur un pas de temps de 6 min)
- la hauteur d'eau totale précipitée, et
- la durée de temps sec précédant l'événement.

c) Les masses de polluants (DBO₅, DCO, MES et NH₄) rejetées pour chacun des événements ont été calculées à partir des volumes totaux déversés (calculés par le modèle à partir des hydrogrammes) et des concentrations de pollution définies en b).

d) Afin d'évaluer l'impact d'un événement pluvieux quelconque un classement fréquentiel de l'ensemble des indicateurs (volumes et masses déversées) a été réalisé, puis ajusté par une loi de type :

Tableau 3. — Déversements sur 33 mois simulés (exutoire Feyssines).

Indicateur polluant →		DBO ₅	DCO	MES	NH ₄
Concentrations (mg/l) →	EP	87,00	358,00	389,00	13,50
	EU	158,00	346,00	229,00	32,00
Déversement →	Volumes (m ³)	Masses polluantes (Tonnes)			
EP →	1070407	93,13	383,21	416,39	50,00
EU →	86926	13,73	30,08	19,91	2,78
EP + EU →	1157333	106,86	413,28	436,29	52,78
Moy. annuelle →	420848	38,86	150,28	158,65	19,19

Tableau 4. — Déversements lors de périodes d'une semaine et d'un mois (exutoire Feyssines).

	Périodes	pluviomé- trie (mm)	volume déversé (m ³)	Masses (tonnes)				
				MES	NTK		P-TOT	
					Min.	Max.	Min.	Max.
Semaines	12/07/85 au 19/07/85	500	116 862	45,46	1,81	5,57	0,53	0,88
	01/08/85 au 08/08/85	158	308 903	120,16	4,79	14,73	1,39	2,97
	22/08/85 au 29/08/85	114	4 983	1,94	0,08	0,24	0,02	0,05
	06/09/85 au 13/09/85		5 798	2,26	0,09	0,28	0,03	0,06
	01/10/85 au 08/10/85		9 781	3,80	0,15	0,47	0,04	0,09
	04/08/86 au 11/08/86	276	19 205	7,47	0,30	0,92	0,09	0,18
	09/08/86 au 16/08/86	290	14 720	5,73	0,23	0,70	0,07	0,14
	20/08/86 au 27/08/86	112	2 032	0,79	0,03	0,10	0,01	0,02
	01/09/86 au 08/09/86	16	92 750	36,08	1,44	4,42	0,42	0,89
	16/09/86 au 23/09/86	544	92 061	35,81	1,43	4,39	0,41	0,88
	17/10/86 au 24/10/86		7 327	2,85	0,11	0,35	0,03	0,07
	05/07/87 au 12/07/87	130	12 601	4,90	0,20	0,60	0,06	0,12
	16/07/87 au 23/07/87	460	22 386	8,71	0,35	1,07	0,10	0,21
	21/08/87 au 28/08/87	652	36 643	14,25	0,57	1,75	0,16	0,35
	21/09/87 au 28/09/87	288	17 087	6,65	0,26	0,82	0,08	0,16
	02/07/86 au 09/07/86	130	30 245	11,77	0,47	1,44	0,14	0,29
Mois	10/07/85 au 10/08/85	842*	455 975	177,37	7,07	21,75	2,05	4,38
	08/09/85 au 08/10/85		15 579	6,06	0,24	0,75	0,07	0,15
	01/07/86 au 30/07/86	501	30 250	11,77	0,47	1,44	0,14	0,29
	30/07/86 au 30/08/86	525	30 201	11,75	0,47	1,44	0,14	0,29
	26/08/86 au 26/09/86	815	94 774	36,86	1,47	4,52	0,43	0,91
	01/07/87 au 31/07/87	628	34 988	13,61	0,54	1,67	0,16	0,34
	06/08/87 au 06/09/87	776	38 840	15,10	0,60	1,85	0,17	0,37
	01/09/87 au 30/09/87	358	19 284	7,50	0,30	0,92	0,09	0,19

$$\text{Log } Y = a \cdot \text{Log } T + b$$

où

Y = indicateur concerné

T = période de retour en mois

a et b = paramètres d'ajustement.

Le volume et la masse maximum rejetés ont été calculés pour un événement de période de retour un an.

