

UNIVERSITE DU QUEBEC

THESE

présentée

à

L'INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (EAU)

comme rapport de stage

de la

Maîtrise ès Sciences (Eau)

par

Christophe LAVOREL

"LES EAUX PARASITES DANS LES RESEAUX D'EGOUTS SANITAIRES"

Juin 1979

AVANT PROPOS

Ce rapport est le résultat du stage de recherche que j'ai effectué à l'INRS-Eau du 1er janvier 1979 au 30 juin 1979. Le sujet de mon travail concernait les eaux parasites dans les réseaux d'égouts sanitaires.

Il se compose de deux parties:

* la première partie, intitulée "Les eaux parasites dans les égouts sanitaires: diagnostic et réhabilitation" est une présentation critique de la méthodologie d'évaluation de ces apports parasites, d'après la plus récente bibliographie américaine. Cette partie fait l'objet d'un article qui, en mars 1979, a été soumis pour publication à la revue française "Techniques et Sciences Municipales".

* la seconde partie, intitulée "Etude d'une modélisation du débit dans les égouts sanitaires" est un travail plus mathématique. On a cherché à évaluer le débit moyen journalier à partir d'un nombre limité de valeurs du débit instantané.

Ce travail a été possible grâce au Gouvernement du Québec qui m'a accordé une bourse France-Québec de stagiaire de recherche. Je tiens à le remercier ici, ainsi que le personnel des Affaires Intergouvernementales

qui s'est efforcé de rendre mon séjour le plus agréable possible.

Je remercie également la direction de l'E.N.G.R.E.F. qui a accepté que ce stage soit intégré dans le cadre de mes études et les responsables de l'INRS-Eau qui m'ont si bien accueilli dans leur établissement.

Toute ma reconnaissance au professeur Hubert DEMARD qui a été mon directeur de thèse et aux assistants de recherche Pierre BOUCHER et Denis LEBLANC, qui m'ont guidé dans les dédales de l'informatique.

Que soit aussi vivement remerciée Madame Lise RAYMOND qui a dactylographié ce travail avec beaucoup de soin et de rapidité.

TABLE DES MATIERES

	<u>PAGE</u>
AVANT PROPOS	ii
TABLE DES MATIERES	iii
LISTE DES TABLEAUX	vi
LISTE DES FIGURES	viii
PREMIERE PARTIE: "LES EAUX PARASITES DANS LES EGOUTS SANITAIRES: DIAGNOSTIC ET REHABILITATION"	1
Résumé de la première partie	2
1. Existence d'un problème	3
2. Nature du problème	4
3. Nature des solutions	6
4. L'approche nord-américaine	7
4.1 Phase I: Analyse du problème des eaux parasites	9
4.2 Phase II: Localisation des sources d'eaux parasites	12
4.3 Phase III: Réhabilitation	15
5. Analyse et discussion	16
Références bibliographiques de la première partie	19
DEUXIEME PARTIE: "ETUDE D'UNE MODELISATION DU DEBIT DANS LES EGOUTS SANITAIRES"	31

	<u>PAGE</u>
Introduction	32
1. Problématique	33
2. Présentation de l'étude	34
2.1 Objectif	34
2.2 Données de base	34
3. Méthodologie de l'étude	36
4. Détermination des zones de stabilité	39
4.1 Caractérisation mathématique des zones de stabilité	39
4.2 Détermination des zones de stabilité propres à chaque bassin	41
4.3 Détermination des zones de stabilité communes à tous les bassins	44
4.4 Calculs des débits moyens dans les zones de stabilité	45
5. Evaluation du débit journalier	47
5.1 Traitement indépendant de chaque bassin par la Ridge regression	47
5.1.1 Mode de traitement	48
5.1.2 Résultats pour le bassin D	49
5.1.3 Résultats pour les autres bassins	51
5.2 Traitement des catégories de bassins par la Ridge regression	55
5.2.1 Catégories des bassins A-B	56
5.2.2 Catégories des bassins C-D	57
5.2.3 Catégories des bassins E-F	58
6. Représentativité du débit moyen par une série de mesures ponc- tuelles	61
6.1 Caractéristiques des données disponibles	61
6.2 Stabilité instantanée du débit	62
6.3 Test sur l'indépendance des mesures instantanées	63

	<u>PAGE</u>	
6.3.1	Présentation du test d'ANDERSON	63
6.3.2	Résultats du test d'ANDERSON	64
6.3.3	Etude des déviations moyennes des moyennes d'ordre 4 p	65
7.	Présentation des résultats généraux de l'étude	68
7.1	Récapitulation des résultats	68
7.2	Test sur les coefficients de la regression	68
7.3	Résultats de l'étude	70
8.	Conclusion	71
	Références bibliographiques de la deuxième partie	93
	Annexe I: Caractéristiques physiques et techniques des bassins étudiés	94
	Annexe II: Programme FORTRAN pour la détermination des zones de stabilité	101
	Annexe III: Calculs pour la détermination des zones de stabilité	105
	Annexe IV: Présentation succincte de la Ridge regression	141
	Annexe V: Résultats de la Ridge regression	146
	Annexe VI: Programme FORTRAN pour le test d'ANDERSON sur l'auto- corrélation	173

LISTE DES TABLEAUX

	<u>PAGE</u>
Première partie:	
1. Ordre de grandeur des coûts et des durées des différentes phases	21
2. Estimation des débits parasites selon le type de source	22
Deuxième partie:	
1. Débits bruts et débits parasites (bassin D)	75
2. Débits sanitaires (bassin D)	76
3. Différences $\Delta_{M,n}^i$ (bassin D)	77
4. Moyennes d'amplitude variable des débits sanitaires autour de Z_1 : cas du bassin D	78
5. Moyennes d'amplitude variable des débits sanitaires autour de Z_2 : cas du bassin D	79
6. Moyennes d'amplitude variable des débits sanitaires autour de Z_3 : cas du bassin D	80
7. Moyennes d'amplitude variable des débits sanitaires autour de Z_4 : cas du bassin D	81
8. Zones optimales de stabilité pour chaque bassin (durée 4 heures)	82
9. Détermination des zones de stabilité à partir des valeurs de r	83
10. Calculs pour la détermination de k (cas de 3 variables): bassin D	84

	<u>PAGE</u>	
11.	Calculs pour la détermination de k (cas de 2 variables): bassin D	85
12.	Variances expliquées dans le cas d'une variable: bassin D	86
13.	Test de nullité de l'intercept (test de Student)	87
14.	Test de nullité sur les intercepts des regressions simples (cas des catégories de bassin)	88
15.	Moyennes et coefficients de variations des débits instantanés (les Saules)	89
16.	Autocorrélation d'ordre $4p$ des débits instantanés (les Saules)	90
17.	Déviations moyennes $(D_{n,p})$ des moyennes d'ordre $4p$ des débits instantanés (les Saules)	91

LISTE DES FIGURES

	<u>PAGE</u>
Première partie	
1. Evolution du débit mensuel moyen (Plainwell, Mich.)	23
2. Schématisation des eaux parasites	24
3. Effet d'une pluie sur un égout sanitaire pseudo-séparé	25
4. Effets de l'intensité d'une pluie de 3 cm sur le débit journalier	26
5. Diagnostic de l'état d'un réseau sanitaire	27
6. Décomposition d'un réseau sanitaire en mini-systèmes (Washington)	28
7. Présentation graphique de l'analyse économique	29
8. Alternatives pour la conception des ouvrages d'épuration	30
Deuxième partie	
1. Moyenne sur tous les jours des débits sanitaires (cas du bassin D)	92

PREMIERE PARTIE

LES EAUX PARASITES DANS LES EGOUTS SANITAIRES :
DIAGNOSTIC ET REHABILITATION

Article soumis pour publication à la revue

"Techniques et Sciences Municipales"

(Mars 1979)

1- EXISTENCE D'UN PROBLEME

Lorsqu'un égout sanitaire répond à une pluie, en refoulant dans les caves ou en inondant la chaussée, on le soupçonne fortement de ne pas remplir uniquement un rôle sanitaire et d'être le siège d'apports en eaux parasites. Ces apports ont de nombreuses conséquences fâcheuses: par exemple, l'infiltration lessive la base de la chaussée et on assiste à son affaissement; les tuyaux, davantage exposés, peuvent présenter des fissures: les racines des arbres s'y introduisent et bouchent les conduites. Sables et graviers pénètrent dans le réseau et endommagent les installations techniques, comme les pompes. L'importance volumique de ces apports ne doit plus être sous-estimée; la figure 1 montre que dans la ville de Plainwell (Michigan) le débit mensuel en période de pluie double ou triple le débit par temps sec (Jones, 1978). Dans de tel cas, le débit journalier peut atteindre jusqu'à dix ou vingt fois le débit sanitaire théorique.

Les conséquences de ce problème sont bien connues; elles sont perçues de plusieurs façons par le contribuable. A cause d'une surconsommation des pompes en énergie et de leur usure prématurée, les coûts d'opération du réseau augmentent; il en est de même des coûts d'entretien (accumulation de débris: sable, racines, etc...). De plus, si le réseau comporte une station d'épuration, elle aura dû être surdimensionnée pour accepter les débits de pointes: cela nécessite des surcoûts à l'investissement. Ou, au contraire, si elle a été sous-dimensionnée, il se produit de nombreux débordements.

Dans tous les cas, l'effluent ainsi dilué pose des problèmes de traitement et dans le cas d'un procédé biologique, on constate une inefficacité durable de la station d'épuration: la flore microbienne, insuffisamment développée au contact d'un effluent dilué, n'est plus capable de traiter un effluent concentré pendant le temps de rétention dans la station.

Il est à noter que le phénomène de l'infiltration s'accompagne souvent d'une exfiltration, quand le niveau de la nappe baisse, ce qui contribue à la contaminer. Le problème des eaux parasites participe donc de plusieurs façons à la pollution des eaux naturelles.

2- NATURE DU PROBLEME

A cause de ces importantes répercussions environnementales et économiques, le problème des eaux parasites dans les réseaux sanitaires séparés est, depuis peu de temps, analysé et nous distinguerons trois grands types de sources (cf. figures 2 et 3):

- les eaux d'infiltration: ces eaux proviennent de la nappe souterraine, lorsque celle-ci, de façon temporaire ou permanente atteint le niveau du réseau et peut y pénétrer par de nombreuses déficiences, comme: des joints ouverts ou mal étanchéifiés, des fissures dans les tuyaux, des murs de regards de visite ou des branchements non étanches, etc... Ce type d'apport a un caractère continu et son temps de réaction à une pluie est supérieur à 24 heures;

- les eaux de captage: au cours d'une pluie, quelle que soit sa nature (intensité, durée,...), les eaux de ruissellement peuvent s'introduire dans le réseau de plusieurs façons: par les trous dans les couvercles de regard, par les gouttières de toit ou par les drains des surfaces imperméabilisées (parking, entrée de garage, etc...) raccordés au sanitaire. Ces eaux répondent presque instantanément à la pluie, puisqu'elles sont liées au ruissellement;

- les eaux parasites liées à l'intensité de la pluie: elles proviennent de réactions particulières à la nature des pluies. Ce sont, par exemple, les drains de fondation qui, selon la nature et l'état du sol et selon l'intensité de la pluie, ont un temps et une durée de réponse plus ou moins étalés. La figure 4 montre la différence entre les débits enregistrés pour des pluies de même amplitude, (3 cm), l'une de forte intensité et l'autre plus étalée (Jones, 1978).

Il existe encore une autre forme d'eaux parasites, mais dans la littérature américaine, elle est généralement associée à l'infiltration, bien que sans relation avec la nappe souterraine: elle regroupe toutes les eaux généralement non polluées, qui se déversent de façon continue ou intermittente dans le réseau: ce sont par exemple les trop-pleins des châteaux d'eau, les captages de sources, les eaux de refroidissement des industries qui, fonctionnant sur un forage privé, préfèrent les rejeter plutôt que les recycler, les fuites du réseau d'eau potable captées par le réseau sanitaire, etc...

Dans le cas des réseaux combinés, on peut aussi rencontrer un problème d'eaux parasites; les causes les plus fréquentes sont alors l'infiltration de la nappe et les captages de ruisseaux.

3- NATURE DES SOLUTIONS

Ce problème commence à être pris en considération, puisqu'il est signalé par un certain nombre d'Agences Financières de Bassins, comme étant l'une des plus importantes causes du mauvais fonctionnement des stations d'épuration (en particulier, Rhône - Méditerranée - Corse: Chiesa, 1976 et Seine-Normandie: Valiron, 1978).

Mais ce problème est souvent considéré comme étant économiquement insoluble, car on imagine qu'il est dû à une multitude de petites sources ponctuelles, donc qu'il n'est pas possible de les localiser ou sinon rentable de les réparer. Il demeure qu'il n'existe pas de critères absolus permettant de savoir à l'avance si la réhabilitation, même partielle, du réseau est rentable ou non. Mais on oublie trop souvent qu'à l'origine de ces apports parasites, il y a aussi des sources importantes que les techniques modernes permettent de localiser avec précision et qu'il est souvent intéressant économiquement de réparer. Cet article fait état de l'expérience des Etats-Unis dans ce domaine et présente, de façon critique, la méthodologie mise au point et utilisée par les ingénieurs conseil, après plus de dix ans d'expérience: elle aboutit à un choix économique entre la réhabilitation et l'agrandissement des ouvrages. Cependant il nous faut préciser que le seul critère économique n'est pas nécessairement le plus contrai-

gnant: le but final d'un réseau de collecte est le traitement efficace de l'effluent avant le rejet dans le milieu naturel. La quantité d'eaux parasites à éliminer par la réhabilitation doit de toute façon permettre le fonctionnement de la station d'épuration dans des conditions optimales, sinon dans les normes légales: aux Etats-Unis, par exemple, le traitement doit réduire la D.B.O.₅ au moins de 80% et la ramener en dessous de 20 mg/l.

4- L'APPROCHE NORD-AMERICAINE

L'Agence de Protection de l'Environnement des Etats-Unis a pris conscience depuis longtemps déjà du problème et s'est donné les moyens de le résoudre; la Loi Publique 92-500 votée par le Congrès le 18 octobre 1972 spécifie que pour tout projet concernant l'agrandissement ou l'installation d'une station d'épuration, les subventions fédérales ne sont accordées que si une étude préalable des eaux parasites a montré qu'il n'existe pas d'apport excessif, c'est-à-dire que le projet n'inclut pas des eaux qu'il serait plus économique d'éliminer.

Du point de vue de la définition des termes, les eaux parasites prennent deux formes, aux yeux de la loi: les eaux d'infiltration, correspondant à notre première catégorie et les eaux de captage qui regroupent les deux dernières catégories définies au début.

De plus, on parlera de la réhabilitation économique d'une partie du réseau si, compte tenu de l'état actuel du reste du réseau, les coûts de l'étude et de la réhabilitation sont moins élevés que les coûts de transport

et de traitement des eaux parasites provenant de cette partie (ces derniers coûts incluent la consommation des pompes, les produits chimiques à la station d'épuration, l'agrandissement éventuel de certains ouvrages, sans oublier la part, évidemment difficile à chiffrer avec précision, des indemnités dues aux refoulements dans le domaine privé et de la réfection des chaussées, s'affaissant à cause des infiltrations). La rentabilité économique sous-entend les mêmes contraintes que précédemment quant à la qualité de l'effluent à la sortie de la station d'épuration. L'objectif ambitieux de cette loi, dont nous n'avons présenté qu'un aspect, est de supprimer d'ici à 1985 toute source de rejet polluant dans les eaux navigables du territoire; pour ce qui a trait au problème des eaux parasites, l'étude et la réhabilitation sont subventionnées à 75% par l'administration fédérale et jusqu'à 15%, par l'Etat concerné.

Le Québec, de son côté, s'intéresse aussi à cette question; actuellement, les Services de Protection de l'Environnement accordent une aide financière de 90% pour l'analyse des réseaux et de 67% à 90% pour la réhabilitation après entente avec la municipalité.

Pour préparer la loi 92-500, l'Association Américaine des Travaux Publics a publié deux documents: APWA (1970) et APWA (1971). Ils concernent l'étude globale des eaux parasites et proposent des méthodes de prévention dans les réseaux en construction et de réhabilitation dans les réseaux en fonctionnement. Depuis, une longue pratique est venue compléter ces premières publications (MAYER *et al.*, 1972; CESAREO, 1975; AMERICAN CONSULTING SERVICES, 1976; STILLEY, 1977). Nous allons tenter ici d'en

faire ressortir les grandes lignes.

Il est à noter qu'une des principales propriétés de cette méthodologie est son caractère systématique: son but est d'analyser tout le réseau d'une ville ou d'une communauté urbaine, débouchant ou devant déboucher dans une station d'épuration, en cernant progressivement, aux moindres coûts mais avec la meilleure précision les sources d'apports parasites. On peut décomposer cette démarche en trois grandes phases progressives qui doivent apporter des éléments explicites pour faire un choix économique. La figure 5 indique comment la démarche s'inscrit dans la procédure administrative de l'Agence de Protection de l'Environnement, afin d'obtenir le subventionnement des travaux (construction ou agrandissement d'une station d'épuration, agrandissement ou réhabilitation du réseau).

4.1 PHASE 1: ANALYSE DU PROBLEME DES EAUX PARASITES

Rappelons que la motivation d'une telle étude est l'agrandissement ou la construction d'une station d'épuration et il s'agit de déterminer s'il existe un apport excessif d'eaux parasites: c'est donc la phase de l'existence du problème.

Dès le départ, il est important de travailler sur des documents exacts, précis et à jour. Le premier travail consiste donc à regrouper, compléter et analyser tous les plans et toutes les données disponibles sur les réseaux sanitaire et pluvial: position relative des deux réseaux, localisation des stations de pompage, des regards de jonction, des surverses,

des conduits de dérivation, âge, matériau utilisé pour les tuyaux, méthodes de construction, etc... On s'intéresse aussi à toutes les considérations susceptibles d'apporter des renseignements sur le comportement du réseau sanitaire: occupation du sol, profil socio-économique, localisation d'industries et d'institutions (hôpital, école, etc...), hydrographie, géologie (présence de la nappe souterraine au niveau du réseau). Le réseau est décomposé en sous-systèmes homogènes au point de vue drainage et socio-économique, pour lesquels on détermine les débits moyens et maximums par temps sec: on peut déjà avoir une idée de l'adéquation de la taille des conduits par rapport aux débits à transporter. La figure 6 montre un exemple de décomposition en sous-systèmes, eux-mêmes décomposés en mini-systèmes regroupant 60 à 80 regards de visite.

Ce travail préliminaire permet d'aborder la période des questionnaires et des entrevues avec les personnes compétentes concernées par le réseau, en ayant déjà une certaine connaissance du réseau et des zones potentielles à problème. Ces entrevues, avec les élus, avec l'ingénieur et les techniciens municipaux, avec les maîtres d'ouvrage, etc..., révèlent la façon dont la question des eaux parasites est analysée (localisation, importance et fréquence des refoulements et des débordements) ainsi que d'autres points importants: pratique de l'entretien, (fréquence, matériel utilisé), législation locale des raccordements, etc...

Il s'ensuit alors une campagne de terrain, qui apporte une connaissance physique du réseau. On aura au préalable sélectionné environ 10% des regards à inspecter, selon leur portion à des points-clé du réseau ou dans

une zone à problème. Les buts de ce travail sur le terrain sont multiples: il s'agit d'abord, de préciser, voire de rectifier les plans. Ensuite d'avoir une première idée, en descendant dans les regards choisis, de la nature du problème: toutes les déficiences structurelles dans les regards ou dans les tronçons qui y débouchent sont notées (tuyaux fracturés, murs de regards suintants, etc...). On s'intéresse aussi au type de débris (sable, gravier, racines, etc...) ainsi qu'à tous les genres de problèmes que l'on risque de rencontrer pour la suite des opérations (problème d'accès pour certains équipements, endroits dangereux, etc...).

Cette campagne de terrain comporte aussi un ensemble de mesures de débits, en continu, en des points choisis pour compléter les mesures déjà existantes. On aura soin de bien noter le niveau de la nappe souterraine pendant la période des mesures, ainsi que l'importance des pluies. De plus, si l'on veut connaître le débit total transitant dans le réseau par temps de pluie, il ne faut pas négliger de mesurer les débits aux déversoirs et dans les conduits de dérivation.

Comme l'indique la figure 2, sur une base journalière, l'infiltration est donnée par la différence entre le débit journalier par temps sec (sans pluie) et le débit théorique. Si le débit ainsi calculé représente un pourcentage important du débit de nuit, il s'agit certainement d'infiltration. Quant à l'eau de captage, la quantité transportée par le réseau est donnée par la différence entre le débit total par temps de pluie et le débit journalier par temps sec.

Ces remarques indiquent l'importance qu'il faut accorder à la précision des mesures de débit, du niveau de la nappe, de la durée des pluies (et des fontes de neige) ainsi que la nécessité d'effectuer un certain nombre de ces mesures en continu.

L'analyse de ces données: débits théoriques, débits mesurés, coûts évalués de réhabilitation en fonction des contraintes du terrain permet d'éliminer les zones où ne se pose pas le problème et donne une idée plus précise des zones où les apports risquent d'être excessifs et où il est donc nécessaire d'effectuer une étude plus détaillée. On entre alors dans la deuxième phase qui se limite aux zones ainsi déterminées. Pour avoir une idée du coût et de la durée de cette phase, on pourra se reporter au tableau 1.

4.2 PHASE II: LOCALISATION DES SOURCES D'EAUX PARASITES

L'objectif de cette phase est de localiser exactement les sources d'eaux parasites et d'évaluer l'importance de leurs apports, ainsi que les coûts de la réhabilitation, afin de pouvoir effectuer un choix économique. Les zones à problème sont subdivisées en mini-systèmes de 60 à 80 regards et l'on détermine les points de mesures permanentes et temporaires, en fonction de ce que l'on sait déjà sur le réseau et de ce que l'on cherche; on installe des jauges pour la nappe souterraine et pour la pluie.

La campagne de mesures sur le terrain commence par une inspection de la surface où l'on s'intéresse aux conditions de ruissellement superfi-

ciel (en particulier les drains des entrées de garage, les gouttières de toit et les fossés raccordés au sanitaire, l'état des couvercles: position en contre-bas par rapport au niveau de la chaussée, nombre de trous, fractures, etc...). Puis on descend systématiquement dans tous les regards, qu'on inspecte à la lampe ainsi que les tronçons y débouchant; en ce qui touche à l'infiltration, on choisira le débit de nuit à une période où le niveau de la nappe est élevé. On peut évaluer ces apports en s'inspirant du tableau 2. Cependant, certaines sources restent inconnues quant à leur localisation car l'inspection physique à vue a ses limites. La comparaison entre les débits parasites ainsi déterminés et les débits calculés au départ permettent de déliminer les zones où l'analyse doit être affinée.

Dans le cas d'une infiltration diffuse, on effectue l'isolation d'un tronçon, par dérivation du débit à l'aide d'une pompe, pour évaluer le débit d'infiltration dans ce tronçon. En ce qui concerne les eaux de captage, liées à la pluie, on procède à des simulations de pluie, dont les plus efficaces sont les tests à la fumée et les inondations à l'eau colorée:

- les tests à la fumée consistent à isoler le tronçon à étudier et à injecter par un regard de la fumée sous pression grâce à un compresseur: les photos prises à ce moment témoignent des points de fuite ou des branchements illégaux. Cette méthode est particulièrement efficace pour les gouttières de toit: à ce propos, il importe de prévenir la population qui risque de voir des incendies partout!

- les inondations à l'eau colorée se font lorsque l'on soupçonne le raccordement ou les fuites avec un tronçon du réseau pluvial. Cette simulation permet à une personne entraînée d'évaluer les apports parasites.

Après tous ces tests, il peut tester des zones où le débit des eaux parasites continue à dépasser les débits déterminés jusqu'à présent: il est nécessaire d'inspecter l'intérieur des conduits et donc d'utiliser la télévision en circuit fermé. Cette partie, sophistiquée donc coûteuse, nécessite un nettoyage préliminaire (système hydrodynamique, disque râcleur, etc...) afin de permettre le passage de la caméra. L'expérience a montré qu'une bande vidéo était préférable à des photos, en particulier pour la rapidité de l'opération et pour l'évaluation du débit, qui peut être faite en laboratoire par un spécialiste. Cet instrument est utilisé pour localiser l'infiltration et peut, le cas échéant, améliorer les résultats d'une simulation de pluie à l'eau colorée.

La réévaluation des apports parasites et l'analyse économique des travaux à effectuer dans chacun des mini-systèmes permettent de comparer, compte tenu des sommes déjà investies pour parvenir à ce stade, les coûts respectifs de la réhabilitation aux coûts de transport et de traitement des eaux parasites; cette comparaison débouche sur la classification des mini-systèmes par ordre de priorité. Les économies cumulées, en réhabilitant successivement ces mini-systèmes par ordre de priorité décroissante, augmentent jusqu'à un optimum après lequel les réhabilitations coûtent plus cher que le transport et le traitement. La courbe de la figure 7 illustre

cet optimum; on parvient donc à la dernière phase: la réhabilitation des mini-systèmes, déterminés par cette courbe. On pourra se reporter au tableau 1, pour les coûts et la durée de cette phase.

4.3 PHASE III: REHABILITATION

Les travaux de réhabilitation vont revêtir des aspects très différents selon la nature des problèmes: il pourra s'agir par exemple de détourner un ruisseau qui était capté par le réseau sanitaire. Mais en général les travaux à la surface sont plus légers: il faudra rehausser les regards, qui, à la suite de goudronnages successifs de la rue, se retrouvent en contrebas, ou remplacer certains couvercles qui comportent de trop nombreux trous ou encore étanchéifier le pourtour des regards sujets à infiltration. Il y aura aussi des gouttières de toits à débrancher du réseau sanitaire, de même que tout autre branchement destiné plutôt au réseau pluvial. Quant aux travaux dans le réseau lui-même, ils vont du rejointoiement à l'aide de polymères plastiques (à l'intérieur des tuyaux) ou de ciment (pour les murs de regards) jusqu'au remplacement complet de tronçons. Dans le cas d'une conduite effondrée ou largement fracturée, qui impliquerait des travaux trop coûteux, on pourra procéder à l'introduction d'une conduite de diamètre inférieur, constituée de sections encastrables (Buettner, 1971).

Malgré le caractère systématique de l'étude, on peut facilement imaginer qu'un certain nombre de sources d'apports parasites aient pu lui échapper: en particulier, après l'élimination des points de fuites dans les conduites (fissures, joints, etc...) il peut en apparaître de nouveaux qui,

au cours de l'étude, restaient masqués par les autres: le rejointoiement de fissures peut faire remonter localement le niveau de la nappe qui atteint alors des nouveaux points d'infiltration. Il est donc important, au cours des inspections, de rester attentif à d'éventuels points de fuite.

Une autre remarque concerne l'auto-curage: l'élimination des débits parasites risque de diminuer son efficacité dans certaines zones soit à cause d'un défaut de conception (pente trop faible) soit par suite d'un affaissement différentiel. La véritable solution consiste alors en la réhabilitation de ces zones.

5- ANALYSE ET DISCUSSION

Cette méthode d'étude a apporté de bons succès aux Etats-Unis, où elle est pratiquée par une douzaine de firmes d'ingénieurs conseil; en moyenne, on peut espérer corriger 75 à 80% des eaux de captage et 25 à 40% des eaux d'infiltration.

Le plus important problème de cette étude est sa durée; les ingénieurs conseil s'y sont heurtés, dès le début. Il faut, en effet, compter un à deux ans d'étude, selon la taille du réseau. Mais lorsqu'un conseil municipal a décidé l'agrandissement ou l'installation d'une station d'épuration, il ne peut se permettre d'attendre cinq ans avant sa réalisation (deux ans pour l'étude des eaux parasites puis trois ans pour la réalisation des plans et la construction de la station): en effet, c'est l'étude des eaux parasites qui doit déterminer le débit à traiter. Le problème

est particulièrement accentué lorsqu'il s'agit d'une première station: pendant cinq ans, l'effluent brut va se jeter dans le milieu naturel alors que la municipalité a décidé de débloquer les crédits nécessaires à son épuration.

On doit imaginer quelques solutions de rechange:

- a) d'abord en ce qui concerne la durée de l'étude, on pourra simplifier la première phase, s'il existe déjà des données fiables et suffisamment abondantes. De plus, après avoir donné des ordres de priorité pour les différents sous-bassins, on pourra mener jusqu'au bout les phases 2 et 3 (localisation des sources d'apports parasites et réhabilitation) dans les sous-bassins prioritaires, au lieu de mener de front la phase 2 puis la phase 3 dans tous les sous-bassins. Cette démarche est particulièrement adaptée lorsque l'objectif est simplement d'améliorer l'efficacité de la station.

La figure 8 indique à quel moment peut alors s'inscrire le dimensionnement de la station dans l'étude du réseau. L'Agence de Protection de l'Environnement donne par ailleurs les recommandations suivantes, découlant de l'expérience des dernières années:

si, dans un bassin, le taux d'infiltration est inférieur à 1500 litres par jour, par centième de diamètre et par kilomètre de conduit ($l/j/cm/km$), alors les apports par infiltration sont jugés non excessifs a priori;

- si ce taux est compris entre 1 500 et 5 000 l/j/cm/km, il faut procéder à une analyse économique pour juger de la pertinence d'une étude plus poussée;
- si ce taux est supérieur à 5 000 l/j/cm/km, l'apport est excessif et l'étude doit être faite.

En ce qui concerne les eaux de captage, leur élimination à 80% s'est révélée rentable dans la plupart des cas.

- b) Quant au retard à l'établissement des plans et devis de la station, on peut y remédier de plusieurs façons, soit en effectuant une construction modulaire (plusieurs modules en parallèle), soit en dimensionnant la station aux conditions critiques: connaissant la charge minimale à traiter et la dilution maximale à l'entrée de la station, on peut en déduire le débit de conception. L'analyse des eaux parasites permet d'identifier les corrections les plus rentables pour atteindre ce débit de conception; s'il s'avère rentable d'effectuer d'autres corrections, il y a alors un risque de surdimensionnement de l'ouvrage.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES DE LA PREMIERE PARTIE

AMERICAN CONSULTING SERVICES (1979).

Sewer System Evaluation Seminar (Québec, Canada, 18/01/79) 835 no
County Road 18 Minneapolis (Minnesota).

AMERICAN CONSULTING SERVICES. (1976).

Infiltration/Inflow Analysis Washington Suburban Sanitary Commission
(2/02/76).

AMERICAN PUBLIC WORKS ASSOCIATION. (1970).

Control of infiltration and inflow into sewer system (ref. no 11022
EFF 12/70).

AMERICAN PUBLIC WORKS ASSOCIATION. (1971).

Prevention and Correction of excessive infiltration and inflow into
sewer systems: a manual of practice. Water Pollution Control Research
Series 11022 EFF/01/71 W71-13568 janvier 1977 (115 p.).

BUETTNER, C.F. (1971).

Money down the drain... The American City pp. 60-62 (août 1971).

CESAREO, D.J. and R. FIELD. (Octobre 1975).

Infiltration/Inflow analysis. Journal of the Environmental Engineering
Division, octobre 1975, p. 775-785.

CESAREO, D.J. and R. FIELD. (Avril 1975).

How to analyse infiltration/inflow. Water and Sewage Works (30 avril
1975): p. 84-90.

CHIESA, P. and P. DEPAU. (1976).

Les eaux parasites dans les réseaux d'assainissement d'eaux usées. Bul-
letin d'information du Comité de l'Agence du Bassin Rhône-Méditerranée-
Corse, no 11, décembre 1976, p. 45-50.

DEMARD, H. et al. (1975).

Réseaux de Collecte des Eaux usées. (Tome 1). INRS-Eau, décembre 1975.

ENVIRONMENTAL PROTECTION TECHNOLOGY SERIES. (1977).

Sewer System Evaluation, Rehabilitation and new construction: a manual of practice EPA-600/2-77-017D, décembre 1977.

JONES, G.E. (1978).

Infiltration/Inflow, S.S.E.S., Rehabilitation: case histories, Presented at the 51st annual Conference of the Water Pollution Control Federation, on october 6, 1978.

MAYER, J.K., F.W. MACDONALD and S.E. STEIMLE. (1972).

Sewer Bedding and Infiltration Gulf Coast Area. Water Pollution Control Research Series U.S.E.P.A. 11022 DEI 05/72.

STILLEY, S.H. (1977).

Simulated field study for I/I analysis. Public Works, vol. 108, no 1 (1977), p. 50-53.

VALIRON, F. (1978).

Seine-Normandie: Quatre actions pour le troisième programme. Nuisances et Environnement, No 71, p. 57-60 (juin 1978).

TABLEAU 1: ORDRE DE GRANDEURS DES COÛTS ET DES DURÉES
DES DIFFÉRENTES PHASES

	Coût moyen	Durée
PHASE I: Analyse du problème des eaux parasites	1 à 2 \$/personne	8 à 12 mois
PHASE II: Localisation des sources d'apports parasites		
. mesures des débits		3 mois *
. inspection physique	25 à 40 \$/regard	6 mois *
. simulation de pluie	1 \$/m	4 mois *
. nettoyage préliminaire	1 à 2 \$/m	4 mois *
. inspection télévisée	1 à 6 \$/m	3 mois *

*Cas de "GREATER WAUSAU (WIS.)", ville de 35,000 h. d'après American Consulting Services 12/78.

Reference: American Consulting Services (Séminaire 1979).

TABLEAU 2: ESTIMATION DES DEBITS PARASITES SELON LE TYPE DE SOURCE

Type de source	Débit parasite
Fuites autour d'un couvercle de regard	1 l/s
Trous dans un couvercle de regard	3 à 6 l/s
Drains de fondations	1 l/s
Gouttières de toit	1 l/s
Puisards	20 l/s
Fuites par les raccordements	15 à 30 l/s
Infiltration venant du pluvial	3 à 5 l/s
Drains des surfaces imperméabilisées	3 à 15 l/s

Référence: CESAREO, D.J. FIELD, R. (Octobre 1975)

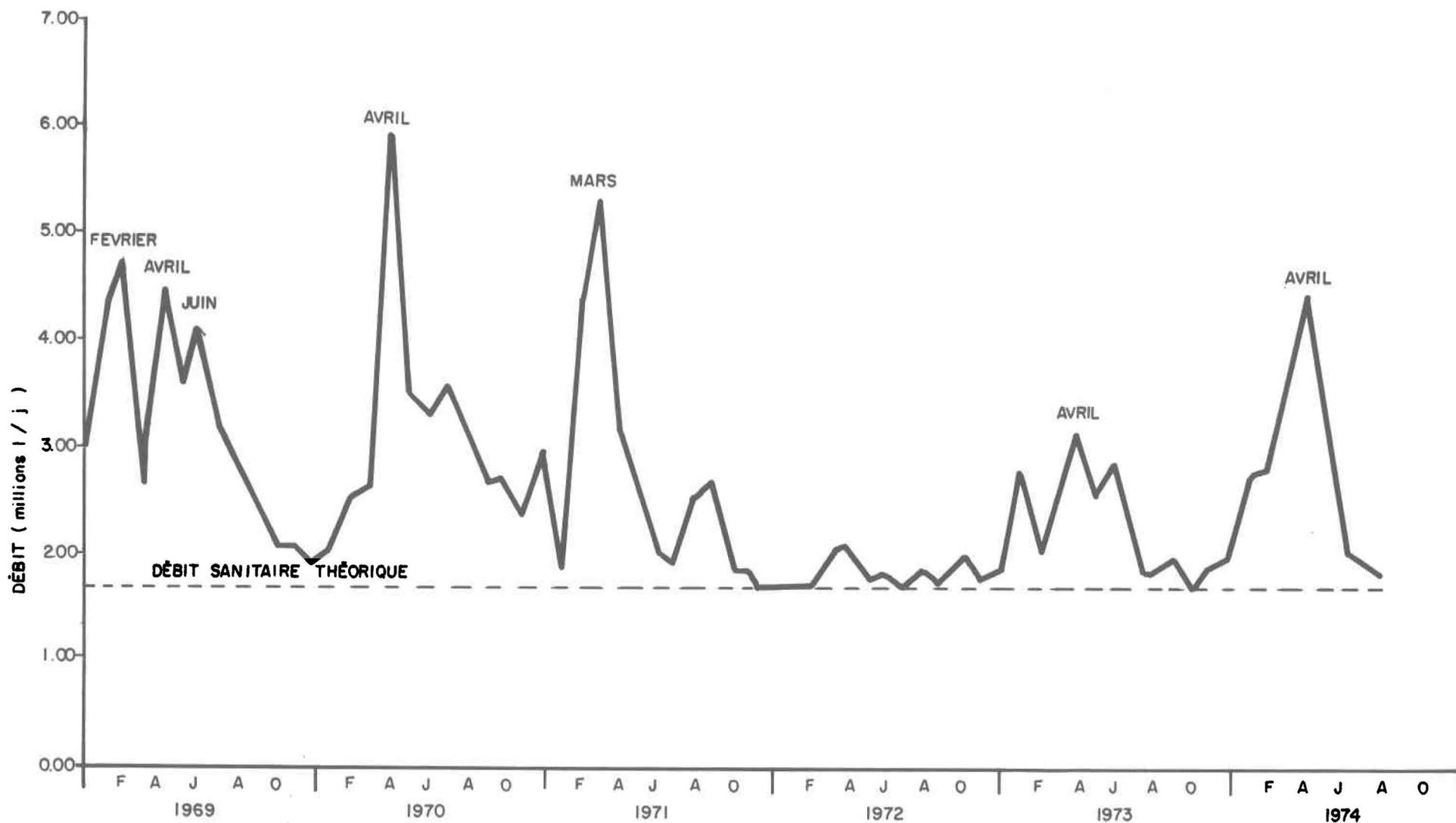


Figure 1 . Évolution du débit mensuel moyen (Plainwell, Mich.)
 Référence : Jones , G.E. (1978).

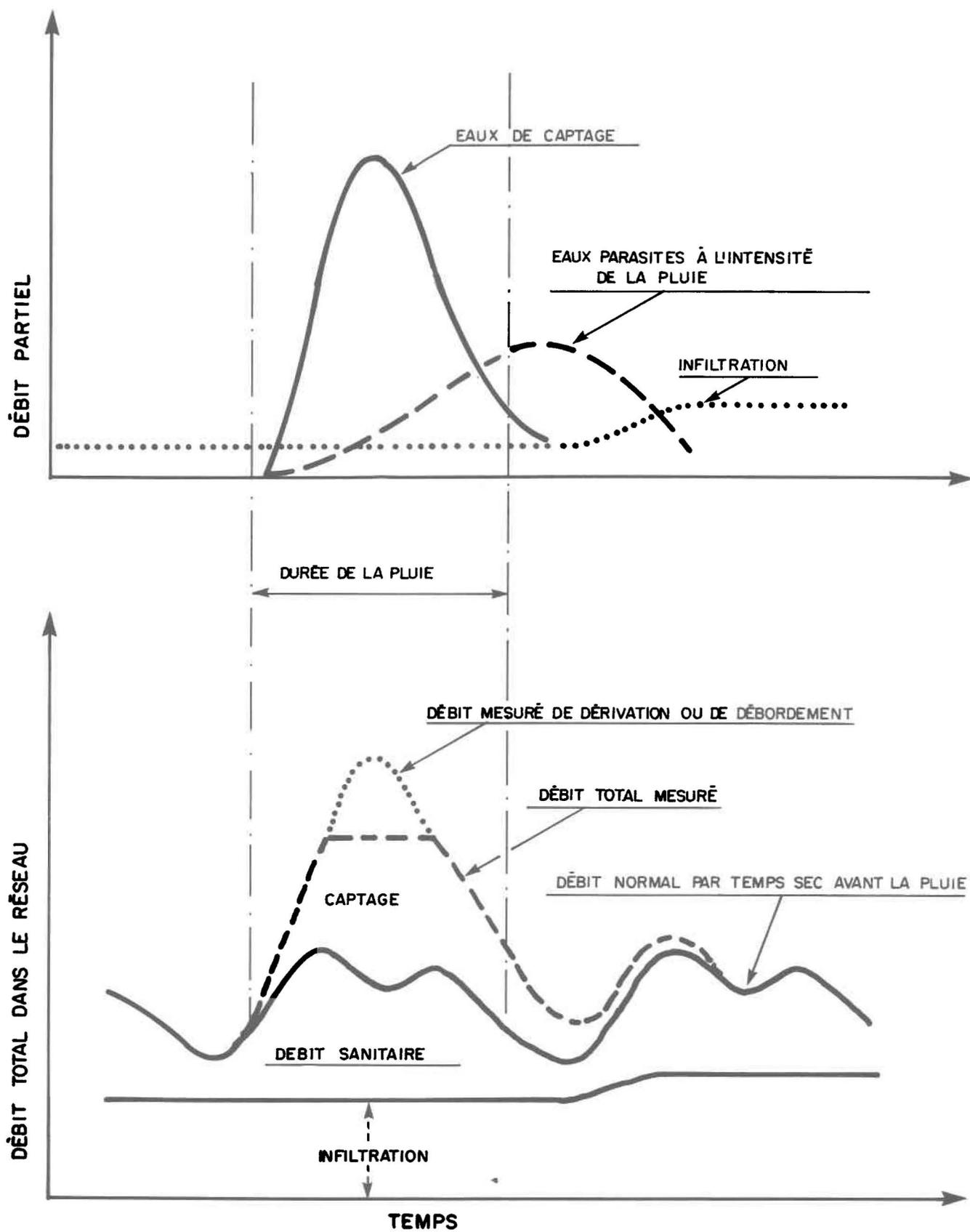


Figure 2 .Schématisation des eaux parasites .

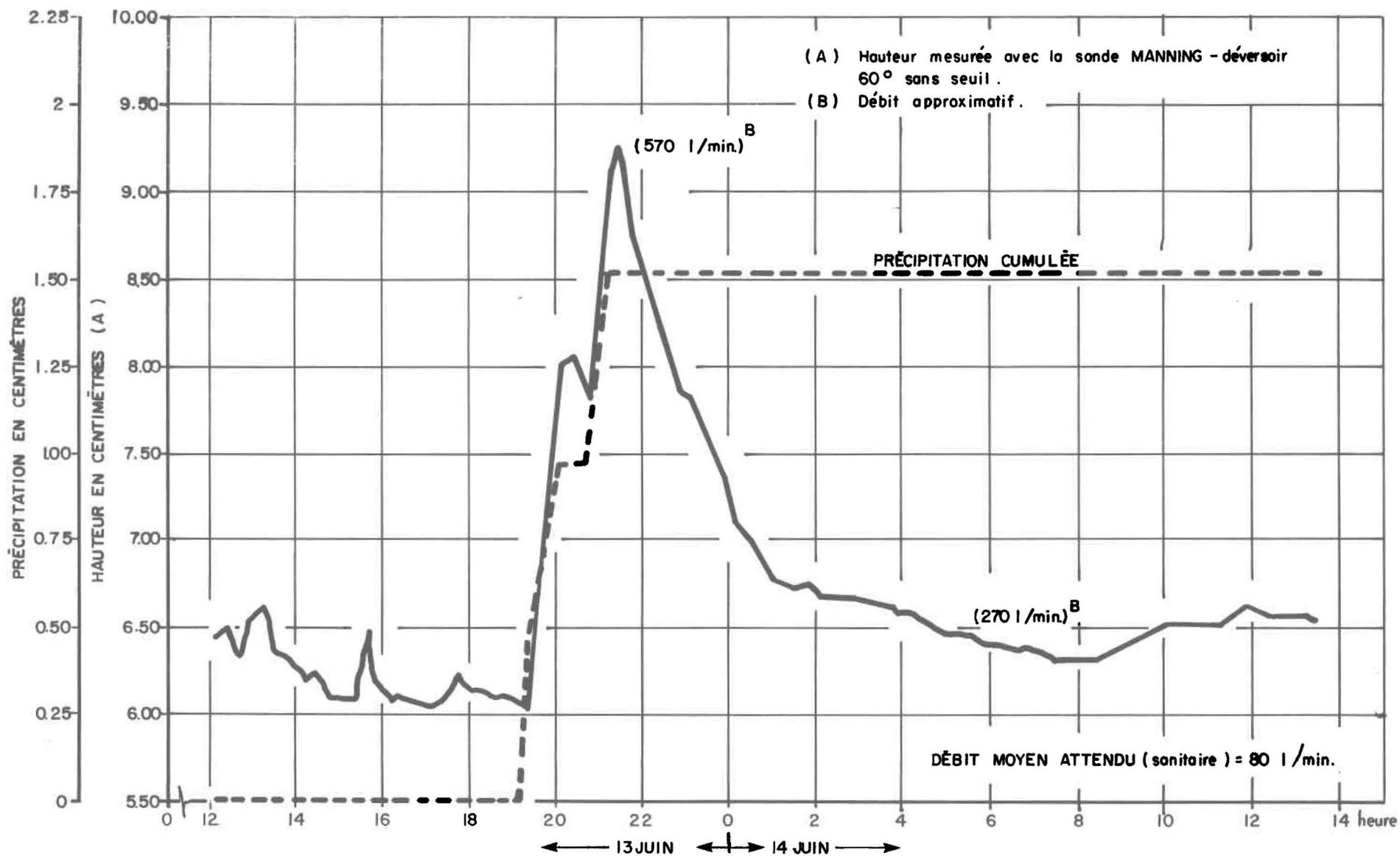


Figure 3 .Effet d'une pluie sur un égout sanitaire pseudo séparé , station : Les Saules (13-14 Juin 1975) .
 Référence : Démard, H. et al. (1975) .

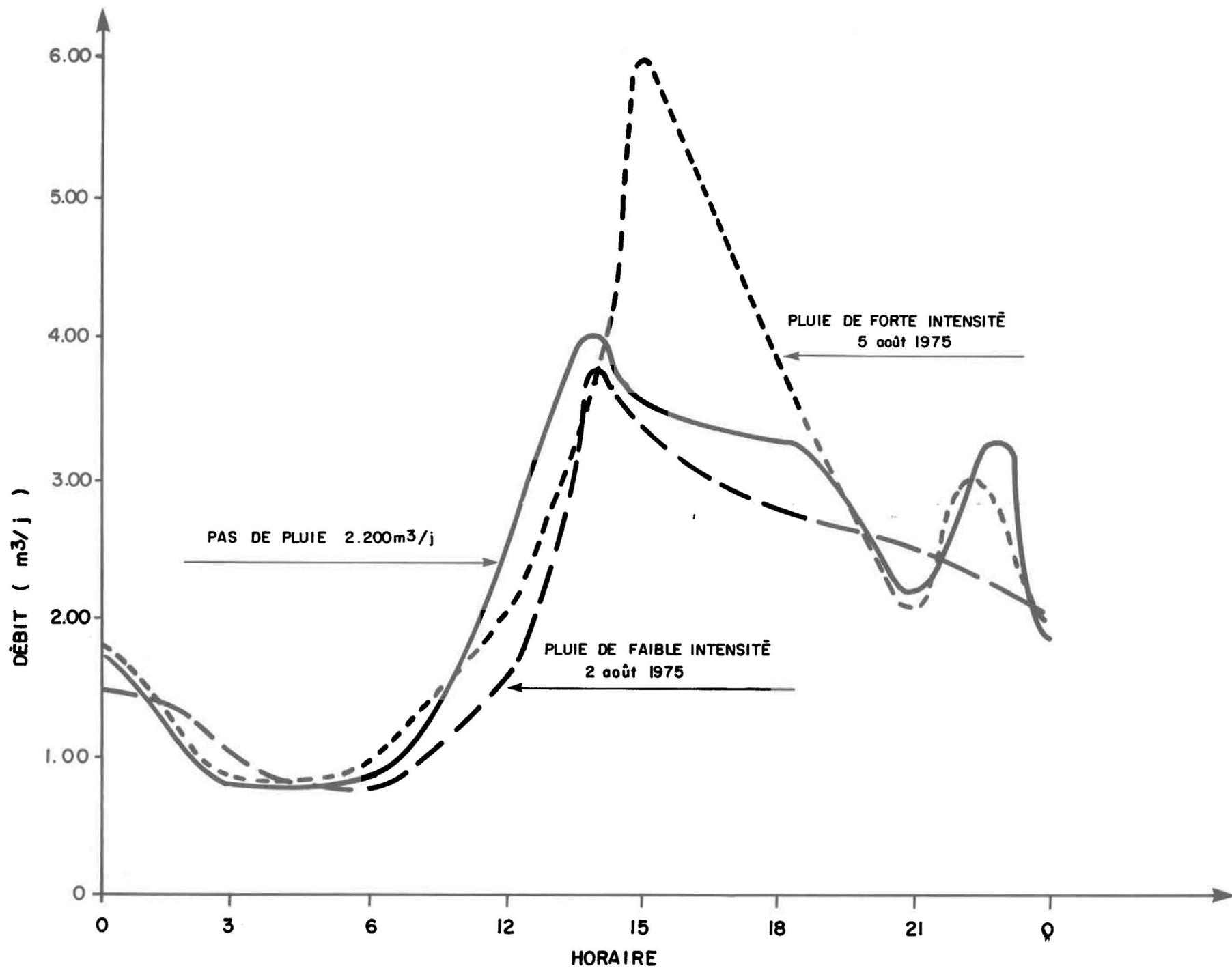
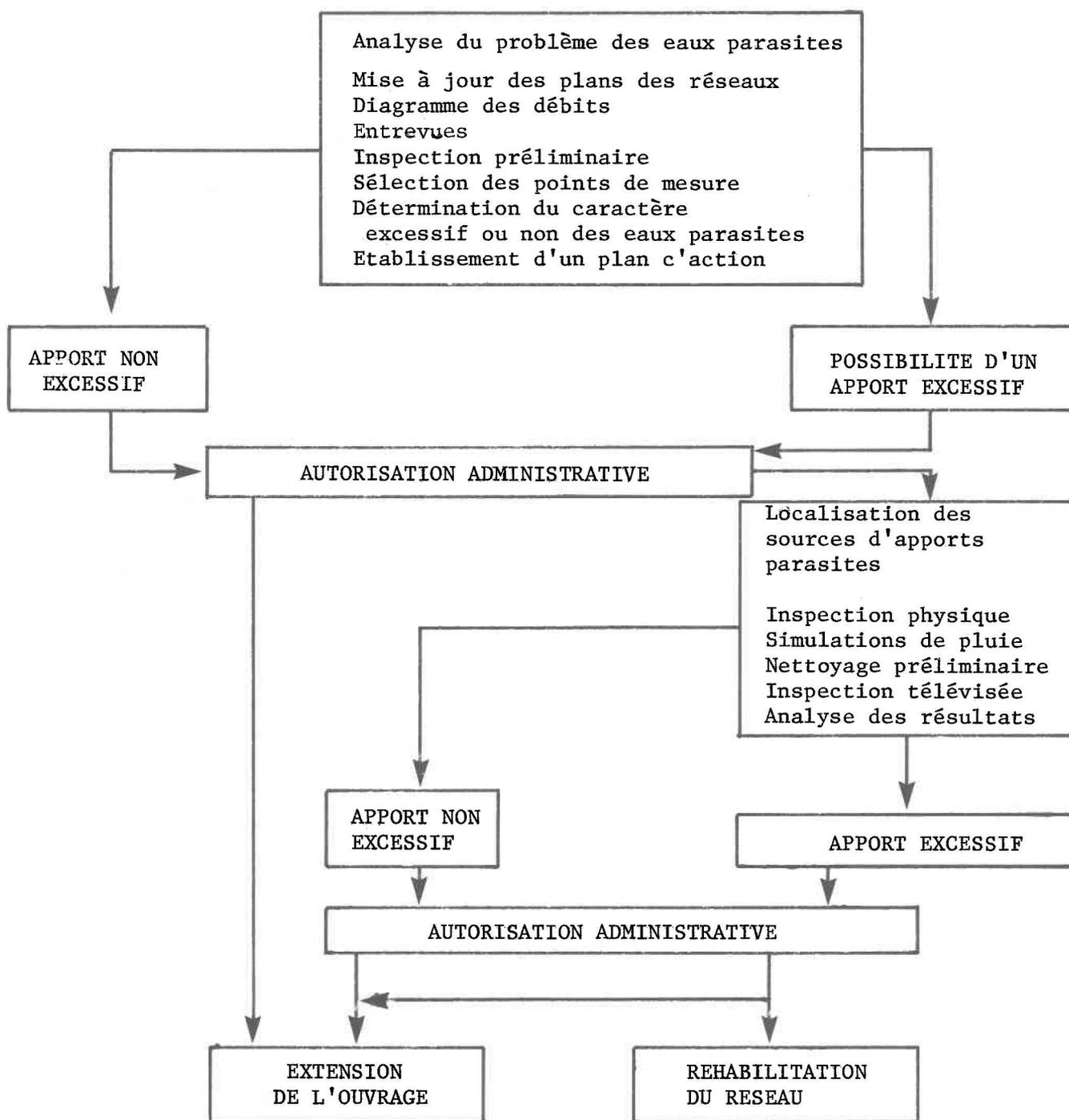


Figure 4 . Effets de l'intensité d'une pluie de 3cm sur le débit journalier (Jones , G , E : 1978) .