3.3.2 Evaluation des rejets à effets lents

— Base de temps de calcul

La base de temps à considérer est variable selon les effets. Sont retenues les bases de temps d'une semaine, d'un mois et d'un an. Les périodes d'une semaine et d'un mois ont été sélectionnées de manière à les centrer sur les périodes de déversement maximum de produits pendant la période d'étiage (de juin à octobre).

— Méthodologie appliquée

L'estimation des effets lents nécessite de connaître, outre les indicateurs traditionnels, les masses de NTK et P-Total pour lesquels aucune mesure spécifique de concentration n'a été effectuée en période pluviale. Celles-ci ont été donc prises de la littérature en deux valeurs minimum et maximum, de façon à obtenir une fourchette.

a) Les masses totales annuelles produites et déversées de DBO, DCO, MES et NH₄ ont été calculées en utilisant une concentration moyenne pour les EU et les EP.

b) Les courbes de variation de débit ont été analysées pour déterminer les périodes de rejets maximum.

c) Les masses de polluants (MES, NTK et P-Total) pour chacune des périodes retenues, ont été calculées en utilisant des concentrations moyennes constantes (avec deux hypothèses pour NTK et P-Total).

d) Un classement fréquentiel de l'ensemble des indicateurs a été réalisé, puis ajusté par la même loi précédente. Ont été déduits, pour chaque indicateur, les volumes et la masse maximum susceptibles d'être rejetés pendant une durée d'une semaine ou d'un mois avec une période de retour d'un an.

atteindre 70 % pour le volume, 73 % pour la DBO₅, 62 % pour la DCO, 69 % pour les MES et 21 % pour NH₄, de la moyenne annuelle.

— Pour un événement de période de retour d'un an, la valeur maximale susceptible d'être atteinte pour chacun des indicateurs ci-dessus représente respectivement : 19, 20, 23, 19 et 5 % de la moyenne annuelle.

— Certains déversements d'été (période d'étiage et chaleur) peuvent atteindre 80 % de la moyenne annuelle, voir la dépasser (période du 10/07/85 au 10/08/85, tabl. 4).

Il faut noter que ces valeurs importantes sont dues à des événements particuliers généralement longs et intenses, et précédés de périodes sèches importantes (de l'ordre de quelques jours). Ceci est valable en particulier pour les volumes et masses de MES.

Ces résultats ne peuvent prétendre servir à tirer des conclusions définitives sur les caractéristiques d'impact des effluents déversés mais permettent néanmoins de voir plus clair quant au choix d'une solution d'aménagement adaptée.

Ce choix serait de construire un bassin de retenue d'eau pluviale pour remédier au problème d'impact à court terme qui semble être prépondérant, d'autant plus que les mesures réalisées ont permis de constater que les 2 à 3 premières heures des déversements sont généralement les plus polluées. D'autre part le choix d'une station d'épuration coûterait beaucoup plus cher et ne serait « rentable » qu'en certaines périodes courtes de l'année.

IV ■ CONCLUSION ■

Sur la base des résultats de cette étude nous pouvons faire les observations suivantes :

— On distingue des effets de « choc » très importants dus à certains événements pluvieux. Certaines valeurs peuvent

Tableau 5. — Résultats de l'analyse statistique.

		Volume déversé (m³)	Masse polluante déversée (T)							
			MES	DBO5	DCO	NH4	NTK		P-Tot	
							Min.	Max.	Min.	Max.
Moyenne annuelle		420 848	159	39	150	19	—	—	—	—
Paramètres d'ajustement	a	1,0246	0,9680	1,0471	1,0000	1,0244	—	—	—	—
	b	3,8000	0,4620	– 0,164	0,3880	– 1,038	—	—	—	—
Valeur max. pour une pluie de période de retour 1 an		80 477	32	9	29	1	—	—	—	—
Paramètre d'ajustement	a	1,6127	1,6125	—	—	—	1,6125	1,6090	1,6262	1,6101
	b	3,2277	– 0,182	—	—	—	– 1,581	1,090 —	2,131 —	1,790 —
Valeur max. pour une semaine de période de retour 1 an		92 915	36	—	—	—	1,4	4,4	0,4	0,9