FIGURE 5: DIAGNOSTIC DE L'ETAT D'UN RESEAU SANITAIRE

Reference: Environmental Protection Technology Series (1977)

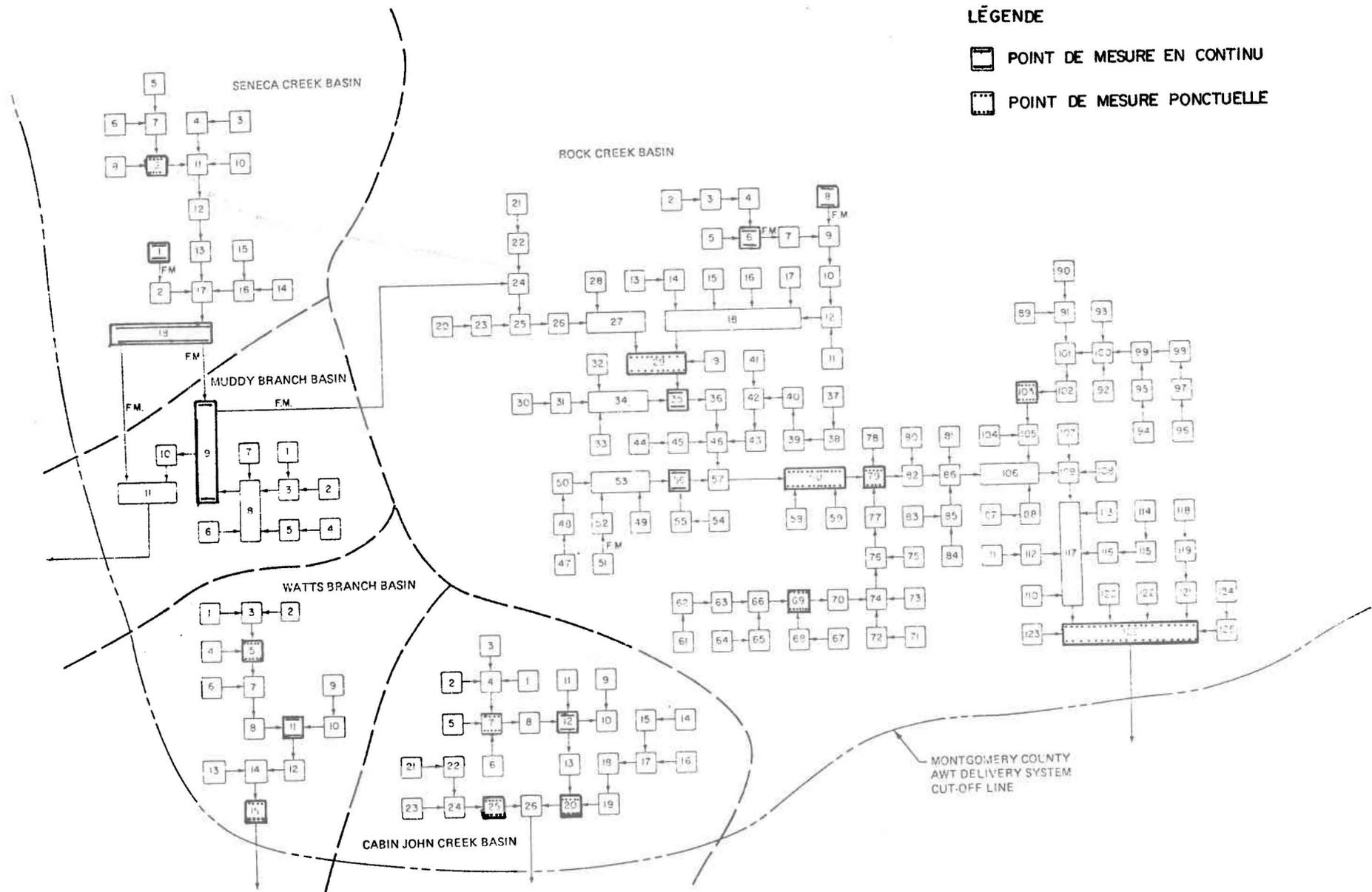


Figure 6 . Décomposition d'un réseau sanitaire en mini-systèmes (Cas de Washington).
 Référence : American Consulting Services (1976).

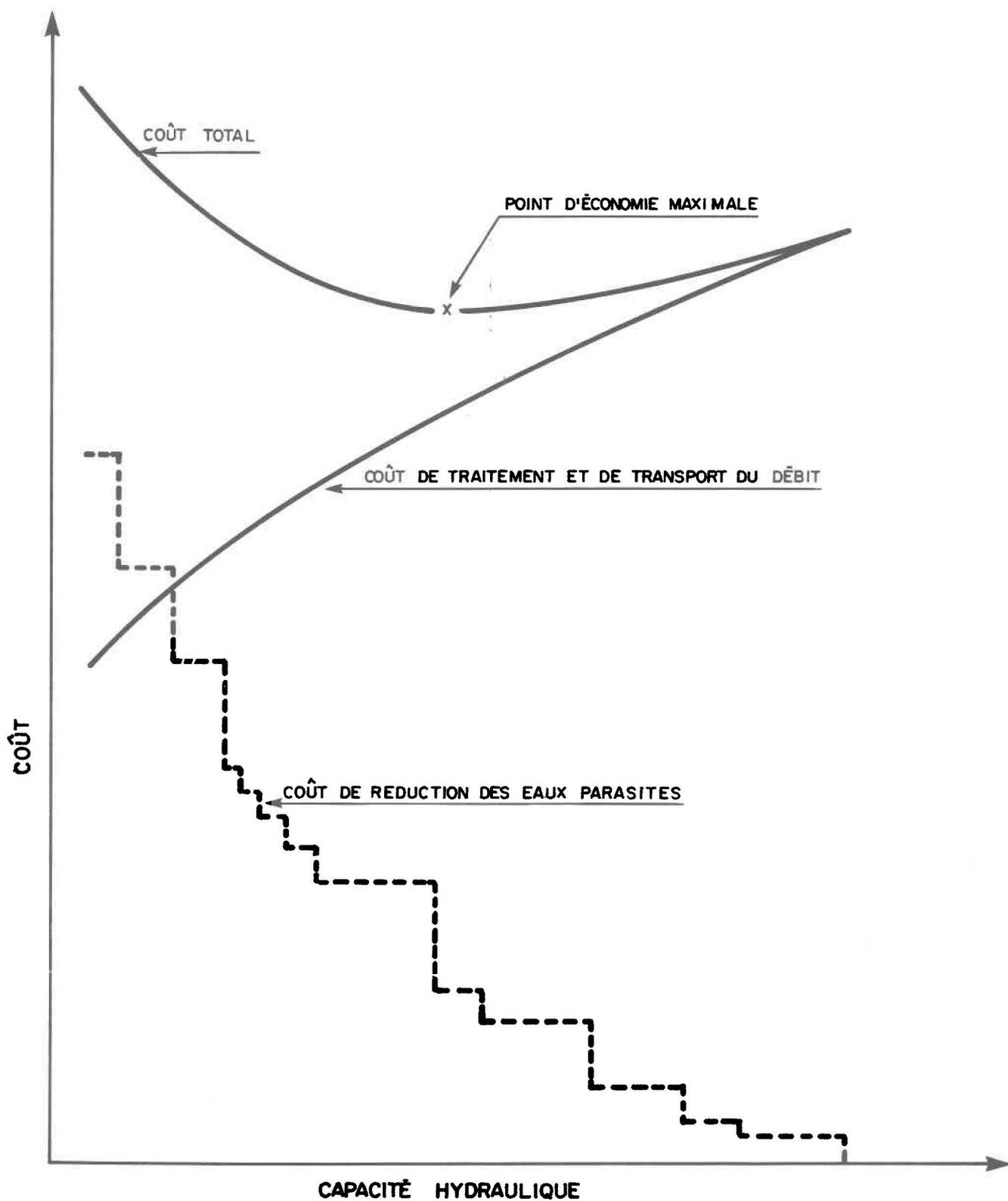


Figure 7 .Représentation graphique de l'analyse économique.
Ref : American Consulting Services (1976) .

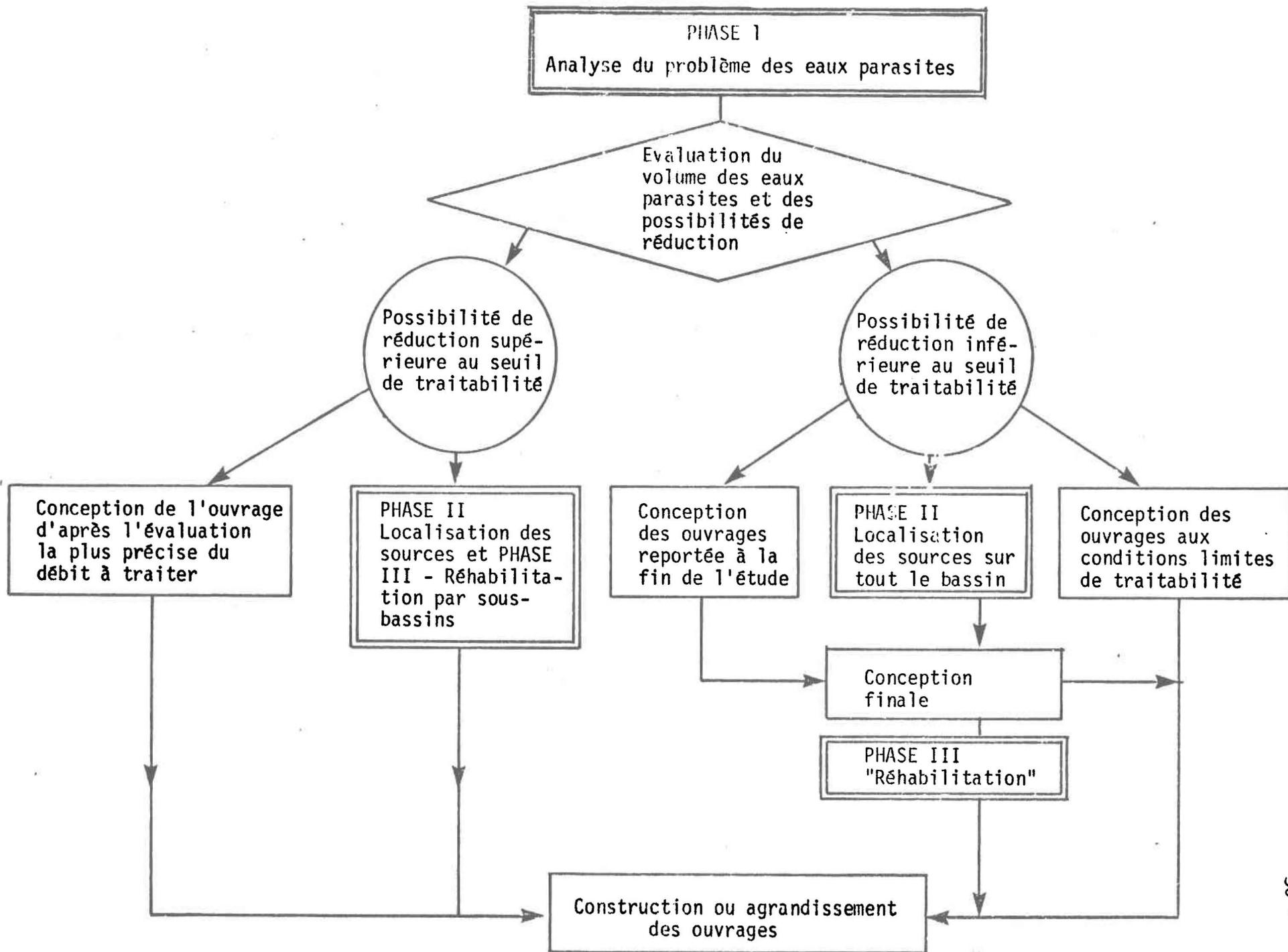


Figure 8 - Alternatives pour la conception des ouvrages d'épuration

RESUME DE LA PREMIERE PARTIE

Aux Etats-Unis, d'après la loi fédérale 92-500 votée en 1972, les subventions pour l'agrandissement ou la construction d'une station d'épuration municipale ne sont accordées que si une étude préalable incluant des travaux de réhabilitation, a conduit à l'élimination des eaux parasites en excès dans le réseau sanitaire. Après dix ans d'expérience, les ingénieurs conseil américains ont mis au point une méthodologie d'analyse des apports parasites qui est présentée et analysée dans cette partie. Cette méthodologie débouche sur un choix économique entre la réhabilitation et le traitement des apports parasites.

DEUXIEME PARTIE

ETUDE D'UNE MODELISATION DU DEBIT
DANS LES EGOUTS SANITAIRES

Introduction

La première partie de ce travail a montré l'importance qu'il faut accorder à l'étude des apports parasites dans les réseaux d'égouts sanitaires, si l'on veut lutter de façon efficace contre cette forme de pollution des eaux. Après l'expérience des Etats-Unis depuis 1972, le Québec, à son tour, s'achemine vers l'élaboration d'une politique globale de réhabilitation de ses réseaux d'assainissement. La France, quant à elle, commence à prendre sérieusement en considération ce problème par l'intermédiaire du Ministère de l'Environnement et des Agences Financières de Bassin.

Les ingénieurs et les techniciens des services concernés sont donc appelés à étudier ces réseaux de façon toujours plus intensive et systématique. Cette seconde partie présente donc une étude pour modéliser le débit journalier moyen d'un réseau d'assainissement, à partir d'un nombre limité de mesures ponctuelles.

CHAPITRE 1

1. PROBLEMATIQUE

Pour effectuer la réhabilitation économique d'un réseau d'assainissement, il faut être capable de localiser avec le plus de précision possible les apports parasites. Or cette localisation demande un certain nombre de postes d'enregistrement permanent du débit. Ces installations risquent d'être très coûteuses lorsqu'il s'agit de n'avoir qu'une première idée du débit journalier dans tout le bassin ou dans un sous-bassin. Or une première connaissance du réseau, sous forme de quelques débits chiffrés avec une certaine précision, peut être un guide extrêmement utile. Elle permet à la fois de confirmer ou de préciser les renseignements obtenus de diverses sources et surtout d'éviter le gaspillage de temps et d'énergie des installations permanentes.

2. PRESENTATION DE L'ETUDE

2.1 Objectif

L'idée de départ est d'obtenir le débit journalier moyen à partir d'un nombre minimum de mesures ponctuelles, dans un réseau d'assainissement où l'on n'a que peu de renseignements. On souhaite évidemment la meilleure précision possible. Le débit, ainsi obtenu, contient les apports parasites dus à l'infiltration mais exclut les eaux de captage, c'est-à-dire celles qui sont liées à une pluie.

2.2 Données de base

Au départ, les données concernent six réseaux gravitaires nommés A, B, C, D, E et F desservant des populations allant de 1.000 à 15.000 habitants environ; dans l'Annexe I, on trouvera plus de détails sur leurs caractéristiques physiques et techniques. Ce sont des débits horaires moyens pendant une durée supérieure à 15 jours, généralement non consécutifs. Les journées où la pluie a introduit des débits de pointe ont été jugés indésirables dans le cadre de cette étude et ont donc été éliminés. Les mesures ont été prises tous les jours de la semaine, mais comme la quantité des données est insuffisante, aucune distinction n'a été faite entre le week-end et les autres jours de la semaine. Dans trois cas, ces mesures ont été effectuées en septembre (bassins A, E et F). Le bassin C a été étudié en mai, le bassin B en juin et le bassin D en août. C'est donc dans le cas du

bassin C que les eaux d'infiltration sont susceptibles d'être les plus importantes à cause de la fonte des neiges et de la remontée de la nappe. A partir des résultats obtenus pour ces six (6) réseaux gravitaires, on souhaite déboucher sur une modélisation utilisable à partir d'un certain nombre de mesures ponctuelles effectuées, les jours sous influence de pluie, pour d'autres bassins sur lesquels on possède un minimum de renseignements.

3. METHODOLOGIE DE L'ETUDE

L'étude est basée sur une série de mesures ponctuelles pour lesquelles on recherche les périodes où le débit ne fluctue pas de façon importante. Afin de rendre les résultats utilisables dans la réalité, l'analyse a été faite sur les débits moyens pendant ces périodes de stabilité car la meilleure représentativité statistique du débit d'une période est le débit moyen. Savoir à quel point une mesure ou un ensemble de mesures effectuées sur ces périodes permet d'avoir une approximation du débit moyen fait l'objet d'une analyse spécifique.

La première étape de l'étude consiste donc à déterminer les zones de stabilité, c'est-à-dire les zones où le débit sanitaire conserve une certaine stabilité. Ces zones ont a priori une durée supérieure à deux heures, pour laisser le temps à une équipe de mesure de travailler sur plusieurs bassins simultanément au cours d'une même période.

Comme il ne s'agit pas de traiter les bassins indépendamment les uns des autres, ce sont toujours les éléments communs à tous les bassins qui sont recherchés; donc les zones de stabilité communes ne sont pas nécessairement optimales quand on considère les bassins individuellement.

Pour ne pas risquer de perturber les résultats en travaillant sur les débits bruts et pour permettre d'utiliser ces résultats dans des cas où les débits parasites sont proportionnellement plus ou moins élevés que dans les cas étudiés, il a été jugé préférable de travailler avec la partie

sanitaire du débit. Comme cela a été expliqué dans la lère partie (on pourra se référer en particulier à la figure 2 de la lère partie), le débit brut c'est-à-dire le débit total transitant dans un réseau d'assainissement un jour sans pluie, contient une partie d'infiltration, considérée comme constante au cours d'une même journée: cette partie, pouvant être appelée débit parasite, donne par différence avec le débit brut, la partie dûe aux rejets sanitaires eux-mêmes qu'on appellera par la suite débit sanitaire.

Pour déterminer les débits sanitaires horaires à partir des débits bruts, des hypothèses sur les consommations d'eaux ont été faites par les Services Techniques des municipalités qui ont fourni les données: ils ont supposé, de plus, que la totalité des eaux consommées constituait les débits sanitaires. Le débit parasite journalier est obtenu par différence entre le débit moyen journalier et le débit sanitaire théorique. Dans ces conditions le débit sanitaire horaire est égal à la différence entre le débit brut horaire et le débit parasite.

Une fois calculés les débits sanitaires moyens pour toutes les zones de stabilité, il faut établir une relation entre ces valeurs et le débit sanitaire moyen journalier. Une relation linéaire de la forme:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4$$

où Y est le débit moyen journalier et X_i le débit moyen de la ième zone de stabilité, correspond à une certaine réalité physique. En effet, les débits moyens X_1 , X_2 , X_3 et X_4 sont pondérés par les durées des périodes, comme dans la méthode des trapèzes.

Au point de vue du traitement des données, la relation linéaire précédente suggère l'emploi de la régression multiple linéaire, où Y est

la variable dépendante et X_1 , X_2 , X_3 et X_4 sont les variables indépendantes. Or le calcul des corrélations entre les variables indépendantes révèle une très forte corrélation. Il n'est donc pas question d'utiliser la régression multiple linéaire qui suppose les variables indépendantes non corrélées.

C'est pour cela que nous utilisons la Ridge regression. Comme les six bassins sont très différents, en particulier au point de vue des débits, ils sont regroupés par catégorie de population; on détermine alors une régression pour chaque catégorie, avec un intérêt pour les combinaisons qui expliquent au mieux la variance et qui sont communes à toutes les catégories. Il est difficile de justifier ce choix autrement que par l'utilisation pratique que l'on envisage avec cette formule de régression: si un bassin, dont on ne connaît pratiquement rien, dessert une population pouvant rentrer dans telle catégorie, on pourra alors utiliser la régression correspondante.

D'un point de vue théorique, il faut comparer les coefficients des régressions et déterminer s'ils sont significativement différents au sens statistique du terme et donc si les bassins d'une même catégorie ont un comportement analogue.

4. DETERMINATION DES ZONES DE STABILITE

La première étape est donc la détermination des zones de stabilité. Il faut préciser le sens exact de cette expression. En effet, il ne s'agit pas de la stabilité du débit instantané au sein d'une même journée, car il n'existe actuellement pas suffisamment de données de ce type (mesures aux 8 minutes par exemple) pour l'étude entreprise. Cette stabilité représente la stabilité du débit moyen horaire d'une journée à l'autre: il est certain que la méthodologie employée ici a été influencée par la nature des données disponibles.

Soit $q_{M,n}^i$ le débit sanitaire horaire

où $i = 1,24$ représente l'heure

$n = 1,16$ représente le jour

$M = A, B, C, D, E$ ou F est l'indice du bassin

Par convention, c'est le débit moyen entre l'heure $i-1$ et l'heure i .

4.1 Caractérisation mathématique des zones de stabilité

Tous les calculs pour la détermination de ces zones sont faits sur ordinateur et on retrouve en Annexe II le programme FORTRAN utilisé.

Avant d'étudier le comportement moyen d'un bassin, c'est-à-dire sur l'ensemble des journées, il est utile de connaître son comportement pour chaque journée. C'est pour cela que la stabilité du débit $q_{M,n}^i$ est caracté-

risé par:

$$\Delta_{M,n}^i = q_{M,n}^{i-1} - q_{M,n}^i$$

qui est la différence avec le débit précédent. Dans les calculs, cette différence a été rapportée à la somme de toutes les différences au cours de la journée (donc pour i variant de 1 à 24); c'est en fait:

$$\Delta_{M,n}^i / \sum_{j=1}^{24} \Delta_{M,n}^j$$

Elle caractérise donc la variabilité relative de chaque heure au sein d'une même journée et permet ainsi de comparer à l'intérieur d'un bassin les jours entre eux.

Dans un même bassin, la stabilité globale de l'heure i est caractérisée par la moyenne des $\Delta_{M,n}^i$ sur les différents jours. Cette moyenne $\bar{\Delta}_M^i$ possède un écart-type ε_M^i , que nous avons calculé en pourcentage, c'est-à-dire rapporté à la somme de tous les écarts-types:

$$\varepsilon_M^i / \sum_{i=j}^{24} \varepsilon_M^j$$

L'écart-type ainsi calculé rend compte des dispersions relatives d'une heure par rapport aux autres (il est inutile de rapporter ε_M^i à $\bar{\Delta}_M^i$ qui traduit déjà le comportement de l'heure i par rapport aux autres heures).

Les heures où $\bar{\Delta}_M^i$ et ε_M^i sont élevés présentent de fortes variations dispersées. Les heures intéressantes du point de vue stabilité sont celles où $\bar{\Delta}_M^i$ et ε_M^i sont faibles.

4.2 Détermination des zones de stabilité propres à chaque bassin

L'analyse est effectuée bassin par bassin et heure par heure, en calculant les $\bar{\Delta}_M^i$ et les ε_M^i . Or de tels calculs ne font pas apparaître nettement les zones de stabilité. Cependant, on peut faire deux remarques:

- la période du creux de la nuit est bien caractérisé par un $\bar{\Delta}_M^i$ faible: dans le cas du bassin D (tableau 3), cette période couvre les heures 4 à 7 où $\bar{\Delta}_M^i$ et ε_M^i sont plus faibles.
- d'autre part, on peut remarquer des séries de $\bar{\Delta}_M^i$ ($i > 8$) qui gardent un signe constant (avec des changements de signe assez nets d'une série à l'autre) mettant ainsi en évidence des périodes où le débit augmente, puis diminue.

Dans le bassin D le débit augmente de 8^h à 13^h, diminue de 14^h à 18^h puis, augmente de 19^h à 20^h et enfin diminue jusqu'à 24^h.

De plus, l'étude de l'allure générale des courbes des débits horaires moyens sur tous les jours $\bar{q}_m^i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N q_{M,n}^i$ suggère avec l'appuie des calculs précédents l'existence de 4 zones de stabilité (Figure 1): le creux de la nuit, la pointe de midi, le creux de l'après-midi et la pointe du soir. Afin d'informatiser la définition des zones de stabilité, nous considérons les heures Z_p ($p = 1,4$) telles que:

- Z_1 est l'heure telle que le Δ_M^j correspondant soit égal à $\inf (\bar{\Delta}_M^i, i \leq 10)$. C'est donc l'heure où les variations du débit sont les plus faibles avant 10 heures du matin.

Z_p , $p = 2, 3, 4$ sont telles que $\Delta_M^j \cdot \Delta_M^{j+1} \leq 0$, signifiant ainsi un changement de pente. Une zone comportant un tel changement a une variance plus faible qu'une zone de même croissance, mais sans changement de signe.

Il s'agit de cerner plus précisément dans chaque bassin ces zones. On a donc calculé les moyennes des débits sanitaires autour de ces Z_p , moyennes sur des durées variant de 1 à 9 heures. Ces moyennes sont calculées tous les jours. Les heures concernées sont donc de $Z_p - 4$ à $Z_p + 4$, à condition toutefois que $Z_p - 4 \geq 1$ et $Z_p + 4 \leq 24$. La moyenne sur une durée d'une heure correspond à la moyenne sur tous les jours des débits sanitaires eux-mêmes c'est-à-dire:

$$\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N q_{M,n}^i \text{ où } N \text{ est le nombre de jours.}$$

L'écart-type pour ces valeurs est calculé ainsi que le coefficient de variation

$$C_v = \text{écart-type} / \text{moyenne} \quad (\text{exprimé en pourcentage})$$

La moyenne pour une période de 2 heures se calcule d'après:

$$\frac{1}{2N} \sum_{n=1}^N q_{M,n}^i + q_{M,n}^{i+1}$$

De la même, la moyenne pour une période de 9 heures s'établit par:

$$\frac{1}{9N} \sum_{n=1}^N q_{M,n}^{i-4} + \dots + q_{M,n}^i + \dots + q_{M,n}^{i+4}$$

Pour le bassin D, les tableaux 1 à 3 donnent respectivement les débits bruts, les débits sanitaires et les $\Delta_{D,h}^i$, $\bar{\Delta}_D^i$ et ε_D^i . D'après les critères choisis, on a:

$$Z_1 = 7 \quad Z_2 = 13 \quad Z_3 = 18 \quad Z_4 = 20$$

Dans les tableaux 4 à 7 apparaissent les calculs des moyennes de durée variable (appelées moyennes d'amplitude variable) autour des Z_p ($p = 1, 4$). C'est donc le coefficient de variation C_v qui doit guider le choix des zones de stabilité. Dans le tableau 4, où l'heure étudiée est $Z_1=6$, les périodes les plus stables sont:

Période:	7 ^h	pour une durée d'1 heure
Période:	6 ^h -7 ^h	pour une durée d'2 heures
Période:	5 ^h -7 ^h	pour une durée d'3 heures
Période:	4 ^h -7 ^h	pour une durée d'4 heures
Période:	3 ^h -7 ^h	pour une durée d'5 heures
Période:	2 ^h -8 ^h	pour une durée d'6 heures
Période:	2 ^h -8 ^h	pour une durée d'7 heures
Période:	2 ^h -9 ^h	pour une durée d'8 heures
Période:	2 ^h -10 ^h	pour une durée d'9 heures

Dans les tableaux 5 à 7, on trouvera les résultats pour les heures Z_p , $p=2, 3, 4$.

Quant aux autres bassins, les résultats figurent dans l'Annexe III.

On peut remarquer que les calculs se recoupent d'un tableau à l'autre et que les calculs des moyennes d'amplitude variant de 1 à 9 heures auraient pu être faites sur les 24 heures au lieu d'en sélectionner 4. Mais, avec la méthode employée, les résultats ainsi obtenus reflètent effectivement ce qui se passe chaque journée dans chaque bassin. On constate que par cette

méthode certes moins directe, pratiquement tous ces calculs ont été faits.

4.3 Détermination des zones de stabilité communes à tous les bassins

A titre d'exemple, le tableau 8 présente les périodes les plus stables d'une durée de 4 heures pour les 6 bassins. Force est de constater que les périodes pour une même durée sont relativement différentes d'un bassin à l'autre. Pour déterminer les périodes les plus stables communes à tous les bassins, il faut donc procéder autrement.

Afin de traiter tous les bassins sur un pied d'égalité, la moyenne des coefficients de variations C_v pour les différentes durées des 6 bassins a été calculés. Cette moyenne, appelée indice r , rend compte de la stabilité globale d'une période pour tous les bassins. Le tableau 9 indique ces résultats: on peut constater que les comportements des bassins se superposent et pour les différentes durées des périodes (de 2 heures à 6 heures) il apparaît 4 périodes présentant une certaine stabilité.

L'évolution de cet indice r en fonction d'une durée croissante, permet de choisir les zones de stabilité optimales. L'évolution de l'indice r de la période de durée k heures à la période de durée $k + 1$ heures est définie par

$$\frac{r_{k+1} - r_k}{r_k}$$

lorsque l'indice r augmente moins fortement ou même diminue, il s'agit de la zone optimale. Par exemple pour la zone Z_2 , r augmente de 5.1% entre les amplitudes 2 et 3, puis 4.9% entre 3 et 4 et seulement 2.0% entre 4 et 5, alors

qu'il augmente de 7.8% entre 5 et 6. C'est la durée de 5 heures qui est donc retenue c'est-à-dire que la zone Z_2 dure de 10^{h.00} à 15^{h.00}.

L'étude de l'évolution de l'indice r conduit à la conclusion suivante:

- . la zone de stabilité Z_1 couvre les heures 2 à 6 (durée 5 heures)
- . la zone de stabilité Z_2 couvre les heures 11 à 15 (durée 5 heures)
- . la zone de stabilité Z_3 couvre les heures 16 à 19 (durée 4 heures)
- . la zone de stabilité Z_4 couvre les heures 19 à 24 (durée 6 heures)

On peut constater que les zones communes optimales ne correspondent pas aux zones optimales propres à chaque bassin. Mais ici on cherche tous les points communs aux 6 bassins, car le but de cette étude est l'utilisation des résultats pour d'autres bassins.

4.4 Calculs des débits moyens dans les zones de stabilité

Une fois que les zones de stabilité définies, on peut calculer les débits correspondants. Toute la démarche précédente a été faite sur la partie sanitaire du débit (donc en supprimant le débit parasite du débit brut): ce choix a permis de comparer les bassins entre eux.

Mais pour l'application pratique de cette étude, il faut travailler avec les débits bruts, mesurés tels quels sur le terrain. Or à une zone de stabilité optimale pour les débits sanitaires correspond une zone de stabilité optimale pour les débits bruts, puisque par chaque journée la différence entre ces 2 débits est une constante. Les débits bruts horaires

moyens sont donc calculés dans les zones de stabilité Z_p pour chaque journée et pour chaque bassin: soit $Q_{M,n}^i$ le débit brut moyen pendant la zone de stabilité, le jour n et dans le bassin M.

5. EVALUATION DU DEBIT JOURNALIER

Le débit journalier moyen $Q_{M,n}$ est évalué par une régression linéaire de la forme :

$$Q_{M,n} = \beta_0 + \beta_1 Q_{M,n}^1 + \beta_2 Q_{M,n}^2 + \beta_3 Q_{M,n}^3 + \beta_4 Q_{M,n}^4$$

L'emploi de la Ridge regression est préférable à celui de la regression multiple linéaire, qui suppose comme hypothèse de départ la non-corrélation des variables indépendantes $Q_{M,n}^i$. Or les calculs des coefficients de corrélations montrent qu'elles sont extrêmement corrélées. L'emploi de la regression multiple classique conduirait alors à une surévaluation en valeur absolue des coefficients β_i et à une difficulté de l'interprétation physique. La Ridge regression, en limitant la somme des carrés des β_i , évite dans une certaine mesure cette surévaluation. L'Annexe IV présente de façon succincte les principales caractéristiques de la Ridge regression. Notons simplement que la Ridge regression, de même que la regression multiple linéaire classique, minimise la somme des carrés des résidus, c'est-à-dire de la différence entre la valeur prédite par la regression et la valeur mesurée correspondante.

5.1 Traitement indépendant de chaque bassin par la Ridge regression

Avant d'étudier un comportement commun à certains bassins, il paraît judicieux de connaître d'abord avec plus de précision leur comportement individuel.

5.1.1 Mode de traitement

On cherche donc à évaluer le débit moyen journalier $Q_{M,n}$ à partir de 1, 2, 3 ou 4 débits moyens dans les zones de stabilité. Cela donne de nombreuses possibilités de combinaisons, selon le nombre de mesures. La combinaison recherchée est celle qui optimise les 3 critères suivants:

- . un nombre minimum de variables indépendantes: cela correspond à un nombre minimum de mesures sur le terrain
- . une variance expliquée par la regression maximale: la variance expliquée est le pourcentage de l'erreur entre la valeur prédite par la regression et la valeur mesurée correspondante, dû à la regression, le reste étant attribuable à des erreurs d'échantillonnage
- . un ensemble de variables indépendantes qui respecte au mieux l'hypothèse de non-corrélation des variables indépendantes.

Comment caractériser mathématiquement ce critère? Le Ridge regression limite la somme des carrés des β_i par un coefficient k qui varie de 0 à 1 (pour les besoins du traitement, les variables sont ramenées à des variables, centrées réduites). A chaque valeur de k correspond une regression, dont un vecteur $\beta(k)$ de composantes β_i . A cette même valeur de k , correspond un vecteur $\bar{\beta}(k)$ que l'on obtiendrait en supposant les variables indépendantes non corrélées (voir l'Annexe IV). Ce critère sera donc caractérisé mathématiquement par le rapport:

$$\frac{\text{longueur } \beta(k) - \text{longueur } \bar{\beta}(k)}{\text{longueur } \bar{\beta}(k)}$$

qui est une façon de traduire la proximité des 2 vecteurs.

Finalement le choix de la regression est conditionné par le choix de la valeur de k . Or lorsque k augmente, les coefficients β_i se stabilisent. Leur stabilité entre 2 valeurs de k est mesurée par:

$$\frac{\beta_k - \beta_{k'}}{\beta_k} \quad (k < k')$$

Par contre, lorsque k augmente, la variance expliquée diminue. Le choix de k est donc un compromis entre ces deux tendances.

Ajoutons aussi que si n est le nombre des observations et p le nombre de variables indépendantes, les statisticiens considèrent que le rapport n/p doit être supérieur à 5. Cette règle, non écrite, correspond au fait qu'il doit exister une variance non expliquée: sinon, on pourrait caler le modèle exactement et le risque est grand de n'avoir aucune réalité physique. Cela limite donc l'étude à des combinaisons de 3 variables, puisqu'il n'y a en moyenne que 16 données par bassin.

Cette optimisation est souvent délicate, car la forte corrélation de toutes les variables dépendante et indépendante ne permet pas d'identifier le rôle spécifique de chaque variable.

5.1.2 Résultats pour le bassin D

Dans le cas du bassin D, une première compilation est effectuée, avec les 4 variables X_1, X_2, X_3 et X_4 correspondant aux 4 zones de stabilité; l'analyse de la matrice de corrélation:

	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y	1.0000				
X ₁	.9692	1.0000			
X ₂	.9718	.9281	1.0000		
X ₃	.9694	.8986	.9543	1.0000	
X ₄	.9794	.9164	.9336	.9709	1.0000

révèle une très forte corrélation entre toutes les variables, dépendante et indépendantes, ce qui s'explique par l'importance relative des apports parasites. Parmi les variables indépendantes X₃ est plus particulièrement corrélée avec X₄ et avec X₂.

Dans la régression, X₃ a le moins d'importance (β_3 est le plus faible des β_i pour toutes les valeurs de k). C'est donc cette variable qui sera éliminée. Alors, X₄ devient la variable la plus importante dans la combinaison X₁X₂X₄ (Tableau 10) on peut alors choisir entre X₁ et X₂ pour l'élimination: il apparaît un comportement analogue à tous les points de vue des combinaisons X₁X₄ et X₂X₄. En particulier, les coefficients sont pratiquement identiques (Tableau 11). C'est évidemment X₄ qui doit subsister, lorsqu'on ne conserve qu'une variable; la variance expliquée est la plus élevée: 95.9%. A vrai dire, les autres variables donnent des résultats tout à fait satisfaisants X₁: 93.9%; X₂: 94.5%; X₃: 93.9% (Tableau 12).

Dans de telles conditions de corrélation, il est difficile de faire un choix vraiment net. En particulier dans le cas étudié, on est tenté

de conserver comme variable unique X_3 puisqu'alors l'intercept est non significativement différent de 0; on peut écrire:

$$Y = .9343 X_3 = .93 X_3 \quad (\text{variance expliquée } 94.0\%)$$

Il est en effet intéressant d'avoir une regression simple sans intercept, de la forme:

$$Y = \beta X$$

c'est-à-dire de savoir avec quel pourcentage du débit moyen d'une seule zone, on peut évaluer le débit moyen journalier.

Cette remarque conduit à vérifier, pour les regressions, l'hypothèse de nullité de l'intercept β_0 . Si β_0 doit être testé, on montre que

$$t = \frac{\beta_0}{s(\beta_0) / \sqrt{n}}$$

où n est le nombre d'observations, suit une loi de Student à $n-p$ degrés de liberté (où p est le nombre de variables, ici $p = 1$)

$$\text{Or } s^2(\beta_0) = \text{var}(\beta_0) = \sigma_y^2 \left[\frac{1}{n} + \frac{\bar{x}_k^2}{\sigma_{x_k}^2} \text{var}(\beta'_k) \right]$$

β'_k correspond à β_k pour les variables centrées réduites. Dans le cas du bassin D, β_3 est non significativement différent de zéro (niveau de confiance 2%).

5.1.3 Résultats pour les autres bassins

Pour chacun des bassins, dont les tableaux analogues à ceux présentés pour le bassin D se trouvent dans l'Annexe V (sous-annexe "A"), on

peut faire des choix analogues. Les résultats sont les suivants:

- Bassin A: X_2 et X_3 sont très corrélées et ont un comportement semblable, dans la regression $X_1X_2X_3X_4$. Pour la relation à 3 périodes on élimine X_2 , ce qui respecte le mieux l'hypothèse d'indépendance. Pour la relation à 2 périodes, on élimine X_3 , pour les mêmes raisons que précédemment. Enfin pour la relation à une seule période, on retient X_2 qui donne une meilleure variance expliquée. La relation s'écrit alors:

$$Y = .86 X_2$$

- Bassin B: X_1 a le plus d'importance dans la regression $X_1X_2X_3X_4$; elle est peu corrélée avec les autres variables de même que X_4 qui, par contre, a une importance faible dans la regression. Pour la relation à 3 périodes on diminue donc X_2 , ce qui respecte au mieux l'hypothèse d'indépendance. Pour la relation à 2 périodes, on conserve X_1 et X_4 pour la même raison. Finalement pour la relation à une seule période on retient X_2 ou X_4 qui conduisent aux relations:

$$Y = .8797 X_2 = .88 X_2$$

$$Y = .8906 X_4 = .89 X_4$$

- Bassin C: X_2 est très corrélée avec X_3 , et à moins d'importance dans la regression à 4 variables que X_3 . Pour la relation à 3 périodes; on retient donc X_1 , X_3 , X_4 . X_1 conservant son importance importante prépondérante et comme les comportements de X_1X_3 et X_1X_4 sont analogues, on les retiendra tous les deux pour la relation à

deux périodes. Finalement seul X_2 donne un intercept nul; on retient la relation $Y = .8694 X_2$ avec une variance expliquée de 68% alors que X_3 apporte une variance expliquée de 73%.

Bassin E: les variables sont toutes extrêmement corrélées surtout X_2 et X_3 . Pour la relation à 3 périodes la combinaison $X_1X_3X_4$ respecte au mieux l'hypothèse d'indépendance. Pour la relation à 2 périodes on peut conserver X_1X_4 ou X_1X_3 où X_1 garde toujours la plus grande importance. Finalement pour la relation à une seule période on conserve X_1 avec la relation $Y = 1.1 X_1$ pour une variance expliquée de 96.6%.

Bassin F: Pour la relation à 3 périodes on peut éliminer X_2 qui apporte peu de perturbation. Comme X_1 garde la plus grande importance et compte tenu des comportements de X_1X_4 et de X_1X_3 nous choisissons pour la relation à 2 périodes X_1X_3 car le coefficient de X_1 est plus stable et l'hypothèse d'indépendance est mieux respectée. Pour les relations à une seule période nous retenons X_2 ou X_3 pour lesquelles l'intercept est non significativement différent de 0. Les relations sont les suivantes:

$$Y = .8643 X_2 \quad (76\% \text{ de variance expliquée})$$

$$Y = .9058 X_3 \quad (89\% \text{ de variance expliquée})$$

En conclusion, le choix des combinaisons paraît assez délicat; les variables étant extrêmement corrélées, leur comportement n'est jamais simple.

Cependant, on peut souligner:

- la prépondérance générale de X_1 dans les regressions
- la forte corrélation de X_2 et de X_3
- l'importance plus faible de X_4 en général.

De plus, les compilations ont abouti au choix de $X_1X_3X_4$ (5 fois sur 6) pour les combinaisons de 3 variables et de X_1X_4 (5 fois sur 6) pour les combinaisons de 2 variables. Quant aux choix de la variable unique, on est tenté de prendre X_3 (4 fois sur 6) et de rejeter X_4 (3 fois sur 6). Dans le cas d'une variable unique avec un intercept non significativement différent de 0, il est difficile de conclure, à la lecture des résultats suivants:

Nom du bassin	Variable dont l'intercept est non significativement différent de 0		
A	X_2		X_3
B	X_2		X_4
C	X_2		
D		X_3	
E	X_1		
F	X_2	X_3	

Si dans le bassin A, 2 coefficients sont non significativement différents de 0, dans les bassins C, D, et E, seuls 1 coefficient peut être considéré nul et ce n'est jamais le même. Dans le Tableau 13, est indiqué à quel niveau de confiance ces intercepts sont non significativement différents de zéro.

A la lumière de ces quelques résultats, il paraît hasardeux d'obtenir un modèle de régression commun à ces 6 bassins. C'est en effet ce que confirme une compilation commune par la Ridge regression: les débits varient de 234 l/s (Bassin C) à 8.8 l/s (Bassin E), soit un rapport supérieur à 25. Les résidus atteignent rapidement 40% pour les valeurs les plus faibles et la régression devient très aléatoire. Cela nous amène à considérer certains regroupement.

En effet, on peut constater que les bassins A et B présentent un certain nombre d'analogies, ils ont des populations voisines respectivement de 5.700 p et 5.925 p et des débits moyens journaliers voisins (respectivement de 71.2 l/s et 58.5 l/s). Les bassins C et D, E et F présentent le même genre d'analogies au niveau des populations et des débits moyens journaliers.

5.2 Traitement des catégories de bassin par la Ridge regression

Sur les critères précédemment développés, il y a donc 3 catégories de bassins à étudier: A-B, C-D et E-F. Les remarques précédentes conduisent à regrouper les bassins 2 par 2 dans une régression commune; ce choix est d'autant plus intéressant qu'il débouche sur une utilisation pratique: connaissant la population d'un bassin, il est possible alors d'utiliser la régression de la catégorie qui lui correspond. Les tests d'égalité respectifs des coefficients β_1 pour les bassins d'une même catégorie montrent une différence significative dans tous les cas. On doit alors effectuer de nouveaux calculs par groupe de bassin, ces groupes étant justifiés par l'utilisation pratique des résultats.

5.2.1 Catégorie des bassins A-B

Le traitement simultané des bassins A et B à 4 variables reflète le comportement des variables dans les traitements séparés, même si les variables sont plus dispersés. On conclut que :

- X_1 reste la variable la plus importante
- X_2 et X_3 sont très corrélées et ont un comportement semblable
- X_4 est de moindre importance.

Il est donc tentant d'éliminer X_2 , car l'hypothèse d'indépendance est mieux respectée par la combinaison X_1, X_3, X_4 que par la combinaison X_1, X_2, X_4 . Alors k est pris égal à 0.2 car les coefficients sont assez stabilisés et les longueurs des vecteurs $\beta(k)$ et $\bar{\beta}(k)$ (cf. 5.1.1) sont égales à 2.4% près. X_3 devient alors la variable prépondérante: la combinaison X_1, X_3 qui respecte très bien l'hypothèse d'indépendance est conservée. Pour $k = 0.3$ les coefficients sont stabilisés. C'est X_3 qui explique le plus de variance à elle seule. Par contre X_4 en explique le moins, mais on intercept a été testé comme non significativement nul (ce qui est intéressant comme utilisation).

On peut donc écrire, en exprimant toutes les variables en litres/seconde

- cas de 3 variables

$$Y = 5 + .37 X_1 + .34 X_3 + .25 X_4$$

variance expliquée 97.5%

cas de 2 variables

$$Y = 13 + .42 X_1 + .43 X_3$$

variance expliquée 95.8%

cas d'1 variable

$$Y = 6 + .88 X_3 \quad (\text{variance expliquée } 96.2\%)$$

ou

$$Y = .95 X_4 \quad (\text{variance expliquée } 81.8\%)$$

On peut se reporter au tableau 14 pour les tests de nullité des intercepts et les niveaux de confiance et à l'annexe V (Sous-annexe B) pour les choix de k.

5.2.2 Catégorie des bassins C-D

Lors du traitement à 4 variables, on retrouve la prépondérance de X_1 et de X_4 et la corrélation marquée de X_3 avec X_4 et avec X_2 . C'est donc X_3 qui sera éliminée. X_4 devient prépondérant au détriment de X_1 . Pour $k = 0.2$, les coefficients se stabilisent. On pourrait aussi choisir X_2 , car les comportements sont très semblables, au point de vue respect de l'indépendance. Ensuite X_1 étant très corrélée avec X_4 , on l'élimine: l'ensemble X_2X_4 respecte au mieux l'hypothèse d'indépendance et les coefficients se stabilisent à $k = 0.3$. Quant à la conservation d'une seule variable, c'est X_4 qui explique le plus de variance; de plus son intercept a été testé égal à 0.

On peut donc écrire, en exprimant toutes les variables en litres/seconde:

- cas de 3 variables

$$Y = 11 + .33 X_1 + .27 X_2 + .34 X_4$$

ou

(variance expliquée 99.2%)

$$Y = 13 + .33 X_1 + .32 X_3 + .30 X_4 \quad (98.94\%)$$

- cas de 2 variables

$$Y = 20 + .38 X_2 + .47 X_4$$

(variance expliquée 95.9%)

- cas d'1 variable

$$Y = .96 X_4$$

(variance expliquée 95.1%)

5.2.3 Catégorie des bassins E-F

Lors du passage simultané des 4 variables sur ces deux bassins, X_1 conserve sa prédominance. Les variables sont toutes extrêmement corrélées; en particulier X_3 avec X_2 et X_4 . X_2 sera donc éliminé car il faut respecter au mieux l'hypothèse d'indépendance; on prendra $k = 0.2$. Les comportements de X_1X_4 et X_1X_3 sont quasiment identiques; ils sont donc conservés. Enfin X_2 , X_3 ou X_4 ont une très forte variance expliquée et un intercept testé égal à 0.

Finalement on peut écrire (en litres/seconde):

- cas de 3 variables

$$Y = 1.1 + .345 X_1 + .298 X_3 + .291 X_4$$

(variance expliquée 99.3%)

cas de 2 variables

$$Y = 1.5 + .474 X_1 + .444 X_3$$

(variance expliquée 98.9%)

ou bien

$$Y = 1.6 + .473 X_1 + .433 X_4$$

(variance expliquée 98.9%)

cas d'1 variable

$$Y = .916 X_2 \quad (\text{variance expliquée } 98.0\%)$$

ou

$$Y = .976 X_3 \quad (\text{variance expliquée } 98.1\%)$$

ou

$$Y = .950 X_4 \quad (\text{variance expliquée } 98.1\%)$$

La conclusion globale est assez délicate car l'interprétation des résultats de la Ridge regression est difficile, compte tenu du nombre peu élevé des observations et des variables. Cependant, on peut conserver la combinaison $X_1 X_3 X_4$ qui semble satisfaisante du point de vue mathématique dans les 3 cas et qui vient assez naturellement à cause de la prédominance de X_1 et de la forte corrélation entre X_2 et X_3 . Ensuite pour les combinaisons à 2 variables, $X_1 X_3$ est à retenir, car cette combinaison figure dans 2 des cas (A-B et E-F). Dans le cas du bassin C-D, cette combinaison offre des coefficients très stables et pour $k = 0.1$ l'écart par rapport à l'hypothèse d'indépendance est faible (9.1%). Quant à la conservation d'une seule variable, c'est X_3 qui apporte le plus de variance expliquée de façon assez nette (moyenne sur les 3 cas = 96.4%) devant X_1 et X_2 (respectivement 94.0 et 93.2%) alors que X_4 est un peu plus faible (91.7%): cette faiblesse est due au bassin A, où X_4 n'explique que 53.5% de la variance.

Par contre, si l'on se place au point de vue de l'utilisation pratique de ces résultats, il faut constater que l'intercept pour X_4 est testé égal à 0 dans les 3 cas.

En terme d'utilisation nous pouvons conclure qu'il est possible d'estimer avec une précision acceptable le débit journalier à partir d'une à quatre périodes de mesures. L'utilisateur pourra avec nos résultats déterminer les modalités de mesure (choix des périodes, nombre d'équipes, etc.). En vue de définir plus précisément les modalités de mesure sur des périodes spécifiques, nous analyserons la variabilité de mesures instantanées.

CHAPITRE 6

6. REPRESENTATIVITE DU DEBIT MOYEN PAR UNE SERIE DE MESURES PONCTUELLES

Dans l'analyse précédente, seule a été étudiée la variabilité du débit horaire d'une journée à l'autre; cette étude a débouché sur la détermination des zones de stabilité. Les variations instantanées du débit, au sein d'une même zone n'ont pas été prises en considération, pour la simple raison qu'il n'existe que très peu de données de cette sorte disponibles.

Il reste donc un problème à résoudre: dans quelle mesure est-il possible d'estimer le débit moyen d'une zone de stabilité à partir d'une série de mesures ponctuelles et quelle erreur résulte de cette estimation? Etant donné la faible quantité des données disponibles pour cette étude, il est à la fois hasardeux d'effectuer un travail approfondi qui risque d'être complètement remis en question lorsque l'on disposera de données plus abondantes, et à la fois délicat de conclure de façon générale à partir de données aussi particulières.

6.1 Caractéristiques des données disponibles

Les données proviennent du bassin de la ville "Les Saules", située dans la banlieue de Québec. C'est un réseau d'égout sanitaires d'une superficie de 10 ha, desservant une population de 500 habitants dans un quartier de maisons individuelles. Situé dans un territoire de topographie très plane, la pente moyenne du réseau est de 0.2%, parfois à la limite des critères de conception. (DEMARD, H. *et al.*, 1975). Les données disponibles

s'étendent sur 7 jours complets consécutifs (du 19 au 25 février 1976) et sont exprimées en l/mn. Elles ont été prises toutes les 8 minutes à l'aide d'un déversoir sans seuil et d'un système digital d'enregistrement. Il y a donc en principe 7 ou 8 mesures à l'heure, mais ce nombre n'est qu'une indication car le réseau s'obstruait par moment à cause de la pente très faible pour se déboucher quelques minutes après, créant ainsi des pointes et des creux de débit que l'on a éliminés.

6.2 Stabilité instantanée du débit

Rappelons que les zones de stabilité sont au nombre de 4. La zone Z_1 dure de 1^h à 6^h, et dans le cas des Saules, elle comporte en moyenne 37 à 38 mesures, malgré le faible débit dans cette zone, aucune mesure n'a été éliminée. La zone Z_2 dure de 10^h à 15^h mais ne comporte que 34 mesures en moyenne, car 3 à 4 mesures manquent dans le dépouillement des mesures. La zone Z_3 , qui dure de 15^h à 19^h, ne comporte que 27 mesures en moyenne. La zone Z_4 , quant à elle, dure de 18^h à 24^h et comporte en moyenne 44 mesures. Dans chacune des zones, on calcule débit moyen \bar{Q} , l'écart-type ε et le coefficient de variation $C_v = \varepsilon/\bar{Q}$ pour chaque zone de chaque journée. Le coefficient C_v traduit la stabilité relative.

C'est la zone Z_2 qui apparaît la plus stable avec un coefficient C_v moyen de 15.5%. Cela s'explique par la valeur du débit moyen plus élevé dans cette zone. Le coefficient C_v moyen vaut 22.5% pour la zone Z_3 , 26.4% pour Z_4 et 34.8% pour la zone Z_1 . Ce dernier résultat n'est pas surprenant puisque la zone Z_1 comporte les débits les plus faibles de la journée (Tableau 15). C'est donc a priori dans la zone Z_2 qu'il est préférable d'effectuer les mesures.

Il faut par la suite déterminer de quelle façon effectuer les mesures pour atteindre un intervalle de confiance donné autour du débit moyen dans cette zone. Il est important d'abord de tester l'indépendance de l'échantillon des débits instantanés dans la zone pour savoir s'il s'agit d'une distribution statistique. On est donc conduit à utiliser le test d'ANDERSON sur l'autocorrélation.

6.3 Test sur l'indépendance des mesures instantanées

6.3.1 Présentation du test d'ANDERSON

Soit r_L , le coefficient de corrélation sérielle d'ordre L , calculé en supposant la série circulaire (c'est-à-dire que dans une série de taille N , x suit x_N de sorte que la série se répète) r_L est donné par :

$$r_L = \frac{(x_1 x_{1+L} + \dots + x_i x_{i+L} + \dots + x_{N-L+1} x_1 + \dots + x_N x_L) - \left(\sum_{i=1}^N x_i \right)^2 / N}{\sum_{i=1}^N x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^N x_i \right)^2 / N}$$

Pour des échantillons de taille N provenant de populations normales, il est possible de montrer (ANDERSON, 1941) que r_L est distribué pratiquement normalement avec :

$$\text{une moyenne: } \bar{r}_L = - \frac{1}{N-1}$$

$$\text{une variance: } \text{var}(r_L) = \frac{N-2}{(N-1)^2}$$

la variable $u = \frac{r_L - \bar{r}_L}{\sqrt{\text{var}(r_L)}}$ suit donc une loi normale centrée réduite et il

est possible de tester l'indépendance d'ordre L de l'échantillon. Soit $u_0 = 2.57$ la variable normale dont la probabilité au dépassement est 0.5%

. si $|u| < u_0$, on accepte l'hypothèse d'indépendance au niveau de signification 1%

. si $|u| \geq u_0$, on rejette cette hypothèse.

On peut se reporter à l'Annexe VI pour le programme Fortran qui conduit au calcul de la variable u_m .

6.3.2 Résultats du test d'ANDERSON

Soit N le nombre de mesures dans la zone Z_p ($p=1,4$); L varie donc de 1 à N . Si le coefficient de corrélation sérielle d'ordre L révèle l'indépendance de l'échantillon, cela signifie qu'en effectuant 1 mesure sur L , on obtient une information toujours améliorée. Si le coefficient de corrélation sérielle d'ordre L montre au contraire une autocorrélation, il est inutile d'effectuer 1 mesure sur L , car on accumule une information que l'on possède déjà.

Dans tous les cas, le test d'ANDERSON montre que l'échantillon des mesures est autocorrélé à l'ordre 1 et 2. Cela signifie qu'il est inutile d'effectuer des mesures successives ou en la prenant une sur deux.

L'autre conclusion importante de ces résultats est qu'on ne peut pas représenter l'échantillon des zones ainsi choisies par une distribution statistique. Cela était prévisible, en particulier dans le cas de Z_1 , car le débit étant décroissant au début de la zone, l'échantillon présente une tendance. On peut donc s'attendre à ce phénomène d'autocorrélation d'ordre 1 dans tous les cas que l'on étudiera, sauf si l'on réduit suffisamment la zone pour éliminer les tendances.

Ce résultat est insuffisant et n'indique pas la façon de procéder aux mesures. Si l'on poursuit l'analyse, il apparaît que, dans 22 cas sur les 28 étudiés les valeurs de l'échantillon ne sont pas autocorrélés à l'ordre 4. Cela signifie qu'effectuer une mesure sur 4, c'est-à-dire une mesure toutes les demi-heures, apporte toujours plus d'information. On obtient ainsi 4 séries de mesures à l'intérieur de chaque zone, correspondant aux valeurs x_{4i} , x_{4i+1} , x_{4i+2} et x_{4i+3} et pour lesquelles on peut faire la moyenne, appelée moyenne d'ordre 4: $u_{k,n}$ ($k = 1,4$; n étant l'indice de la journée). Ces moyennes d'ordre 4 présentent une déviation moyenne par rapport à la moyenne μ_n des débits dans la zone correspondante, soit

$$D_n = \sum_{k=1}^4 \frac{|\mu_{k,n} - \mu_n|}{4}$$

Partant de l'idée d'une mesure aux demi-heures, il est apparu intéressant d'étudier comment pourraient évaluer les résultats, si l'on prend l'ordre L de la forme $4p$ (p entier), c'est-à-dire en prenant les mesures par heure ($p=2$), par heure et demi ($p=3$), par deux heures ($p=4$), etc...

6.3.3 Etude des déviations moyennes des moyennes d'ordre 4_p

Les calculs d'autocorrélation d'ordre 4_p donnent des résultats très variables d'une zone à l'autre et d'une journée à l'autre, comme le montre le Tableau 16.

Cependant, on peut étudier comment évolue, en fonction de p , la déviation moyenne $D_{r,p}$ même si les mesures peuvent être autocorrélées. Les résultats de cette évolution figurent dans le tableau 17. On peut remarquer

que $D_{n,p}$ croît de façon assez régulière avec p : cela signifie que la déviation autour de la moyenne des débits dans une zone augmente lorsque la fréquence des mesures diminue (à l'ordre $4p$, correspond une mesure toutes les $P/2$ heures). L'étude globale des résultats du tableau 17 sur l'évolution de $D_{n,p}$, conduit à choisir la zone Z_2 comme étant la plus intéressante. En effet pour toutes les valeurs de p , donc pour toutes les fréquences de mesure, multiples de la demi-heure, c'est dans cette zone que la déviation moyenne $D_{n,p}$ est la plus faible. Rappelons que du fait des autocorrélations entre les mesures ces échantillons ne peuvent pas être représentés par des distributions statistiques. Donc les résultats sur les déviations moyennes ne peuvent pas déboucher sur une estimation de la moyenne au sens statistique du terme. Ils peuvent seulement donner une indication purement expérimentale de la précision que l'on peut attendre de la moyenne, obtenues par une série de mesures aux $p/2$ heures.

Or dans la zone Z_2 qui dure de 10^h à 15^h , on peut se limiter par exemple à une déviation moyenne de 10%. Cela correspond à $4p = 24$ (tableau 17) ou encore à une mesure toutes les 3 heures. Il est donc possible d'effectuer, dans la zone Z_2 , deux mesures à 3 heures d'intervalles. Cela permet en particulier à l'équipe qui effectue les mesures de se déplacer vers d'autres bassins entre ces deux mesures.

Notons, cependant, qu'afin d'assurer une meilleure validité pour les résultats, il est indispensable, dans la pratique, d'effectuer à un instant donné non pas une mesure unique mais bien deux ou trois mesures successives; ceci, dans le but d'éliminer toutes les sources d'erreurs de mesure. En particulier, dans le cas des Saules, ont été prises environ 1260 mesures aux 8 minutes, 55 ont été jugées aberrantes soit 1 mesure sur 23: ceci n'est

évidemment qu'une indication de la probabilité de faire une mesure aberrante avec le système utilisé.

Il apparaît donc que ce type d'analyse pourra, lorsque des données pertinentes seront disponibles, permettre de préciser les modalités de mesure à l'intérieur des zones de stabilité. Lorsque ces données existeraient, il sera important avant de sélectionner une zone de stabilité de tenir compte des deux critères, à savoir la stabilité des valeurs horaires et la stabilité des valeurs instantanées.

7. PRESENTATION DES RESULTATS GENERAUX DE L'ETUDE7.1 Récapitulation des résultats

Au cours du chapitre 5, a été déterminée la forme satisfaisante de la regression qui relie le débit journalier moyen Y aux débits moyens X_p dans les zones de stabilité Z_p ($p=1,4$). Une regression simple de la forme $Y = \beta_0 + \beta_p X_p$ apparaît suffisante au niveau de la précision qu'elle apporte et au niveau de la variance expliquée. Ces résultats ont été obtenus à partir de débits moyens horaires sur 6 bassins regroupés en 3 catégories selon les populations desservies.

L'étude du comportement des débits instantanées apporte de nouvelles précisions pour le choix de la variable X_p dans la regression simple. Les résultats du chapitre 6 suggèrent de choisir la variable X_2 , valeur moyenne du débit dans la zone Z_2 qui dure de 10^{h.00} à 15^{h.00}. D'autre part, si l'on accepte une déviation moyenne de 10%, on pourra se contenter d'effectuer deux séries de mesures à 3 heures d'intervalle dans cette zone. C'est donc la regression $Y = \beta_0 + \beta_2 X_2$ qui sera retenue. Il reste donc à tester les coefficients β_0 et β_2 dans tous les cas, pour savoir dans quels intervalles ils varient et quelles valeurs leur attribuer.

7.2 Test sur les coefficients de la regression

Les tests sur les coefficients sont différents, selon qu'il s'agit

de β_0 ou de β_2 .

Pour les coefficients β_0 , on montre que, si l'on pose:

$$t = \frac{\beta_0}{s(\beta_0)/N} \quad \text{où } N \text{ est le nombre d'observations}$$

$$\text{et où } s^2(\beta_0) = \sigma_Y^2 \left[\frac{1}{N} + \frac{\bar{X}_2^2}{2\sigma_{X_2}} \text{ var. } (\beta_0') \right]$$

alors t suit une loi de Student à $N-1$ degrés de liberté

Dans le cas des coefficients β_2 de la variable X_2 (moyenne \bar{X}_2) on montre que $t = \frac{\beta_2}{s}$ suit une loi de Student à $(N-2)$

$$\frac{\Sigma(X_2 - \bar{X}_2)^2}{N-2}$$

degrés de liberté, s^2 étant défini par

$$s^2 = \frac{\Sigma_{i=1}^N (y_i - Y_i)^2}{N-2}$$

où Y_i est la valeur donnée par la regression correspondant à y_1 , valeur mesurée.

Si l'on choisit un niveau de signification égal à 5%, cela signifie que les coefficients ont 95% des chances de se trouver dans l'intervalle ainsi déterminé.

7.3 Résultats de l'étude

On pourra donc écrire:

- cas de la catégorie des bassins A-B (populations de 6,000 h):
la regression donne $Y = 9.0668 + .7677 X_2$, qui compte tenu des tests, peut s'écrire:

$$Y = 9.0 + 0.75 X_2 \quad (\text{variance expliquée: } 92\%)$$

- cas de la catégorie des bassins C-D (populations de 15,000 h):
la regression permet d'écrire $Y = 4.4701 + 9008 X_2$; d'après les tests, on parvient à:

$$Y = .90 X_2 \quad (\text{variance expliquée: } 89\%)$$

- cas de la catégorie des bassins E-F (populations de 1.000 h):
la regression donne $Y = -.0406 + .9156 X_2$; compte tenu des résultats des tests sur les coefficients, on peut écrire:

$$Y = .91 X_2 \quad (\text{variance expliquée: } 97\%).$$

8. CONCLUSION

Cette étude a eu pour but d'obtenir pour un réseau d'égouts sanitaires la meilleure idée possible du débit sanitaire journalier moyen à partir d'un nombre minimum de mesures ponctuelles. La méthodologie suivie a été fortement influencée par la quantité très réduite des données disponibles. Pour 6 réseaux gravitaires, on a pu disposer des débits horaires moyens pendant environ 15 jours, qui n'apportent donc aucune précision sur les variations instantanées du débit. La première partie du travail a consisté à déterminer les zones de stabilité du débit horaire moyen, cette stabilité traduisant le comportement du débit d'une journée à l'autre. Cela a conduit à la délimitation de 4 zones de stabilité communes aux 6 bassins et au calcul des débits moyens X_1 , X_2 , X_3 et X_4 dans ces zones. Ces zones de stabilité ont été choisies les plus longues possibles pour permettre à une équipe de mesures de travailler sur plusieurs bassins simultanément. La recherche d'une relation linéaire entre Y le débit journalier moyen et les X_p :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4$$

a conduit à l'emploi de la Ridge regression, forme générale de la regression multiple linéaire pour les cas de corrélation entre les variables indépendantes, X_p .

Afin de déboucher sur une formule utilisable pour d'autres bassins,

les 6 bassins étudiés ont été regroupés en 3 catégories, selon la population et le débit, les 2 premiers bassins (A-B) desservent une population d'environ 6.000 habitants (avec un débit journalier moyen de 65 l/s); les 2 suivants (C-D) desservent une population de 15.000 habitants (avec un débit journalier moyen de 200 l/s); quant aux 2 derniers (E-F), ils concernent une population d'environ 1000 h pour un débit moyen journalier de 12.5 l/s.

Après avoir étudié de quelle façon la variance expliquée par la regression diminuait en retirant successivement une variable indépendante, il s'est avéré inutile de conserver plus d'une variable indépendante. Ceci s'explique par la très forte corrélation observée entre les variables indépendantes, corrélation due à la grande importance des débits parasites. Cependant, il est apparu très important de tenir compte aussi des variations instantanées du débit. Or, les données de ce genre (mesures du débits toutes les 8 minutes) sont malheureusement trop peu nombreuses. Pour cette étude, n'étaient disponibles que des mesures aux 8 minutes sur une durée de 7 jours; de plus le bassin en question est un petit bassin (population d'environ 500 habitants) qui présente un temps de transport assez long (environ 1 heure). Même s'il semble hasardeux d'extrapoler les résultats de ce bassin aux autres bassins plus importants, on a tout de même pu tirer quelques conclusions. La principale conclusion est que la zone la plus intéressante pour effectuer des mesures est la zone Z_2 (qui dure de $10^{h.00}$ à $15^{h.00}$). On peut y effectuer 2 séries de mesures à 3 heures d'intervalle pour avoir une valeur du débit moyen dans cette zone dont la déviation moyenne par rapport au débit théorique moyen de la zone est inférieure à 10%. Les résultats de cette étude, avant d'être utilisés dans la réalité, demandent à être confirmés. A ce propos, plusieurs remarques s'imposent.

- tout d'abord, les données disponibles étaient trop peu nombreuses et étaient parfois presque insuffisantes pour les calculs de régression. Il serait préférable de travailler avec au moins 30 journées de données par bassin. On peut en particulier imaginer une distinction entre les jours de la semaine et les jours de week-end, ce qui nécessite encore plus de données.
- d'autre part, pour déboucher sur une formule utilisable dans d'autres cas, on s'est référé au critère de la population qui a permis de regrouper les bassins par catégorie de deux. Ce critère est peut-être valable, mais il demande à être confirmé ou infirmé. Pour ce faire, il faudrait des données encore plus nombreuses, concernant des bassins indépendants. On pourrait, d'autre part, s'intéresser à d'autres critères comme la pente moyenne, le temps de transport, ou le niveau socio-économique de la population concernée.
- De plus, la méthodologie d'approche a été fortement influencée par le type des données disponibles. En particulier, le rôle des variations instantanées du débit n'a pu intervenir qu'à la fin de l'étude, en quelque sorte comme outil d'affinement. Il serait évidemment préférable de revoir la méthodologie à partir de données instantanées.
- enfin, le choix de zones de stabilité les plus longues possibles pour permettre à une équipe de mesures de travailler sur plusieurs bassins simultanément est peut-être à remettre en question. On peut imaginer la détermination de p zones de stabilité n'ayant qu'une durée de 2 ou 3 heures et le calcul de p régressions $Y = \beta_0 + \beta_p X_p$ (qui ont de fortes

chances d'apporter la même variance expliquée). En disposant de cet éventail de formules ne demandant qu'une seule mesure par bassin, l'équipe de mesures pourrait travailler sur plusieurs bassins par jour. D'autre part la comparaison des résultats pour un même bassin en effectuant des mesures dans des zones différentes permettrait d'infirmier ou de confirmer la validité des résultats.

DATE	DEBITS BRUTS (L/S)																								DEBITS PARASITES
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
10878	190	177	165	165	158	158	158	165	184	190	190	171	184	152	165	177	180	180	184	184	177	177	177	184	177
20878	158	146	146	139	139	139	146	165	171	177	177	177	184	177	177	171	158	158	184	190	177	177	171	177	
40878	209	196	184	177	177	177	190	203	209	222	241	234	228	209	209	203	209	209	209	209	209	209	203	203	
50878	196	196	190	184	177	177	177	184	203	222	228	247	234	222	203	203	203	209	203	209	203	196	196	196	
60878	203	184	177	177	177	177	171	171	184	196	209	215	215	209	196	184	184	184	184	184	184	184	184	190	
70878	184	177	165	165	165	165	171	184	203	222	222	222	215	215	210	203	198	198	202	206	204	200	200	200	
90878	196	184	177	175	172	169	172	184	197	203	215	209	215	209	196	177	177	177	196	203	209	203	196	184	
100878	171	165	152	146	146	152	152	165	177	190	190	196	196	190	186	179	171	170	179	183	180	177	177	177	
120878	165	165	139	139	133	127	127	127	139	146	165	177	190	177	171	171	171	158	165	171	171	171	171	171	
130878	171	152	152	152	139	139	139	139	139	152	190	196	203	196	184	177	177	165	165	165	165	165	165	165	
140878	165	152	152	133	133	133	133	146	165	171	190	190	190	190	190	171	165	165	165	165	165	165	165	165	
150878	165	152	146	146	146	127	127	133	165	177	171	171	171	165	165	158	171	171	171	171	171	165	165	165	
160878	158	146	146	146	133	133	133	139	152	177	177	177	171	171	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	
170878	165	168	171	158	146	139	152	184	190	190	190	190	177	177	177	165	165	171	184	190	190	184	184	184	
180878	171	152	139	139	139	139	146	158	171	171	184	203	203	203	196	190	190	190	190	190	190	190	190	171	
190878	171	165	158	158	158	146	146	152	190	203	209	215	209	196	196	196	196	190	190	190	190	190	190	190	
200878	190	190	190	190	190	184	177	184	203	228	241	241	241	215	203	196	190	196	196	196	196	196	196	196	
250878	234	215	209	209	209	209	228	241	260	272	279	268	266	253	260	241	234	241	241	241	241	241	234	234	
260878	222	209	203	203	203	203	203	203	234	241	266	266	266	253	253	234	234	234	234	234	241	247	234	228	
270878	222	203	203	196	196	196	196	196	209	241	260	266	279	272	260	234	234	234	234	234	234	234	228	222	

DEBIT SANITAIRE THEORIQUE 62.3 L/S

TABLEAU 1: DEBITS BRUTS ET DEBITS PARASITES (BASSIN D)

HEURE

DATE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
10878	77.6	64.6	52.6	52.6	45.6	45.6	45.6	52.6	71.6	77.6	77.6	58.6	71.6	39.6	52.6	64.6	67.6	67.6	71.6	71.6	64.6	64.6	64.6	71.6	64.6
20878	55.7	43.7	43.7	36.7	36.7	36.7	36.7	43.7	62.7	68.7	68.7	74.7	81.7	74.7	74.7	68.7	55.7	55.7	81.7	87.7	74.7	74.7	74.7	68.7	74.7
40878	66.8	53.8	41.8	34.8	34.8	34.8	34.8	47.8	60.8	66.8	79.8	98.8	91.8	85.8	79.8	66.8	66.8	60.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8
50878	77.2	57.2	51.2	45.2	38.2	38.2	38.2	38.2	45.2	64.2	83.2	89.2	2108.2	95.2	83.2	64.2	64.2	64.2	64.2	70.2	64.2	64.2	64.2	64.2	64.2
60878	77.4	58.4	51.4	51.4	45.4	45.4	45.4	45.4	58.4	58.4	70.4	83.4	89.4	89.4	83.4	70.4	58.4	58.4	58.4	58.4	58.4	58.4	58.4	58.4	58.4
70878	92.2	48.2	33.2	33.2	33.2	33.2	33.2	39.2	52.2	71.2	90.2	90.2	90.2	83.2	83.2	78.2	71.2	66.2	64.2	70.2	74.2	72.2	68.2	68.2	
90878	65.5	53.5	46.5	44.5	41.5	38.5	41.5	53.5	66.5	72.5	84.5	78.5	84.5	78.5	78.5	65.5	46.5	46.5	65.5	72.5	78.5	72.5	65.5	65.5	
100878	59.9	53.9	40.9	34.9	34.9	40.9	40.9	53.9	65.9	78.9	78.9	78.9	84.9	78.9	74.9	67.9	59.9	58.9	67.9	71.9	68.9	65.9	65.9	65.9	
120878	70.5	70.5	44.5	44.5	38.5	32.5	32.5	32.5	32.5	44.5	51.5	70.5	82.5	95.5	82.5	76.5	76.5	76.5	63.5	70.5	76.5	76.5	76.5	76.5	
130878	68.6	49.6	49.6	49.6	36.6	36.6	36.6	36.6	36.6	49.6	87.6	93.6	100.6	93.6	81.6	74.6	74.6	62.6	62.6	62.6	62.6	62.6	62.6	62.6	
140878	66.3	53.3	49.3	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	47.2	66.2	72.2	91.2	91.2	91.2	91.2	72.2	66.2	66.2	66.2	66.2	66.2	66.2	66.2	66.2	
150878	60.3	53.3	49.3	49.3	49.3	30.3	30.3	36.3	68.3	80.3	74.3	74.3	74.3	68.3	68.3	68.3	61.3	61.3	74.3	74.3	74.3	68.3	68.3	68.3	
160878	61.9	49.9	49.9	49.9	36.9	36.9	36.9	42.9	55.9	80.9	80.9	80.9	74.9	74.9	68.9	68.9	68.9	68.9	68.9	68.9	68.9	68.9	68.9	68.9	
170878	92.7	59.7	50.7	45.7	33.7	26.7	39.7	71.7	77.7	77.7	77.7	77.7	64.7	64.7	64.7	52.7	52.7	58.7	71.7	77.7	77.7	68.7	68.7	68.7	
180878	60.2	41.2	28.2	28.2	28.2	28.2	28.2	35.2	47.2	60.2	60.2	73.2	92.2	92.2	92.2	85.2	79.2	79.2	79.2	79.2	79.2	79.2	79.2	79.2	
190878	52.8	46.8	39.8	39.8	39.8	27.8	27.8	27.8	33.8	71.8	84.8	90.8	96.8	90.8	77.8	77.8	77.8	71.8	71.8	71.8	71.8	71.8	71.8	71.8	
200878	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	45.5	38.5	45.5	64.5	89.5	5102.5	5102.5	5102.5	76.5	64.5	57.5	51.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	
250878	57.6	38.6	32.6	32.6	32.6	32.6	32.6	51.6	64.6	83.6	95.6	102.6	91.6	89.6	76.6	83.6	64.6	57.6	64.6	64.6	64.6	64.6	64.6	64.6	
260878	55.2	42.2	36.2	36.2	36.2	36.2	36.2	36.2	36.2	67.2	74.2	99.2	99.2	93.2	86.2	86.2	67.2	67.2	67.2	74.2	80.2	67.2	61.2	53.2	
270878	57.1	38.1	38.1	31.1	31.1	31.1	31.1	31.1	31.1	44.1	76.1	95.1	1101.1	1114.1	1107.1	95.1	69.1	76.1	69.1	69.1	69.1	69.1	69.1	69.1	

DEBITS SANITAIRES (L/S)

TABLEAU 2: DEBITS SANITAIRES (BASSIN D)

DIFFERENCES (%)

HEURES

DATE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
10878	-7,2	-6,7	-6,2	0,0	-3,6	0,0	0,0	3,6	9,7	3,1	0,0	-9,7	6,7	16,4	6,7	6,2	1,5	0,0	2,1	0,0	-3,6	0,0	3,6	-3,6	-3,6
20878	-11,4	-7,2	0,0	0,0	-4,2	0,0	0,0	4,2	11,4	3,6	3,6	0,0	4,2	-4,2	0,0	-3,6	-7,8	0,0	15,7	3,6	-7,8	0,0	-3,6	0,0	-3,6
40878	-4,4	0,0	-3,8	-4,6	0,0	0,0	0,0	8,6	4,4	3,9	8,6	12,5	-4,6	-3,9	-3,9	8,6	0,0	-3,9	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	-3,9	0,0
60878	5,8	15,8	-5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	11,9	11,9	3,8	11,9	-8,2	-7,5	11,9	0,0	0,0	0,0	3,8	-3,8	-4,4	0,0	0,0	0,0
70878	-4,8	-5,6	-9,7	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	10,5	15,3	15,3	10,0	0,0	-5,6	-5,0	10,8	-10,0	0,0	0,0	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
90878	-2,2	-6,5	-3,8	-1,1	-1,6	-1,6	1,6	6,5	7,1	3,3	6,5	-3,3	3,3	-3,3	0,0	-7,1	-10,3	0,0	-1,6	3,8	3,3	-3,3	-3,3	-3,3	-6,5
100878	-9,8	4,5	-9,8	-4,5	0,0	4,5	0,0	0,0	9,8	9,8	0,0	0,0	4,5	-4,5	-3,0	-5,3	-6,0	0,0	6,8	4,4	-2,3	-2,3	0,0	0,0	0,0
120878	-7,6	0,0	-16,5	0,0	-3,8	-3,8	0,0	0,0	0,0	7,6	4,4	12,0	7,6	8,2	-8,2	-3,8	0,0	0,0	-8,2	4,4	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0
130878	0,0	-14,2	0,0	0,0	-9,7	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7	28,4	4,5	5,2	-5,2	-9,0	-5,2	0,0	-9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
140878	0,0	-11,4	0,0	-16,7	0,0	0,0	0,0	0,0	11,4	16,7	5,3	16,7	0,0	0,0	0,0	16,7	-5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
150878	0,0	-10,3	-4,8	0,0	0,0	-15,1	0,0	4,8	25,4	9,5	-4,8	0,0	0,0	-4,8	0,0	0,0	-5,6	0,0	10,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
160878	-7,6	-13,0	0,0	0,0	-14,1	0,0	0,0	6,5	14,1	27,2	0,0	0,0	6,5	0,0	-6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
170878	2,7	2,0	2,0	-8,7	-8,1	-4,7	8,7	21,5	4,0	0,0	0,0	0,0	-8,7	0,0	0,0	-8,1	0,0	4,0	8,7	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
180878	-9,2	-13,5	-9,2	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	8,5	9,2	0,0	9,2	13,5	0,0	0,0	-4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
190878	0,0	-4,1	-4,8	0,0	0,0	-8,3	0,0	0,0	4,1	26,2	9,0	4,1	4,1	-4,1	-9,0	0,0	0,0	-4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
200878	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-4,5	-5,2	5,2	14,2	18,7	9,7	4,1	0,0	-19,4	-9,0	-5,2	-4,5	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
250878	-10,2	-10,2	-3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	10,2	7,0	10,2	6,4	3,7	-5,9	-1,1	-7,0	3,7	-10,2	-3,7	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
260878	-7,3	-7,9	-3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,9	4,3	15,2	0,0	-3,7	-4,3	0,0	-11,6	0,0	0,0	4,3	3,7	-7,9	-3,7	-3,7	0,0
270878	0,0	-10,6	0,0	-3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2	17,8	10,6	3,3	7,2	-3,9	-6,7	-14,4	3,9	-3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	-3,3	-3,3
MOYENNE	-3,9	-7,4	-4,4	-2,2	-2,5	-1,4	0,0	4,0	7,0	10,9	7,3	5,0	2,2	-2,5	-4,0	-4,8	-4,7	-1,1	2,6	1,6	-0,2	-1,4	-1,8	-0,6	
EC.TYP(M)	4,3	4,6	4,1	3,7	3,5	3,6	2,3	5,1	5,5	6,4	7,1	6,1	5,1	4,6	4,6	4,6	4,3	2,7	4,9	1,6	2,4	2,0	2,4	3,9	

TABLEAU 3: DIFFERENCES $\Delta^i_{M,n}$ (BASSIN D)

1	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		51.2 8.1 15.9	44.7 7.9 17.7	41.7 7.7 18.4	38.3 6.4 16.7	36.2 6.8 18.7	36.4 5.3 14.6	42.5 10.1 23.9	52.4 13.9 26.6	67.5 11.3 16.7
2	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	2-3 47.9 8.7 18.1	3-4 43.2 7.9 18.4	4-5 40.0 7.3 18.2	5-6 37.2 6.7 17.9	6-7 36.3 6.1 16.7	7-8 39.4 8.6 21.9	8-9 47.4 13.2 27.7	9-10 59.9 14.8 24.6	
3	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	2-4 45.8 8.9 19.3	3-5 41.5 7.8 18.8	4-6 38.7 7.3 18.9	5-7 37.0 6.3 16.9	6-8 38.4 8.2 21.4	7-9 43.7 12.3 28.2	8-10 54.1 15.7 29.1		
4	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	2-5 43.9 8.9 20.3	3-6 40.2 7.9 19.7	4-7 38.1 6.9 18.2	5-8 38.3 7.8 20.3	6-9 41.9 11.7 27.8	7-10 49.7 15.8 31.9			
5	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	2-6 42.4 9.1 21.4	3-7 39.4 7.6 19.3	4-8 39.0 7.9 20.2	5-9 41.1 10.9 26.5	6-10 47.0 15.5 32.9				
6	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	2-7 41.4 8.9 21.4	3-8 39.9 8.2 20.4	4-9 41.2 10.4 25.3	5-10 45.5 14.7 32.3					
7	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	2-8 41.5 9.1 21.8	3-9 41.7 10.2 24.4	4-10 45.0 14.0 31.1						
8	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	2-9 42.9 10.4 24.3	3-10 44.9 13.4 29.8							
9	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	2-10 45.6 13.1 28.6								

TABLEAU 4: MOYENNES D'AMPLITUDE VARIABLE DES DEBITS SANITAIRES AUTOUR DE Z₁ (L/S): CAS DU BASSIN D

AMPLITUDE DE LA
PERIODE (HEURES)

1	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _v (%)	9 52.4 13.9 26.6	10 67.5 11.3 16.7	11 78.2 9.9 12.7	12 85.2 11.7 13.7	13 88.7 11.1 12.5	14 84.8 15.4 18.1	15 79.2 11.0 13.8	16 72.6 9.5 13.1	17 65.3 8.4 12.8
2	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _v (%)	9-10 59.9 14.8 24.6	10-11 72.8 11.9 16.4	11-12 81.7 11.4 13.9	12-13 87.0 11.5 13.2	13-14 86.8 13.5 15.6	14-15 82.0 13.6 16.6	15-16 75.9 10.8 14.2	16-17 69.0 9.7 14.0	
3	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _v (%)	9-11 66.0 15.9 24.1	10-12 77.0 13.2 17.1	11-13 84.0 11.8 14.0	12-14 86.2 13.0 15.0	13-15 84.2 13.2 15.7	14-16 78.9 13.2 16.7	15-17 72.4 11.2 15.5		
4	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _v (%)	9-12 70.8 17.1 24.2	10-13 79.9 13.7 17.1	11-14 84.2 12.8 15.1	12-15 84.5 12.9 15.2	13-16 81.3 13.4 16.5	14-17 75.5 13.5 17.9			
5	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _v (%)	9-13 74.4 17.6 23.7	10-14 80.9 14.2 17.5	11-15 83.2 12.6 15.1	12-16 82.1 13.2 16.0	13-17 78.1 14.1 18.0				
6	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _v (%)	9-14 76.1 17.7 23.2	10-15 80.6 13.7 17.0	11-16 81.5 12.8 15.7	12-17 79.3 14.0 17.6					
7	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _v (%)	9-15 76.6 16.9 22.1	10-16 79.5 13.5 17.0	11-17 79.1 13.5 17.0						
8	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _v (%)	9-16 76.1 16.2 21.3	10-17 77.7 13.8 17.7							
9	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _v (%)	9-17 74.9 15.9 21.3								

TABLEAU 5: MOYENNES D'AMPLITUDE VARIABLE DES DEBITS SANITAIRES AUTOUR DE Z₂ (L/S): CAS DU BASSIN D

AMPLITUDE DE LA
PERIODE (HEURES)

1	PERIODE (H)	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	MOYENNE	84.8	79.2	72.6	65.3	63.8	67.9	70.3	70.0	67.8
	ECART-TYPE C _V (%)	15.4 18.1	11.0 13.8	9.5 13.1	8.4 12.8	8.2 12.8	5.9 8.7	6.7 9.6	6.7 9.6	6.7 9.5
2	PERIODE (H)	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	
	MOYENNE	82.0	75.9	69.0	64.6	65.8	69.1	70.1	68.9	
	ECART-TYPE C _V (%)	13.6 16.6	10.8 14.2	9.7 14.0	8.3 12.8	7.4 11.3	6.5 9.4	6.7 9.6	6.4 9.3	
3	PERIODE (H)	14-16	15-17	16-18	17-19	18-20	19-21	20-22		
	MOYENNE	78.9	72.4	67.2	65.7	67.3	69.4	69.4		
	ECART-TYPE C _V (%)	13.2 16.7	11.2 15.5	9.5 14.1	7.7 11.8	7.5 11.1	6.5 9.4	6.5 9.4		
4	PERIODE (H)	14-17	15-18	16-19	17-20	18-21	19-22			
	MOYENNE	75.5	70.2	67.4	66.8	68.0	69.0			
	ECART-TYPE C _V (%)	13.5 17.9	11.2 15.9	8.7 13.0	7.8 11.6	7.4 10.9	6.4 9.3			
5	PERIODE (H)	14-18	15-19	16-20	17-21	18-22				
	MOYENNE	73.1	69.8	68.0	67.4	67.9				
	ECART-TYPE C _V (%)	13.4 18.4	10.4 14.9	8.5 12.5	7.7 11.4	7.1 10.5				
6	PERIODE (H)	14-19	15-20	16-21	17-22					
	MOYENNE	72.3	69.8	68.3	67.5					
	ECART-TYPE C _V (%)	12.7 17.5	9.9 14.1	8.2 12.0	7.4 11.0					
7	PERIODE (H)	14-20	15-21	16-22						
	MOYENNE	72.0	69.9	68.2						
	ECART-TYPE C _V (%)	12.0 16.7	9.5 13.6	7.9 11.6						
8	PERIODE (H)	14-21	15-22							
	MOYENNE	71.7	69.6							
	ECART-TYPE C _V (%)	11.5 16.0	9.1 13.1							
9	PERIODE (H)	14-22								
	MOYENNE	71.3								
	ECART-TYPE C _V (%)	11.1 15.6								

TABLEAU 6: MOYENNES D'AMPLITUDE VARIABLE DES DEBITS SANITAIRES AUTOUR DE
Z₃ (L/S): CAS DU BASSIN D

AMPLITUDE DE LA
PERIODE (HEURES)

1	PERIODE (H)	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	MOYENNE	72.6	65.3	63.8	67.9	70.3	70.0	67.8	65.2	64.0
	ECART-TYPE C _v (%)	9.5 13.1	8.4 12.8	8.2 12.8	5.9 8.7	6.7 9.6	6.7 9.5	5.9 8.7	6.1 8.7	6.4 9.4
2	PERIODE (H)	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	
	MOYENNE	69.0	64.6	65.8	69.1	70.1	68.9	66.5	64.6	
	ECART-TYPE C _v (%)	9.7 14.0	8.3 12.8	7.4 11.3	6.5 9.4	6.7 9.6	6.4 9.3	6.1 9.2	6.3 9.8	
3	PERIODE (H)	16-18	17-19	18-20	19-21	20-22	21-23	22-24		
	MOYENNE	67.2	65.7	67.3	69.4	69.4	67.7	65.7		
	ECART-TYPE C _v (%)	9.5 14.1	7.7 11.8	7.5 11.1	6.5 9.4	6.5 9.4	6.5 9.7	6.4 9.7		
4	PERIODE (H)	16-19	17-20	18-21	19-22	20-23	21-24			
	MOYENNE	67.4	66.8	68.0	69.0	68.3	66.7			
	ECART-TYPE C _v (%)	8.7 13.0	7.8 11.6	7.4 10.9	6.4 9.3	6.7 9.8	6.7 10.0			
5	PERIODE (H)	16-20	17-21	18-22	19-23	20-24				
	MOYENNE	68.0	67.4	67.9	68.2	67.4				
	ECART-TYPE C _v (%)	8.5 12.5	7.7 11.4	7.1 10.5	6.5 9.6	6.9 10.2				
6	PERIODE (H)	16-21	17-22	18-23	19-24					
	MOYENNE	68.3	67.5	67.5	67.5					
	ECART-TYPE C _v (%)	8.2 12.0	7.4 11.0	7.0 10.4	6.7 9.9					
7	PERIODE (H)	16-22	17-23	18-24						
	MOYENNE	68.2	67.2	67.0						
	ECART-TYPE C _v (%)	7.9 11.6	7.3 10.8	7.1 10.5						
8	PERIODE (H)	16-23	17-24							
	MOYENNE	67.9	66.8							
	ECART-TYPE C _v (%)	7.8 11.5	7.3 10.9							
9	PERIODE (H)	16-24								
	MOYENNE	67.4								
	ECART-TYPE C _v (%)	7.8 11.5								

TABLEAU 7 : MOYENNES D'AMPLITUDE VARIABLE DES DEBITS SANITAIRES AUTOUR DE
Z₄ (L/S) : CAS DU BASSIN D

AMPLITUDE DE LA
PERIODE (HEURES)

Nom du Bassin	Durée de la période (Heures)	Ecart ϵ	Débit moyen sur la période (L/s)	$C_v = \epsilon/Q$	Durée de la période (Heures)	Ecart ϵ	Débit moyen sur la période (L/s)	$C_v = \epsilon/Q$	Durée de la période (Heures)	Ecart ϵ	Débit moyen sur la période (L/s)	$C_v = \epsilon/Q$
Sainte Agathe des Monts (A)	2-5	56.6	132.8	42.7	12-15	77.8	487.3	16.0	16-19	62.5	361.2	17.3
Pierrefonds Sainte-Anne (B)	3-6	3.1	26.6	11.7	12-15	5.5	38.8	14.1	17-20	3.4	36.2	9.4
Pierrefonds Gouin (C)	4-7	7.5	32.7	23.1	10-13	7.3	64.6	11.2	17-20	6.3	57.1	11.0
Pierrefonds Saint-Pierre (D)	4-7	6.9	38.1	18.2	11-14	12.8	84.2	15.1	19-22	6.4	69.0	9.3
Sainte Agathe Sud: Usine d'épuration (E)	2-5	9.6	35.5	26.9	11-14	14.9	78.1	19.1	16-19	13.0	60.9	21.4
Sainte Agathe Sud: Chemin de la Riv. (F)	3-6	6.5	27.7	23.6	11-14	8.1	67.7	12.0	15-18	5.4	59.0	9.1
									16-20	5.7	58.2	9.8

TABLEAU 8: ZONES OPTIMALES DE STABILITE POUR CHAQUE BASSIN (DUREE 4 HEURES)

		Durée 2 heures																					
Période (heures)	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
Indice r	3.5	23.7	24.0	23.5	25.4	29.1	32.4	28.5	21.6	16.8	13.6	13.9	15.3	15.4	12.6	13.8	13.5	13.4	13.4	15.1	15.7	16.4	14.9
		Durée 3 heures																					
Période (heures)	1-3	2-4	3-5	4-6	5-7	6-8	7-9	8-10	9-11	10-12	11-13	12-14	13-15	14-16	15-17	16-18	17-19	18-20	19-21	20-22	21-23	22-24	
Indice r	7.0	25.3	24.1	25.3	28.5	29.3	34.1	28.0	20.9	16.3	14.3	14.9	15.5	16.1	15.1	13.8	13.7	14.0	14.7	15.7	16.7	15.5	
		Durée 4 heures																					
Période (heures)	1-4	2-5	3-6	4-7	5-8	6-9	7-10	8-11	9-12	10-13	11-14	12-15	13-16	14-17	15-18	16-19	17-20	18-21	19-22	20-23	21-24		
Indice r	9.2	25.8	25.4	28.2	32.4	36.3	29.6	20.3	16.4	15.0	15.3	16.5	16.9	15.1	13.8	14.2	14.8	15.3	16.7	16.1			
		Durée 5 heures																					
Période (heures)	1-5	2-6	3-7	4-8	5-9	6-10	7-11	8-12	9-13	10-14	11-15	12-16	13-17	14-18	15-19	16-20	17-21	18-22	19-23	20-24			
Indice r	10.0	26.7	27.8	31.9	36.9	25.8	19.9	16.5	15.3	16.9	17.2	16.9	14.2	14.8	15.3	16.3	16.0						
		Durée 6 heures																					
Période (heures)	1-6	2-7	3-8	4-9	5-10	6-11	7-12	8-13	9-14	10-15	11-16	12-17	13-18	14-19	15-20	16-21	17-22	18-23	19-24				
Indice r	10.4	28.5	31.1	36.8	24.8	19.5	16.5	16.7	16.8	16.5	14.8	14.8	15.3	16.1	15.5								

TABLEAU 9 : DETERMINATION DES ZONES DE STABILITE A PARTIR DES VALEURS DE r

BASSIN: D

VARIABLES: X_1 X_2 X_3				VARIABLES: X_1 X_2 X_4			
k	0.1	0.2	0.3	k	0.1	0.2	0.3
Variance expliquée	98.95	98.59	98.10	Variance expliquée	99.63	99.30	98.81
Stabilité β_1	7.3	5.2	4.3	Stabilité β_1	2.8	2.9	3.0
Stabilité β_2	4.0	0.3	1.7	Stabilité β_2	0.3	1.7	2.0
Stabilité β_3	5.0	3.4	3.2	Stabilité β_4	6.8	5.0	4.0
Ecart relatif de la longueur de β	1.1	11.5	22.4	Ecart relatif de la longueur de β	9.1	20.9	32.9
VARIABLES: X_1 X_3 X_4				VARIABLES: X_2 X_3 X_4			
k	0.1	0.2	0.3	k	0.1	0.1	0.3
Variance expliquée	99.35	99.00	98.51	Variance expliquée	97.98	97.58	97.09
Stabilité β_1	7.4	5.4	4.5	Stabilité β_2	7.0	4.5	3.8
Stabilité β_3	0.3	1.0	2.1	Stabilité β_3	11.2	1.5	0.4
Stabilité β_4	2.2	2.6	2.6	Stabilité β_4	9.0	5.6	4.3
Ecart relatif de la longueur de β	9.2	20.7	32.5	Ecart relatif de la longueur de β	34.3	28.4	25.0

TABLEAU 10: CALCULS POUR LA DETERMINATION DE K (CAS DE 3 VARIABLES)

BASSIN: D

k	0.1	0.2	0.3	k	0.1	0.2	0.3
VARIABLES: $X_1 X_2$				VARIABLES: $X_1 X_3$			
Variance expliquée	97.47	96.85	95.94	Variance expliquée	98.73	98.08	97.14
Stabilité β_1	4.2	4.2	4.2	Stabilité β_1	4.7	4.5	4.4
Stabilité β_2	5.1	4.8	4.3	Stabilité β_3	4.9	4.5	4.3
Ecart relatif de la longueur de β	9.2	18.0	26.4	Ecart relatif de la longueur de β	9.2	17.9	26.0
VARIABLES: $X_1 X_4$				VARIABLES: $X_2 X_3$			
Variance expliquée	98.87	98.22	97.28	Variance expliquée	96.19	95.59	94.71
Stabilité β_1	3.1	3.6	3.8	Stabilité β_2	5.4	4.6	4.1
Stabilité β_4	6.5	5.2	4.9	Stabilité β_3	3.9	4.3	4.0
Ecart relatif de la longueur de β	8.1	16.6	24.7	Ecart relatif de la longueur de β	9.2	18.2	26.6
VARIABLES: $X_2 X_4$				VARIABLES: $X_3 X_4$			
Variance expliquée	98.24	97.60	96.69	Variance expliquée	96.19	95.57	94.69
Stabilité β_2	3.1	3.8	3.8	Stabilité β_3	1.2	3.0	3.6
Stabilité β_4	6.2	5.1	4.7	Stabilité β_4	7.5	5.7	4.7
Ecart relatif de la longueur de β	8.3	16.9	25.1	Ecart relatif de la longueur de β	1.5	6.3	13.8

TABLEAU 11: CALCULS POUR LA DETERMINATION DE 'K' (CAS DE 2 VARIABLES)

BASSIN: D

VARIABLE X ₁		VARIABLE X ₂	
Variance expliquée	93.94%	Variance expliquée	94.45%
Regression	$13.51 + 1.0386X_1$	Regression	$28.03 + .7633X_2$
VARIABLE X ₃		VARIABLE X ₄	
Variance expliquée	93.98%	Variance expliquée	95.92%
Regression	$7.49 + .9343X_3$	Regression	$-17.43 + 1.0640X_4$

TABLEAU 12: VARIANCES EXPLIQUEES DANS LE CAS D'UNE VARIABLE

BASSIN	A				B				C				D				E				F					
	X_1	X_2	X_3	X_4																						
VARIABLE CORRES- PONDANTE																										
NIVEAU DE SI- GNIFI- CATION		5%		5%		5%	2%	1%		50%					2%			50%						50%	10%	
NULLITE		X		X		X	X	X							X			X					X	X	X	

TABLEAU 13: TEST DE NULLITE DE L'INTERCEPT (TEST DE STUDENT)

CATEGORIE DE BASSINS	A-B				C-D				E-F			
VARIABLE CONCERNEE PAR LA REGRESSION	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
NULLITE DE L'INTERCEPT			0		0	0	0		0	0	0	
NIVEAU DE SIGNIFICATION			>5%		>5%	>5%	>5%		>5%	>5%	5%	

TABLEAU 14 : TEST DE NULLITE SUR LES INTERCEPTS DES REGRESSIONS SIMPLES (CAS DES CATEGORIES DE BASSINS)

Date	ZONE Z ₁		ZONE Z ₂		ZONE Z ₃		ZONE Z ₄	
	Moyenne (l/mn)	Coefficient de variation (%)						
19-02-76	19.1	31.0	94.1	15.9	73.4	19.3	97.5	22.5
20-02-76	25.4	35.5	117.5	16.6	104.3	33.3	95.0	33.7
21-02-76	19.9	36.2	124.9	16.5	114.4	17.0	104.5	26.0
22-02-76	27.3	34.8	131.6	16.2	110.1	25.5	113.9	20.6
23-02-76	24.9	41.0	150.5	15.7	96.4	19.3	100.8	32.8
24-02-76	18.3	25.1	103.3	13.8	78.9	31.5	94.5	26.3
25-02-76	21.4	40.1	116.3	13.9	120.4	11.3	124.1	22.7
Valeur moyenne	22.3	34.8	119.7	15.5	99.7	22.5	104.3	26.4

TABLEAU 15: MOYENNES ET COEFFICIENTS DE VARIATIONS DES DEBITS INSTANTANES (BASSIN LES SAULES)

		ZONE Z ₁																ZONE Z ₂															
ORDRE	DATE	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40												
19		1.6	11.3	8.8	11.8	12.1	14.7	11.8	17.0	22.6	1.1	5.5	5.0	6.2	6.4	7.6	9.2	11.9															
20		2.5	7.0	9.2	17.7	27.2	22.9	22.2	25.2	29.8	2.1	5.2	7.5	7.0	4.6	8.3	9.6	10.6															
21		3.0	7.3	9.0	9.8	11.1	13.4	20.8	23.0	29.0	5.1	8.6	9.5	9.1	8.8	11.8	12.9																
22		1.9	2.6	11.3	12.1	18.9	18.2	16.6	21.4	27.1	2.1	2.2	5.6	9.2	5.0	5.7	11.3	12.9															
23		2.5	7.9	8.7	9.9	13.2	15.5	22.4	29.2	33.5	.4	5.5	3.4	9.1	7.8	6.8	10.2	12.6															
24		1.3	4.5	7.8	5.3	7.8	9.3	11.1	14.0	19.2	2.1	3.1	5.9	5.9	9.2	10.4	11.7	11.4															
25		9.5	13.4	18.8	17.9	26.3	27.1	25.1	24.8	32.4	1.3	3.1	5.9	6.4	8.8	10.8	10.3	9.9	10.6														
MOYENNE		3.2	7.7	10.5	12.1	16.7	17.3	18.6	22.1	27.7	2.0	4.7	6.1	7.6	7.2	8.9	10.7	11.6															
		ZONE Z ₃																ZONE Z ₄															
19		2.3	4.5	9.0	7.0	11.1	14.2	15.2	5.1	5.1	9.6	10.7	14.4	11.0	8.7	12.6	15.4	15.4															
20		2.3	11.0	9.9	14.3	23.3	24.1	3.9	9.7	5.8	9.4	16.9	16.2	12.8	10.4	13.2	21.5																
21		3.7	4.5	7.1	8.8	11.8	14.4	1.5	3.1	6.1	5.3	7.5	12.4	11.4	13.2	14.2	17.8																
22		6.1	12.8	7.7	13.4	12.0	15.5	1.3	2.6	7.1	5.7	10.4	10.3	9.1	7.5	10.8	14.6																
23		2.1	3.6	2.9	5.5	11.4	15.7	18.4	2.0	3.8	4.8	10.8	11.8	9.5	15.6	21.2	25.2	27.1															
24		6.9	11.2	12.2	15.1	17.1	17.9	20.9	1.8	7.7	6.5	9.3	11.9	12.8	11.0	12.4	12.9	18.4															
25		2.2	6.1	5.1	7.2	9.7	9.7	2.0	4.7	5.9	5.6	9.4	8.2	8.6	11.9	16.1	17.7																
MOYENNE		3.7	7.7	7.7	10.2	13.8	15.9	2.5	5.2	6.5	8.1	11.8	11.5	11.0	12.7	15.4	18.9																

TABLEAU 17: DEVIATIONS MOYENNES (D_{m,p}) DES MOYENNES D'ORDRE 4p DES DEBITS INSTANTANES (BASSIN LES SAULES)

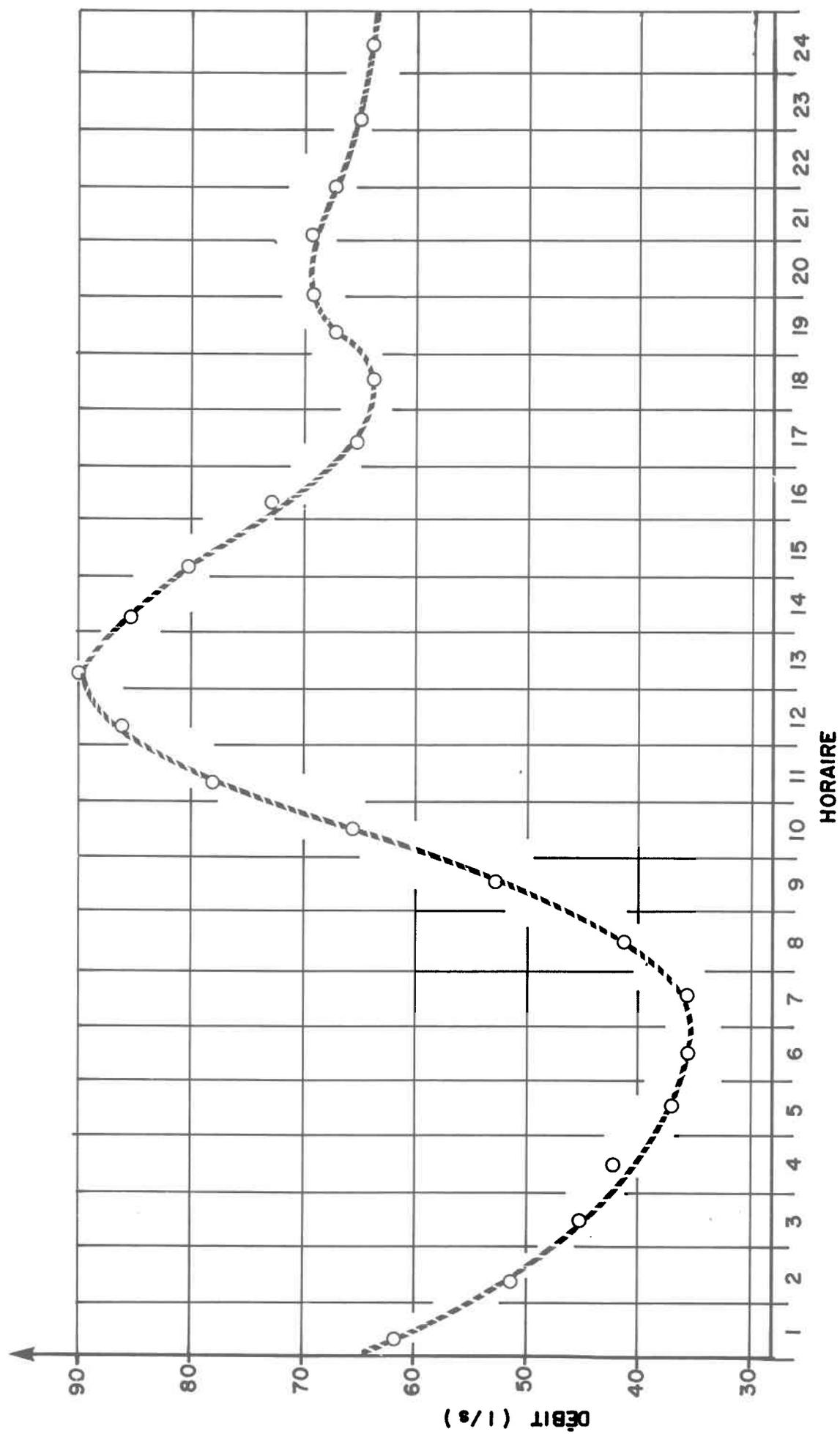


Figure 1 . Moyenne sur tous les jours des débits sanitaires (cas du bassin D) .

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES DE LA DEUXIEME PARTIE

BOBEE, B. et R. ROBITAILLE. (1975).

Ridge Regression: programme de calcul RIDREG et quelques applications.

Rapport interne No 29. INRS-Eau, Université du Québec, C.P. 7500, Sainte-Foy. Québec G1V 4C7 (CANADA).

DEMARD, H. *et al.* (Décembre 1975).

Réseaux de collecte des eaux usées. Tome 3: Caractéristiques des bassins Les Saules, Sainte-Foy et Saint-Pascal. INRS-Eau, rapport scientifique No 61.

ANNEXE I

Caractéristiques physiques et techniques des bassins étudiés

Bassin A

Ce bassin concerne toute la municipalité de Sainte-Agathe des Monts, située à 110 km au Nord de Montréal.

- * point de mesure: entrée de la station d'épuration.
- * superficie: 320 ha (développée à 70%).
- * relief: très accidenté. La ville s'est développée à partir d'une colline.
- * période des mesures: 14 septembre au 13 octobre 1978 (sur lesquels on n'a pu retenir que 16 journées sans pluie).
- * population: cette ville, à forte vocation touristique, est constituée de maisons individuelles et possède une population permanente de 5.500 habitants dont 90% sont reliés à l'égout. L'évaluation de la population à partir de la charge en DBO_5 (prise égale à 54 g/personne/jour) conduit à une population de 5.700 habitants à l'époque des mesures et à un débit sanitaire théorique de 20.4 l/s, soit 309 l/jour/personne.
- * type de réseau: le réseau se compose d'un bassin pseudo-séparatif et d'un bassin combiné.

Les apports d'infiltration sont très importants, car le réseau capte un ruisseau. Pour un débit journalier moyen de 71.2 l/s pendant les 16 journées sans pluie, le débit parasite moyen de 50.7 l/s représente 71.2%.

- * source des renseignements: Groupe "Analyse des Réseaux" Services de Protection de l'Environnement du Québec (Décembre 1978).

Bassin B

Ce bassin fait partie de la municipalité de Pierrefonds, située sur l'extrémité Ouest de l'île de Montréal et rattachée à la Communauté Urbaine de Montréal (C.U.M.). Ce bassin est un sous-bassin du bassin D.

- * point de mesure: angle du boulevard Pierrefonds et de la rue Sainte-Anne.
- * superficie: 211 ha.
- * relief: assez plat.
- * période des mesures: 8 juin au 30 juin 1978 (sur lesquels on n'a retenu que 14 jours sans pluie).
- * population: la population desservie est, d'après les Services de la C.U.M., de 5.925 habitants. La fonction résidentielle occupe 87% de la superficie du bassin, le reste se partageant entre les commerces (12%) et les institutions (1%). Le débit sanitaire théorique est évalué à 34.7 l/s, soit 506 l/jour/personne.
- * type du réseau: pseudo-séparatif (raccordements pluviaux illicites).

Pour un débit journalier moyen de 58.5 l/s, le débit parasite moyen a été évalué à 23.8 l/s, soit 41% du débit journalier moyen.

- * source des renseignements: C.U.M. Services "Assainissement des Eaux" (Division des relevés et inspections) Août 1978.

Bassin C

Ce bassin fait partie de la municipalité de Pierrefonds, située sur l'extrémité Ouest de l'Île de Montréal et rattachée à la Communauté Urbaine de Montréal (C.U.M.).

- * point de mesure: angle du boulevard Pierrefonds et du boulevard Guin.
- * superficie: 298 ha.
- * relief: assez plat.
- * période des mesures: 1er mai au 18 mai 1978 (soit 14 jours aptes à l'étude, après élimination des jours influencés par la pluie).
- * population: la population desservie par ce bassin est de 12.397 habitants; le débit sanitaire théorique est de 53.6 l/s soit 374 l/jour/personne.
- * type de réseau: pseudo-séparatif.

Pour un débit journalier moyen de 222.3 l/s, le débit parasite moyen, de 168.7 l/s, en explique 76%.

- * source des renseignements: C.U.M. Service "Assainissement des Eaux"
(Division des relevés et inspections) Mai 1978.

Bassin D

Ce bassin fait partie de la municipalité de Pierrefonds, située à l'extrémité Ouest de l'île de Montréal et rattachée à la Communauté Urbaine de Montréal (C.U.M.).

- * point de mesure: angle du boulevard Pierrefonds et de la rue Saint-Pierre.
- * superficie: 378 ha.
- * relief: peu accidenté.
- * période des mesures: 1er août au 31 août 1978 (soit 20 jours aptes à l'étude après avoir éliminé les jours influencés par la pluie).
- * population: la population desservie par ce bassin est de 12.818 habitants; le débit sanitaire théorique est de 62.3 l/s soit 420 l/jour/personne. La partie résidentielle occupe 88.5% de la superficie totale, le reste se partageant entre les commerces (8.4%) et les institutions (3.1%).
- * type de réseau: pseudo séparatif.

Pour un débit journalier moyen de 185.9 l/s, le débit parasite moyen en explique 66% (soit 123.6 l/s).

- * source des renseignements: C.U.M. Service "Assainissement des Eaux" (Division des relevés et inspections) Septembre 1978.

Bassins E-F

Ces 2 bassins sont issus de la municipalité de Sainte-Agathe-Sud, située au Sud de Sainte-Agathe-des-Monts (voir bassin A). Ils ont été regroupés ici, car le bassin F est un sous-bassin du bassin E.

- * point de mesure: les mesures de débit ont été faites à la sortie de l'usine d'épuration pour le bassin E et à l'embranchement du chemin de la Rivière pour le bassin F.
- * superficie: 200 ha (dont 55 ha de lac).
- * relief: bien que situés dans une région montagneuse, ces bassins ont une topographie peu accidentée qui nécessitera des stations de pompages dans le réseau.
- * période des mesures: 7 septembre au 9 octobre 1978. Cela a permis de retenir 18 journées complètes de mesures pour le bassin E et 16 journées pour le bassin F.
- * population: étant donné le caractère touristique de cette municipalité, il est extrêmement délicat de connaître avec précision la population. En se basant sur les charges en DBO_5 et en phosphore, on a pu évalué la population du bassin E à 1.000 habitants avec un débit sanitaire théorique de 4.25 l/s (c'est-à-dire 367 l/jour/personne) et la population du bassin F à 900 habitants avec un débit sanitaire théorique de 3.8 l/s.

Dans le cas du bassin E, le débit journalier moyen a été évalué à 15.3 l/s et le débit parasite moyen à 11.1 l/s (soit 73%).

Dans le cas du bassin F, le débit parasite moyen (5.5 l/s) explique 60% du débit journalier moyen (9.3 l/s).

* source des renseignements: Groupe "Analyse des Réseaux" Services de Protection de l'Environnement du Québec (Décembre 1978).

ANNEXE II

Programme FORTRAN pour la détermination des zones de stabilité

```

PROGRAM MODELEG(INPUT,OUTPUT,TAPE1)
  DIMENSION DEBRUT(30,26),DIFF(30,24),DEBPARA(30),DEBSAN(30,24),ICAT
  +E(30),TITRE(10),XMOY(24),VAR(24),INDIC(10),X(10),Y(10),TIT(10),Z(
  +10)
  READ 900,N,TITRE,TIT
  DO 1 I=1,N
  READ 901,(DEBRUT(I,J),J=1,26)
1 CONTINUE
  READ 902,(IDATE(J),J=1,N)
  DO 3 I=1,N
  S=0.
  DO 2 J=1,24
  DIFF(I,J)=DEBRUT(I,J+1)-DEBRUT(I,J)
  S=S+ABS(DIFF(I,J))
2 CONTINUE
  DO 4 J=1,24
  DIFF(I,J)=DIFF(I,J)*100/S
4 CONTINUE
3 CONTINUE
  DO 6 J=1,24
  XMOY(J)=0.
  VAR(J)=0.
  DO 5 I=1,N
  XMOY(J)=XMOY(J)+DIFF(I,J)
  VAR(J)=VAR(J)+DIFF(I,J)**2
5 CONTINUE
6 CONTINUE
  S=0.
  DO 7 I=1,24
  XMOY(I)=XMOY(I)/N
  VAR(I)=(VAR(I)/N-XMOY(I)**2)**.5
  S=S+VAR(I)
7 CONTINUE
  DO 8 I=1,24
  VAR(I)=VAR(I)*100/S
8 CONTINUE
  A=ABS(XMOY(1))
  INDIC(1)=1
  DO 9 I=2,10
  IF(ABS(XMOY(I)).GT.A) GO TO 9
  A=ABS(XMOY(I))
  INDIC(1)=I
9 CONTINUE
  K=2
  DO 10 I=11,23
  A=XMOY(I)*XMOY(I+1)
  IF(A.GT.0.0) GO TO 10
  INDIC(K)=I
  K=K+1
10 CONTINUE
  IK=K-1
  DO 11 I=1,N
  S=0.
  DO 12 J=2,25
  S=S+DEBRUT(I,J)

```

```

12 CONTINUE
   S=S/24
   DEBPARA(I)=S-DEBRUT(1,26)
   DO 13 J=1,24
   DEBSAN(I,J)=DEBRUT(I,J+1)-DEBPARA(I)
13 CONTINUE
11 CONTINUE
   PRINT 903,TITRE,TIT
   PRINT 907
   PRINT 920,(IG,IG=1,24)
   DO 14 I=1,N
   PRINT 904,(DEBRUT(I,J),J=2,25),DEBPARA(I)
14 CONTINUE
   PRINT 908
   PRINT 921,(IG,IG=1,24)
   DO 15 I=1,N
   PRINT 905,IDATE(I),(DIFF(I,J),J=1,24)
15 CONTINUE
   PRINT 906,(XMOY(J),J=1,24)
   PRINT 913,(VAR(J),J=1,24)
   PRINT 909
   PRINT 921,(IG,IG=1,24)
   DO 16 I=1,N
   PRINT 905,IDATE(I),(DEBSAN(I,J),J=1,24)
16 CONTINUE
   DO 22 K=1,IK
   M=INDIC(K)-4
   PRINT 911,INDIC(K)
   JJ=0
   JG=0
   IF(M.LT.1) JJ=1-M
   IF(M.LT.1) JG=1-M
   IF(M.GT.16) JJ=M-16
   IF(M.GT.16) JG=0
   JH=9-JJ
   DO 21 JK=1,JH
   L=10-JK-JJ
   M=M+JG
   DO 19 IN=1,L
   X(IN)=0.
   Y(IN)=0.
   Z(IN)=0.
   DO 18 KL=1,JK
   DO 17 I=1,N
   X(IN)=X(IN)+DEBSAN(I,M+KL-1+IN-1)
   Y(IN)=Y(IN)+DEBSAN(I,M+KL-1+IN-1)**2
17 CONTINUE
18 CONTINUE
19 CONTINUE
   DO 20 IN=1,L
   X(IN)=X(IN)/(N*JK)
   Y(IN)=(Y(IN)/(N*JK)-X(IN)**2)**.5
   Z(IN)=Y(IN)*100/X(IN)
20 CONTINUE
   PRINT 910,(X(IN),IN=1,L)

```

```

PRINT 914,(Y(IN),IN=1,L)
PRINT 915,(Z(IN),IN=1,L)
PRINT 912
21 CONTINUE
22 CONTINUE
DO 32 K=1,IK
M=INDIC(K)-4
DO 27 I=1,N
PRINT 931,INDIC(K),IDATE(I)
JJ=0
JG=0
IF(M,LT,1) JJ=1-M
IF(M,LT,1) JG=1-M
IF(M,GT,16) JJ=M-16
IF(M,GT,16) JG=0
JH=9-JJ
DO 31 JK=1,JH
L=10-JK-JJ
M=M+JG
DO 29 IN=1,L
X(IN)=0.
Y(IN)=0.
Z(IN)=0.
DO 28 KL=1,JK
X(IN)=X(IN)+DEBRUT(I,M+KL-1+IN-1+1)
Y(IN)=Y(IN)+DEBRUT(I,M+KL-1+IN-1+1)**2
28 CONTINUE
29 CONTINUE
DO 30 IN=1,L
X(IN)=X(IN)/JK
Y(IN)=(Y(IN)/JK-X(IN)**2)**.5
Z(IN)=Y(IN)*100/X(IN)
30 CONTINUE
PRINT 910,(X(IN),IN=1,L)
PRINT 914,(Y(IN),IN=1,L)
PRINT 915,(Z(IN),IN=1,L)
PRINT 912
31 CONTINUE
27 CONTINUE
32 CONTINUE
DO 41 I=1,N
DO 40 J=2,24
DEBRUT(I,J+1)=DEBRUT(I,J)+DEBRUT(I,J+1)
40 CONTINUE
DEBRUT(I,25)=DEBRUT(I,25)/24
41 CONTINUE
PRINT 932
PRINT 933,(IDATE(I),I=1,N)
PRINT 934,(DEBRUT(I,25),I=1,N)
STOP
900 FORMAT(I5,10A7/10A7)
901 FORMAT(20F4,0)
902 FORMAT(8(I6,4X))
903 FORMAT(1H1,///,10X,10A7,///,10X,10A7//)
904 FORMAT(6X,24F5.0,F6.1)

```

ANNEXE III

Calculs pour la détermination des zones de stabilité

DEBITS BRUTS														DEBITS PARASITES												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
944	862	842	842	822	822	862	986	1118	1298	1390	1390	1298	1250	1210	1210	1160	1118	1210	1250	1210	1118	1118	1118	778	0	
1118	1030	1030	986	944	986	944	1030	1180	1250	1390	1390	1390	1342	1298	1210	1210	1210	1250	1250	1210	1210	1160	1118	848	2	
1030	1030	944	944	902	944	902	944	1030	1160	1210	1390	1342	1210	1118	1072	1072	1072	1118	1160	1160	1072	1072	986	732	7	
986	902	892	892	892	902	902	1030	1298	1534	1534	1438	1342	1342	1250	1210	1160	1072	1210	1210	1072	1118	1118	1030	818	0	
944	902	892	862	862	862	902	1030	1298	1438	1584	1298	1250	1210	1160	1072	1072	1072	1118	1118	1118	1118	1030	1030	769	0	
1030	944	902	862	902	862	944	986	1250	1390	1438	1298	1210	1160	1118	1210	1118	1072	1072	1160	1118	1072	1072	1072	770	2	
986	986	902	862	862	862	902	862	902	1072	1118	1210	1118	1210	1118	1072	1072	1072	1118	1250	1118	1072	1160	1072	700	2	
944	902	862	822	822	862	862	944	1210	1342	1390	1342	1250	1250	1210	1160	986	986	1030	1210	1250	1118	1072	1160	700	2	
939	856	856	856	856	856	888	1170	1164	1346	1308	1308	1164	1164	1164	1058	1058	1058	1126	1094	1020	988	988	988	730	5	
954	888	857	797	797	763	825	857	988	1094	1020	1236	1164	1164	1164	1058	1026	1026	1094	1058	1020	820	924	988	658	6	
1124	924	924	924	924	1058	1276	1310	1344	1400	1344	1344	1276	1276	1276	1198	1276	1276	1276	1132	1132	1132	1132	924	637	1	
1422	1124	1058	1058	1132	1132	1354	1422	1422	1504	1422	1422	1422	1422	1422	1422	1276	1354	1276	1276	1276	1276	1276	1332	1058	952	7
1178	1070	1070	1032	1032	1001	1032	1138	1354	1468	1394	1468	1436	1468	1320	1320	1094	1576	1576	1504	1422	1422	1276	1276	152	9	
924	888	825	825	825	825	825	918	1230	1344	1304	1360	1360	1416	1268	1268	1230	1268	1198	1236	1126	1198	1094	1026	856	1	
																								755	9	

DEBIT SANITAIRE THEORIQUE 324 USGPM

TABLEAU III-A-1: DEBITS BRUTS ET DEBITS PARASITES

DATE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
140978	166,0	84,0	64,0	64,0	44,0	44,0	84,0	0208,0	0340,0	0520,0	0612,0	0612,0	0520,0	0472,0	0432,0	0432,0	0382,0	0380,0	0432,0	0472,0	0432,0	0340,0	0340,0	0340,0	0340,0
160978	269,8181	8181,8137	8137,8191	8191,2149	2149,8137	8137,8401	8401,8541	8541,8493	8493,8446	8446,8361	8361,8541	8541,8541	8541,8541	8493,8493	8493,8446	8446,8361	8361,8361	8361,8361	8401,8401	8401,8401	8361,8361	8361,8361	8311,8311	8269,8269	8269,8
170978	277,2277	2191,2191	2191,2149	2149,87,0	87,0	87,0	87,0	0215,0483	0719,0719	0623,0527	0527,0527	0527,0527	0527,0527	0527,0527	0527,0527	0527,0527	0527,0527	0527,0527	0527,0527	0527,0527	0527,0527	0527,0527	0527,0527	0527,0527	0527,0527
180978	171,0	87,0	77,0	77,0	77,0	77,0	77,0	0215,0483	0719,0719	0623,0527	0527,0527	0527,0527	0527,0527	0527,0527	0527,0527	0527,0527	0527,0527	0527,0527	0527,0527	0527,0527	0527,0527	0527,0527	0527,0527	0527,0527	0527,0527
190978	175,0133	0113,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	0133,0261	0529,0669	0815,0529	0481,0441	0391,0303	0303,0303	0349,0349	0349,0349	0349,0349	0349,0349	0349,0349	0349,0349	0349,0349	0349,0349	0349,0349	0349,0349	0349,0349	0349,0349
220978	259,7173	7131,7	91,7131	7131,7	91,7131	7131,7	91,7131	7131,7173	7173,7479	7619,7667	7527,7439	7439,7389	7389,7347	7347,7301	7301,7389	7347,7347	7347,7347	7347,7347	7301,7301	7301,7301	7347,7347	7301,7301	7301,7301	7301,7301	7301,7301
230978	311,5225	5183,5143	5143,5183	5183,5143	5143,5183	5143,5183	5183,5143	5183,5143	5143,5183	5491,5399	5399,5491	5399,5399	5399,5399	5399,5399	5399,5399	5399,5399	5399,5399	5399,5399	5399,5399	5399,5399	5399,5399	5399,5399	5399,5399	5399,5399	5399,5399
240978	285,8285	8201,8161	8161,8201	8201,8161	8161,8201	8161,8201	8201,8161	8201,8161	8243,8371	8417,8371	8417,8371	8417,8371	8417,8371	8417,8371	8417,8371	8417,8371	8417,8371	8417,8371	8417,8371	8417,8371	8417,8371	8417,8371	8417,8371	8417,8371	8417,8371
260978	192,7150	7110,7	70,7	70,7	70,7	70,7	70,7	7110,7192	7458,7590	7638,7590	7498,7498	7458,7458	7408,7366	7278,7366	7408,7366	7408,7366	7408,7366	7408,7366	7408,7366	7408,7366	7408,7366	7408,7366	7408,7366	7408,7366	7408,7366
290978	208,5125	5125,5125	5125,5125	5125,5125	5125,5125	5125,5125	5125,5125	5125,5125	5433,5433	5615,5577	5577,5433	5433,5467	5467,5433	5327,5327	5395,5363	5327,5327	5327,5327	5327,5327	5395,5395	5363,5363	5289,5289	5257,5257	5257,5257	5257,5257	5257,5257
300978	295,4229	4198,4138	4138,4198	4198,4138	4138,4198	4138,4198	4198,4138	4198,4138	4329,4329	4435,4361	4577,4505	4505,4505	4505,4505	4505,4505	4505,4505	4505,4505	4505,4505	4505,4505	4505,4505	4505,4505	4505,4505	4505,4505	4505,4505	4505,4505	4505,4505
31078	86,9	86,9	86,9	86,9	86,9	86,9	86,9	86,9	86,9	86,9	86,9	86,9	86,9	86,9	86,9	86,9	86,9	86,9	86,9	86,9	86,9	86,9	86,9	86,9	86,9
51078	171,3171	3105,3105	3105,3105	3105,3105	3105,3105	3105,3105	3105,3105	3105,3105	3469,3469	3551,3469	3469,3469	3469,3469	3469,3469	3469,3469	3469,3469	3469,3469	3469,3469	3469,3469	3469,3469	3469,3469	3469,3469	3469,3469	3469,3469	3469,3469	3469,3469
71078	269,1201	1123,1123	1123,1123	1123,1123	1123,1123	1123,1123	1123,1123	1123,1123	1423,1423	1509,1497	1671,1423	1423,1423	1423,1423	1423,1423	1423,1423	1423,1423	1423,1423	1423,1423	1423,1423	1423,1423	1423,1423	1423,1423	1423,1423	1423,1423	1423,1423
111078	321,9213	9213,9175	9175,9213	9213,9175	9175,9213	9175,9213	9213,9175	9213,9175	9281,9497	9611,9537	9611,9537	9611,9537	9611,9537	9611,9537	9611,9537	9611,9537	9611,9537	9611,9537	9611,9537	9611,9537	9611,9537	9611,9537	9611,9537	9611,9537	9611,9537
121078	128,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1

DEBITS SANITAIRES (USGPM)

TABLEAU III-A-2: DEBITS SANITAIRES

DATE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
140978	-6.6	-6.3	-1.5	0.0	-1.5	0.0	3.0	9.5	10.1	13.7	7.0	0.0	-7.0	-3.7	0.0	-3.8	-3.2	7.0	3.0	-3.0	-7.0	0.0	0.0	0.0
160978	-3.8	-8.0	0.0	-4.0	-3.8	3.8	-3.8	7.8	13.7	6.4	12.8	0.0	0.0	-4.4	-4.3	-7.7	0.0	0.0	3.6	0.0	-3.6	0.0	-4.6	-3.8
170978	-6.4	0.0	-6.3	0.0	-3.1	3.1	-3.1	3.1	6.3	9.5	3.7	13.2	-3.5	0.0	-6.7	-2.4	0.0	0.0	3.4	0.0	-3.4	0.0	-6.4	0.0
180978	0.0	-5.2	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	16.7	14.7	0.0	-6.0	-6.0	0.0	-5.7	-2.5	-3.1	-5.5	8.6	0.0	-8.6	2.9	0.0	-6.3
190978	-5.6	-2.7	-1.3	-1.3	0.0	0.0	2.6	8.3	17.4	9.1	9.5	-18.6	-3.1	-2.6	-3.3	-5.7	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	-5.7	0.0
220978	-2.6	-8.4	-2.6	-2.5	2.5	-2.5	3.7	2.6	16.6	8.8	4.6	0.0	-8.4	8.4	-6.4	4.2	0.0	0.0	4.2	5.5	-2.6	-2.9	0.0	0.0
230978	-3.8	-7.9	-3.8	-3.7	0.0	0.0	-3.7	3.7	15.5	8.0	3.4	-3.4	3.4	8.4	-6.4	4.2	0.0	0.0	13.4	3.0	-4.2	3.4	6.5	-6.5
240978	-3.3	0.0	-6.2	-3.0	0.0	0.0	3.0	-3.0	16.9	9.5	3.0	-3.0	3.4	0.0	-6.5	3.2	-2.7	-5.6	5.6	2.7	-5.6	2.9	-5.6	0.0
260978	-8.1	-2.5	-2.5	-2.5	0.0	2.5	0.0	5.2	16.9	8.4	3.0	-3.0	-5.8	0.0	-2.5	3.2	-2.7	-5.6	5.6	-2.6	-6.0	2.9	-5.6	0.0
290978	-6.6	-6.8	0.0	-3.8	0.0	-2.2	4.0	23.0	8.4	14.8	-3.1	0.0	-11.7	3.8	-2.8	-8.6	-2.0	0.0	5.5	-2.6	-6.0	-2.6	0.0	0.0
300978	-2.2	-4.2	-2.0	-3.8	0.0	-2.2	4.0	2.0	8.4	6.8	-4.7	13.8	-4.6	0.0	0.0	-6.8	-2.0	0.0	4.3	-2.3	-2.4	-12.8	6.6	4.1
31078	10.8	0.0	0.0	0.0	0.0	10.8	17.6	2.7	2.7	4.5	-4.5	0.0	-5.5	0.0	0.0	-6.3	6.3	0.0	0.0	-11.6	0.0	0.0	-11.6	-5.8
51078	-6.2	0.0	-5.6	0.0	6.2	0.0	18.7	5.7	0.0	6.9	-6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	-12.3	0.0	6.6	-6.6	4.3	4.3	0.0	-12.3	0.0
71078	0.0	-4.3	-5.0	0.0	0.0	14.6	4.6	0.0	0.0	5.3	-6.8	11.1	-15.8	0.0	-5.2	-5.2	0.0	-4.6	-5.2	-4.3	4.3	0.0	-4.3	0.0
111078	-2.2	-7.5	0.0	-2.6	0.0	-2.2	2.2	7.4	15.0	7.9	-5.1	5.1	-2.2	2.2	-10.3	0.0	-15.7	-2.5	2.5	0.0	0.0	0.0	-4.7	-2.6
121078	-4.4	-2.5	-4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	21.4	7.8	-2.7	3.8	0.0	3.8	-10.2	0.0	-3.6	2.6	-4.8	2.6	-7.8	4.9	-4.9	-2.5
MOYENNE	-4.5	-4.0	-2.6	-1.5	.0	2.0	3.3	5.8	10.4	8.9	1.2	.4	-4.7	4.4	-4.5	-3.3	-1.8	4.7	2.8	4.3	-2.9	-1.5	-3.0	-2.4
EC.TYP(%)	2.8	2.8	2.2	1.6	2.1	4.5	6.2	5.5	7.0	3.0	5.5	7.9	4.6	3.8	3.2	4.6	4.4	3.1	5.0	3.8	3.9	4.2	5.2	3.0

DIFFERENCES (%)

TABLEAU III-A-3: DIFFERENCES $\Delta^1_{M,n}$

1	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	1 224.4 68.4 30.5	2 169.9 64.0 37.7	3 133.6 53.9 40.4	4 113.4 42.6 37.5	5 114.1 43.6 38.3	6 141.0 74.5 52.8	7 185.7 120.6 65.0	8 263.6 114.2 43.3	9 411.9 84.6 20.5
2	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	1-2 197.2 71.6 36.3	2-3 151.8 61.9 40.8	3-4 123.5 49.6 40.2	4-5 113.8 43.1 37.9	5-6 127.5 62.5 49.0	6-7 163.4 102.7 62.9	7-8 224.7 123.7 55.1	8-9 337.8 124.9 37.0	
3	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	1-3 176.0 72.7 41.3	2-4 139.0 59.0 42.5	3-5 120.4 47.9 39.8	4-6 122.8 57.1 46.4	5-7 146.9 90.6 61.7	6-8 196.8 116.7 59.3	7-9 287.1 142.8 49.7		
4	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	1-4 160.3 71.8 44.8	2-5 132.8 56.6 42.7	3-6 125.5 56.5 45.0	4-7 138.6 82.6 59.6	5-8 176.1 109.4 62.1	6-9 250.6 143.8 57.4			
5	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	1-5 151.1 69.6 46.1	2-6 134.4 60.7 45.2	3-7 137.6 77.7 56.5	4-8 163.6 102.8 62.8	5-9 223.3 141.1 63.2				
6	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	1-6 149.4 70.6 47.2	2-7 143.0 76.6 53.6	3-8 158.6 97.0 61.2	4-9 205.0 136.3 66.5					
7	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	1-7 154.6 80.7 52.2	2-8 160.2 93.1 58.1	3-9 194.8 130.2 66.9						
8	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	1-8 168.2 92.9 55.2	2-9 191.7 124.2 64.8							
9	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	1-9 195.3 119.7 61.3								

TABLEAU III-A-4: MOYENNES D'AMPLITUDE VARIABLE AUTOUR DE Z₁ (USGPM)

AMPLITUDE DE LA
PERIODE (HEURES)

1	PERIODE (H)	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	MOYENNE	263.6	411.9	535.9	551.2	556.	489.3	482.8	420.6	379.3
	ECART-TYPE	114.2	84.6	98.7	112.7	71.8	58.8	61.1	50.8	56.4
	C _V (%)	43.3	20.5	18.4	20.5	12.9	12.0	12.7	12.1	14.9
2	PERIODE (H)	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	
	MOYENNE	337.8	473.9	543.6	553.8	522.9	486.1	451.7	400.0	
	ECART-TYPE	124.9	110.9	106.2	94.5	73.7	60.1	64.2	57.5	
	C _V (%)	37.0	23.4	19.5	17.1	14.1	12.4	14.2	14.4	
3	PERIODE (H)	8-10	9-11	10-12	11-13	12-14	13-15	14-16		
	MOYENNE	403.8	499.7	547.9	532.3	509.5	464.3	427.6		
	ECART-TYPE	149.6	117.3	96.3	89.7	72.3	64.9	70.5		
	C _V (%)	37.0	23.5	17.6	16.8	14.2	14.0	16.5		
4	PERIODE (H)	8-11	9-12	10-13	11-14	12-15	13-16			
	MOYENNE	440.7	513.9	533.2	519.9	487.3	443.0			
	ECART-TYPE	155.0	110.5	92.0	86.1	77.8	72.9			
	C _V (%)	35.2	21.5	17.3	16.6	16.0	16.5			
5	PERIODE (H)	8-12	9-13	10-14	11-15	12-16				
	MOYENNE	463.8	509.0	523.1	500.1	465.7				
	ECART-TYPE	149.7	102.8	89.0	89.6	85.7				
	C _V (%)	32.3	20.2	17.0	17.9	18.4				
6	PERIODE (H)	8-13	9-14	10-15	11-16					
	MOYENNE	468.1	504.6	506.1	480.0					
	ECART-TYPE	139.0	97.6	92.2	96.2					
	C _V (%)	29.7	19.3	18.2	20.0					
7	PERIODE (H)	8-14	9-15	10-16						
	MOYENNE	470.2	492.6	488.0						
	ECART-TYPE	130.9	96.9	98.5						
	C _V (%)	27.8	19.7	20.2						
8	PERIODE (H)	8-15	9-16							
	MOYENNE	464.0	478.5							
	ECART-TYPE	124.8	100.1							
	C _V (%)	26.9	20.9							
9	PERIODE (H)	8-16								
	MOYENNE	454.6								
	ECART-TYPE	122.1								
	C _V (%)	26.9								

TABLEAU III-A-5: MOYENNES D'AMPLITUDE VARIABLE AUTOUR DE Z₂ (USGPM)

AMPLITUDE DE LA

PERIODE (HEURES)

1	PERIODE (H)	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	MOYENNE	482.8	420.6	379.3	351.1	337.8	376.4	374.4	334.6	313.3
	ECART-TYPE C _V (%)	61.1 12.7	50.8 12.1	56.4 14.9	51.9 14.8	64.1 19.0	66.6 17.7	81.7 21.8	54.5 16.3	58.5 18.7
2	PERIODE (H)	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	
	MOYENNE	451.7	400.0	365.2	344.4	357.1	375.4	354.5	323.9	
	ECART-TYPE C _V (%)	64.2 14.2	57.5 14.4	56.0 15.3	58.7 17.0	68.1 19.1	74.6 19.9	72.3 20.4	57.5 17.7	
3	PERIODE (H)	14-16	15-17	16-18	17-19	18-20	19-21	20-22		
	MOYENNE	427.6	383.7	356.1	355.1	362.9	361.8	340.8		
	ECART-TYPE C _V (%)	70.5 16.5	60.3 15.7	60.2 16.9	63.3 17.8	73.4 20.2	71.2 19.7	70.7 20.7		
4	PERIODE (H)	14-17	15-18	16-19	17-20	18-21	19-22			
	MOYENNE	408.5	372.2	361.2	359.9	355.8	349.7			
	ECART-TYPE C _V (%)	74.2 18.2	64.4 17.3	62.5 17.3	68.9 19.1	70.2 19.7	71.4 20.4			
5	PERIODE (H)	14-18	15-19	16-20	17-21	18-22				
	MOYENNE	394.3	373.1	363.8	354.9	347.3				
	ECART-TYPE C _V (%)	77.6 19.7	64.9 17.4	67.0 18.4	67.0 18.9	70.1 20.2				
6	PERIODE (H)	14-19	15-20	16-21	17-22					
	MOYENNE	391.4	373.3	358.9	347.9					
	ECART-TYPE C _V (%)	76.2 19.5	68.0 18.2	66.0 18.4	67.5 19.4					
7	PERIODE (H)	14-20	15-21	16-22						
	MOYENNE	388.9	367.8	352.4						
	ECART-TYPE C _V (%)	77.2 19.9	67.6 18.4	66.9 19.0						
8	PERIODE (H)	14-21	15-22							
	MOYENNE	382.1	361.0							
	ECART-TYPE C _V (%)	76.9 20.1	68.9 19.1							
9	PERIODE (H)	14-22								
	MOYENNE	374.5								
	ECART-TYPE C _V (%)	78.1 20.9								

TABLEAU III-A-6: MOYENNES D'AMPLITUDE VARIABLE AUTOUR DE Z₃ (USGPM)AMPLITUDE DE LA
PERIODE (HEURES)

1	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	15 420.6 50.8 12.1	16 379.3 56.4 14.9	17 351.1 51.9 14.8	18 337.8 64.1 19.0	19 376.4 66.6 17.7	20 374.4 81.7 21.8	21 334.6 54.5 16.3	22 313.3 58.5 18.7	23 273.2 81.0 29.6
2	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	15-16 400.0 57.5 14.4	16-17 365.2 56.0 15.3	17-18 344.4 58.7 17.0	18-19 357.1 68.1 19.1	19-20 375.4 74.6 19.9	20-21 354.5 72.3 20.4	21-22 323.9 57.5 17.7	22-23 293.3 73.4 25.0	
3	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	15-17 383.7 60.3 15.7	16-18 356.1 60.2 16.9	17-19 355.1 63.3 17.8	18-20 362.9 73.4 20.2	19-21 361.8 71.2 19.7	20-22 340.8 70.7 20.7	21-23 307.0 70.4 22.0		
4	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	15-18 372.2 64.4 17.3	16-19 361.2 62.5 17.3	17-20 359.9 68.9 19.1	18-21 355.8 70.2 19.7	19-22 349.7 71.4 20.4	20-23 323.9 79.0 24.4			
5	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	15-19 373.1 64.9 17.4	16-20 363.8 67.0 18.4	17-21 354.9 67.0 18.9	18-22 347.3 70.1 20.2	19-23 334.4 79.5 23.8				
6	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	15-20 373.3 68.0 18.2	16-21 358.9 66.0 18.4	17-22 347.9 67.5 19.4	18-23 335.0 77.2 23.0					
7	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	15-21 367.8 67.6 18.4	16-22 352.4 66.9 19.0	17-23 337.3 74.3 22.0						
8	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	15-22 361.0 68.9 19.1	16-23 342.5 73.6 21.5							
9	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	15-23 351.2 75.6 21.5								

TABLEAU III-A-7: MOYENNES D'AMPLITUDE VARIABLE AUTOUR DE Z₄ (USGPM)AMPLITUDE DE LA
PERIODE (HEURES)

DATE	DEBITS BRUTS																								DEBITS PARASITES
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
90678	62	59	51	51	51	59	62	66	66	66	70	66	66	66	62	62	70	66	66	66	62	62	59	66	27.6
100678	55	51	51	51	48	48	48	51	59	62	66	70	66	62	59	62	66	66	66	66	70	62	81	84	26.4
110678	84	81	77	73	73	73	73	77	81	81	92	92	99	92	88	84	84	84	84	84	84	84	88	77	48.3
120678	77	73	70	66	66	66	73	81	84	70	70	62	62	70	73	73	73	73	73	70	62	62	62	66	35.2
130678	55	51	48	48	48	48	48	55	66	62	66	66	55	55	62	62	66	66	62	66	70	66	66	66	24.6
150678	48	48	44	44	44	44	44	44	59	62	66	55	55	59	66	55	55	51	55	55	55	55	59	62	19.5
160678	51	48	44	44	44	44	44	51	55	55	55	51	51	51	51	51	48	51	51	62	66	70	70	18.7	
170678	62	59	59	62	55	55	51	55	66	70	59	66	88	84	73	70	66	70	70	70	70	70	70	70	31.8
210678	66	59	51	51	51	48	59	59	55	73	73	70	66	62	59	48	55	62	55	55	55	55	55	55	23.5
240678	62	59	59	55	59	55	55	55	59	55	59	70	70	70	70	70	66	66	66	66	70	62	62	62	27.9
250678	62	59	59	55	55	55	55	55	59	62	70	70	70	70	70	70	66	66	66	66	66	62	62	62	28.5
280678	66	51	48	44	40	37	40	44	55	51	55	48	48	48	48	44	44	44	44	44	44	48	48	44	12.3
290678	40	37	33	33	33	33	37	40	44	51	48	48	44	44	44	40	40	40	48	44	44	44	44	44	6.8
300678	40	37	33	29	29	29	29	37	40	48	48	44	40	40	40	37	33	33	37	37	37	37	37	37	2.3

DEBIT SANITAIRE THEORIQUE 34,7 L/S

TABEAU III-B-1: DEBITS BRUTS ET DEBITS PARASITES

DATE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
90678	34.4	31.4	23.4	23.4	23.4	31.4	31.4	34.4	38.4	38.4	38.4	42.4	38.4	38.4	38.4	34.4	34.4	42.4	38.4	38.4	34.4	34.4	34.4	31.4	38.4	
100678	28.6	24.6	21.6	24.6	21.6	21.6	21.6	24.6	32.6	35.6	39.6	39.6	43.6	35.6	32.6	35.6	35.6	39.6	39.6	39.6	43.6	43.6	35.6	35.6	54.6	57.6
110678	35.7	32.7	28.7	24.7	24.7	24.7	24.7	28.7	32.7	32.7	43.7	43.7	50.7	43.7	39.7	39.7	39.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	39.7	39.7	28.7
120678	41.8	37.8	34.8	30.8	30.8	30.8	37.8	45.8	48.8	34.8	34.8	26.8	26.8	34.8	37.8	37.8	37.8	37.8	37.8	37.8	34.8	26.8	26.8	26.8	30.8	30.8
130678	30.4	26.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	30.4	41.4	37.4	30.4	41.4	30.4	30.4	37.4	37.4	41.4	41.4	37.4	37.4	41.4	45.4	41.4	41.4	41.4	41.4
150678	28.5	28.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	39.5	42.5	46.4	42.5	35.5	35.5	39.5	46.4	35.5	35.5	31.5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5	39.5	42.5	42.5
160678	32.3	29.3	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	32.3	36.3	36.3	32.3	32.3	32.3	32.3	32.3	32.3	29.3	32.3	32.3	32.3	45.3	47.3	51.3	51.3	51.3	51.3
170678	30.5	27.5	27.5	30.5	23.5	23.5	19.5	21.5	34.5	36.5	34.5	34.5	56.5	52.5	41.5	38.5	34.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5
210678	42.5	39.5	27.5	27.5	27.5	24.5	35.5	35.5	31.5	49.5	49.5	46.5	42.5	38.5	35.5	24.5	31.5	38.5	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5
240678	34.1	31.1	27.1	27.1	27.1	27.1	27.1	27.1	31.1	27.1	31.1	42.1	42.1	42.1	42.1	42.1	38.1	38.1	38.1	38.1	42.1	42.1	42.1	34.1	34.1	34.1
250678	33.5	30.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	30.5	33.5	41.5	41.5	41.5	41.5	41.5	41.5	37.5	37.5	37.5	37.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5
280678	53.7	38.7	35.7	31.7	27.7	24.7	27.7	31.7	42.7	38.7	42.7	35.7	35.7	35.7	35.7	31.7	31.7	31.7	31.7	31.7	31.7	31.7	31.7	31.7	31.7	31.7
290678	33.2	30.2	26.2	26.2	26.2	26.2	30.2	33.2	37.2	44.2	41.2	41.2	37.2	37.2	37.2	33.2	33.2	33.2	41.2	41.2	37.2	37.2	37.2	37.2	37.2	37.2
300678	37.7	34.7	30.7	26.7	26.7	26.7	26.7	34.7	37.7	45.7	45.7	41.7	37.7	37.7	37.7	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7

DEBITS SANITAIRES (L/S)

TABLEAU III-B-2: DEBITS SANITAIRES

DATE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
90678	-5.9	-4.4	-11.8	0.0	0.0	11.8	0.0	4.4	5.9	0.0	0.0	5.9	-5.9	0.0	0.0	-5.9	0.0	11.8	-5.9	0.0	-5.9	0.0	-4.4	10.3
100678	-12.0	-4.3	0.0	0.0	-3.3	0.0	0.0	3.3	8.7	3.3	4.3	0.0	4.3	-8.7	-3.3	3.3	0.0	4.3	0.0	0.0	4.3	-8.7	20.7	3.3
110678	0.0	-4.0	-5.3	-5.3	0.0	0.0	0.0	5.3	5.3	0.0	14.7	0.0	9.3	-9.3	-5.3	5.3	0.0	-5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	14.7
120678	0.0	-5.2	-3.9	-5.2	0.0	0.0	9.1	10.4	3.9	-18.2	0.0	10.4	0.0	10.4	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	-3.9	-10.4	0.0	0.0	0.0
130678	-13.4	-4.9	-3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	8.5	13.4	-4.9	4.9	0.0	-13.4	0.0	8.5	0.0	0.0	0.0	-4.9	0.0	4.9	-4.9	0.0	0.0
150678	-8.6	0.0	-4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	18.5	3.7	4.9	-4.9	-8.6	0.0	4.9	8.6	-13.6	0.0	-4.9	4.9	0.0	0.0	0.0	4.9	3.7
160678	-19.0	-5.2	-6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	12.1	6.9	0.0	0.0	0.0	-6.9	0.0	0.0	0.0	-5.2	5.2	0.0	19.0	6.9	0.0	0.0	0.0
170678	-7.3	-2.7	0.0	2.7	-6.4	0.0	-3.6	3.6	10.0	3.6	-10.0	-3.6	20.0	-3.6	-10.0	-2.7	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
210678	-4.0	-6.9	-7.9	0.0	0.0	-3.0	10.9	0.0	-4.0	17.8	0.0	-3.0	-4.0	-4.0	-3.0	-10.9	6.9	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240678	-6.9	-5.2	0.0	-6.9	6.9	-6.9	0.0	0.0	6.9	-6.9	6.9	19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-6.9	0.0	0.0	0.0	-6.9	-13.6	0.0	0.0
250678	0.0	-7.9	0.0	-10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	10.5	7.9	21.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.1
280678	-19.6	-14.7	-2.9	-3.9	-3.9	-2.9	2.9	3.9	10.8	-3.9	3.9	-6.9	0.0	0.0	-3.9	0.0	-10.5	0.0	0.0	0.0	-3.9	-3.9	3.9	-3.9
290678	0.0	-6.3	-8.3	0.0	0.0	0.0	8.3	6.3	8.3	14.6	-6.3	0.0	-8.3	0.0	0.0	-8.3	0.0	0.0	16.7	-8.3	0.0	0.0	0.0	0.0
300678	-7.5	-5.7	-7.5	-7.5	0.0	0.0	0.0	15.1	5.7	15.1	0.0	-7.5	-7.5	0.0	0.0	-5.7	-7.5	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MOYENNE	-7.4	-5.5	-4.5	-2.6	-0.5	-0.1	2.0	6.5	6.9	2.4	2.5	-0.4	-0.9	-0.7	-0.0	-3.8	-1.2	1.5	0.8	0.8	-0.1	1.7	2.2	1.8
EC.TYP(%)	5.0	2.4	2.8	2.9	2.2	3.0	3.2	4.3	3.2	7.3	6.1	5.7	6.3	3.7	3.7	3.6	3.8	3.4	4.5	4.5	4.2	3.7	4.4	3.9

DIFFERENCES (%)

TABLEAU III-B-3: DIFFERENCES $\Delta^i_{M,n}$

1	PERIODE (H)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	MOYENNE	35.5	31.3	28.1	26.6	25.9	25.8	27.3	32.0	37.0
	ECART-TYPE C _V (%)	6.5 18.4	4.0 12.8	3.9 13.7	2.6 9.8	2.7 10.3	2.6 10.1	4.9 17.9	5.8 18.1	5.2 14.0
2	PERIODE (H)	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	
	MOYENNE	33.4	29.7	27.4	26.3	25.8	26.5	29.6	34.5	
	ECART-TYPE C _V (%)	5.8 17.4	4.3 14.3	3.4 12.3	2.7 10.1	2.6 10.2	4.0 15.0	5.8 19.7	6.0 17.5	
3	PERIODE (H)	1-3	2-4	3-5	4-6	5-7	6-8	7-9		
	MOYENNE	31.7	28.7	26.9	26.1	26.3	28.3	32.1		
	ECART-TYPE C _V (%)	5.8 18.3	4.1 14.1	3.2 12.0	2.6 10.1	3.6 13.7	5.3 18.8	6.6 20.6		
4	PERIODE (H)	1-4	2-5	3-6	4-7	5-8	6-9			
	MOYENNE	30.4	28.0	26.6	26.4	27.7	30.5			
	ECART-TYPE C _V (%)	5.6 18.5	3.9 14.1	3.1 11.7	3.4 12.8	4.9 17.7	6.5 21.2			
5	PERIODE (H)	1-5	2-6	3-7	4-8	5-9				
	MOYENNE	29.5	27.6	26.7	27.5	29.6				
	ECART-TYPE C _V (%)	5.5 18.6	3.8 13.9	3.6 13.3	4.6 16.6	6.2 20.9				
6	PERIODE (H)	1-6	2-7	3-8	4-9					
	MOYENNE	28.9	27.5	27.6	29.1					
	ECART-TYPE C _V (%)	5.3 18.3	4.0 14.6	4.5 16.2	5.9 20.1					
7	PERIODE (H)	1-7	2-8	3-9						
	MOYENNE	28.7	28.2	29.0						
	ECART-TYPE C _V (%)	5.3 18.4	4.6 16.3	5.6 19.4						
8	PERIODE (H)	1-8	2-9							
	MOYENNE	29.1	29.3							
	ECART-TYPE C _V (%)	5.4 18.7	5.5 18.8							
9	PERIODE (H)	1-9								
	MOYENNE	29.9								
	ECART-TYPE C _V (%)	6.0 19.9								

TABLEAU III-B-4: MOYENNES D'AMPLITUDE VARIABLE AUTOUR DE Z₁ (L/S)

AMPLITUDE DE LA
PERIODE (HEURES)

1	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	7 27.3 4.9 17.9	8 32.0 5.8 18.1	9 37.0 5.2 14.0	10 38.5 5.9 15.3	11 39.7 5.6 14.0	12 39.2 4.8 12.2	13 39.3 7.5 19.0	14 38.6 5.2 13.5	15 38.3 3.7 9.6
2	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	7-8 29.6 5.8 19.7	8-9 34.5 6.0 17.5	9-10 37.7 5.6 14.8	10-11 39.1 5.8 14.7	11-12 39.5 5.2 13.2	12-13 39.3 6.3 16.0	13-14 39.0 6.5 16.6	14-15 38.4 4.5 11.7	
3	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	7-9 32.1 6.6 20.6	8-10 35.8 6.3 17.5	9-11 38.4 5.7 14.7	10-12 39.1 5.5 13.9	11-13 39.4 6.1 15.4	12-14 39.0 6.0 15.3	13-15 38.7 5.7 14.7		
4	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	7-10 33.7 7.0 20.8	8-11 36.8 6.3 17.2	9-12 38.6 5.5 14.2	10-13 39.2 6.0 15.4	11-14 39.2 5.9 15.0	12-15 38.8 5.5 14.1			
5	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	7-11 34.9 7.2 20.5	8-12 37.3 6.1 16.5	9-13 38.7 5.9 15.3	10-14 39.1 5.9 15.1	11-15 39.0 5.5 14.1				
6	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	7-12 35.6 7.0 19.7	8-13 37.6 6.4 17.1	9-14 38.7 5.8 15.0	10-15 38.9 5.6 14.3					
7	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	7-13 36.1 7.2 19.9	8-14 37.8 6.3 16.6	9-15 38.7 5.6 14.4						
8	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	7-14 36.4 7.0 19.3	8-15 37.8 6.0 15.9							
9	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	7-15 36.6 6.8 18.5								

TABLEAU III-B-5: MOYENNES D'AMPLITUDE VARIABLE AUTOUR DE Z₂ (L/s)AMPLITUDE DE LA
PERIODE (HEURES)

1	PERIODE (H)	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	MOYENNE	39.3	38.6	38.3	35.3	35.1	36.3	36.4	37.0	37.3
	ECART-TYPE C _V (%)	7.5 19.0	5.2 13.5	3.7 9.6	4.2 12.0	3.4 9.8	3.7 10.2	2.9 7.9	3.2 8.7	5.4 14.5
2	PERIODE (H)	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	
	MOYENNE	39.0	38.4	36.8	35.2	35.7	36.4	36.7	37.1	
	ECART-TYPE C _V (%)	6.5 16.6	4.5 11.7	4.2 11.5	3.9 11.0	3.6 10.2	3.3 9.1	3.1 8.3	4.5 12.0	
3	PERIODE (H)	13-15	14-16	15-17	16-18	17-19	18-20	19-21		
	MOYENNE	38.7	37.4	36.2	35.6	35.9	36.6	36.9		
	ECART-TYPE C _V (%)	5.7 14.7	4.7 12.4	4.1 11.2	3.8 10.8	3.4 9.5	3.3 9.0	4.0 10.9		
4	PERIODE (H)	13-16	14-17	15-18	16-19	17-20	18-21			
	MOYENNE	37.9	36.8	36.3	35.8	36.2	36.8			
	ECART-TYPE C _V (%)	5.6 14.7	4.5 12.2	4.0 11.0	3.6 10.2	3.4 9.4	3.9 10.7			
5	PERIODE (H)	13-17	14-18	15-19	16-20	17-21				
	MOYENNE	37.3	36.7	36.3	36.0	36.4				
	ECART-TYPE C _V (%)	5.3 14.3	4.4 11.9	3.8 10.4	3.6 10.0	3.9 10.7				
6	PERIODE (H)	13-18	14-19	15-20	16-21					
	MOYENNE	37.2	36.7	36.4	36.2					
	ECART-TYPE C _V (%)	5.1 13.7	4.1 11.3	3.7 10.2	4.0 11.0					
7	PERIODE (H)	13-19	14-20	15-21						
	MOYENNE	37.0	36.7	36.5						
	ECART-TYPE C _V (%)	4.9 13.1	4.0 11.0	4.0 11.0						
8	PERIODE (H)	13-20	14-21							
	MOYENNE	37.0	36.8							
	ECART-TYPE C _V (%)	4.7 12.6	4.2 11.5							
9	PERIODE (H)	13-21								
	MOYENNE	37.1								
	ECART-TYPE C _V (%)	4.8 12.9								

TABLEAU III-B-6: MOYENNES D'AMPLITUDE VARIABLE AUTOUR DE Z₃ (L/S)

AMPLITUDE DE LA
PERIODE (HEURES)

1	PERIODE (H)	17	18	19	20	21	22	23	24
	MOYENNE	35.1	36.3	36.4	37.0	37.3	35.8	37.8	38.6
	ECART-TYPE	3.4	3.7	2.9	3.2	5.4	5.4	7.2	7.8
	C _V (%)	9.8	10.2	7.9	8.7	14.5	15.0	19.1	20.2
2	PERIODE (H)	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	
	MOYENNE	35.7	36.4	36.7	37.1	36.6	36.8	38.2	
	ECART-TYPE	3.6	3.3	3.1	4.5	5.5	6.5	7.5	
	C _V (%)	10.2	9.1	8.3	12.0	14.9	17.5	19.7	
3	PERIODE (H)	17-19	18-20	18-21	20-22	21-23	22-24		
	MOYENNE	35.9	36.6	36.9	36.7	37.0	37.4		
	ECART-TYPE	3.4	3.3	4.0	4.8	6.1	7.0		
	C _V (%)	9.5	9.0	10.9	13.1	16.6	18.6		
4	PERIODE (H)	17-20	18-21	19-22	20-23	21-24			
	MOYENNE	36.2	36.8	36.6	37.0	37.4			
	ECART-TYPE	3.4	3.9	4.4	5.5	6.6			
	C _V (%)	9.4	10.7	12.1	15.0	17.7			
5	PERIODE (H)	17-21	18-22	19-23	20-24				
	MOYENNE	36.4	36.6	36.9	37.3				
	ECART-TYPE	3.9	4.3	5.1	6.1				
	C _V (%)	10.7	11.7	13.9	16.3				
6	PERIODE (H)	17-22	18-23	19-24					
	MOYENNE	36.3	36.8	37.2					
	ECART-TYPE	4.2	4.9	5.7					
	C _V (%)	11.6	13.4	15.3					
7	PERIODE (H)	17-23	18-24						
	MOYENNE	36.5	37.0						
	ECART-TYPE	4.8	5.5						
	C _V (%)	13.1	14.7						
8	PERIODE (H)	17-24							
	MOYENNE	36.8							
	ECART-TYPE	5.3							
	C _V (%)	14.4							
9	PERIODE (H)								
	MOYENNE								
	ECART-TYPE								
	C _V (%)								

TABLEAU III-B-7: MOYENNES D'AMPLITUDE VARIABLE AUTOUR DE Z₄ (L/S)

AMPLITUDE DE LA
PERIODE (HEURES)

DATE	DEBITS BRUTS																								DEBITS PARASITES		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
30578	218	208	199	194	199	199	208	218	222	236	236	232	227	227	218	213	213	218	227	232	236	232	222	218	165.2		
40578	213	208	204	204	204	204	208	227	232	236	236	232	227	222	218	218	218	218	222	227	222	222	218	218	165.3		
50578	208	199	194	194	194	199	204	222	232	227	227	222	222	222	218	218	218	218	222	222	222	218	213	208	160.7		
60578	208	204	199	190	185	185	194	190	194	208	218	222	232	259	236	222	222	218	218	218	218	218	218	213	204	157.7	
70578	204	204	194	194	190	185	176	176	185	194	204	218	218	222	213	204	199	199	199	204	204	204	204	204	208	146.6	
80578	199	194	181	176	176	176	176	194	213	222	227	232	232	227	227	227	227	222	222	232	236	236	232	227	159.8		
100578	255	241	227	218	218	213	213	227	241	241	241	236	236	232	222	222	227	222	236	236	236	236	232	227	177.6		
110578	227	218	204	204	204	204	204	222	232	232	241	245	241	236	241	222	218	222	236	236	236	227	236	232	171.9		
120578	227	218	204	199	199	199	208	227	241	241	245	259	236	245	245	236	232	232	236	236	241	241	241	232	176.2		
130578	227	222	218	218	218	213	213	218	218	227	241	250	255	255	259	245	245	241	241	241	241	241	241	241	236	180.6	
140578	232	227	218	213	208	208	208	208	213	222	236	241	245	255	241	236	236	236	236	236	236	236	236	236	236	175.5	
150578	236	222	213	204	204	204	204	208	232	236	236	236	236	232	227	227	227	227	232	250	278	282	264	250	178.4		
160578	250	236	227	222	218	209	204	222	232	250	250	241	232	236	227	222	222	227	227	227	227	227	232	232	175.6		
180578	222	218	204	194	204	208	213	222	241	241	236	236	232	227	227	222	222	222	227	227	227	227	232	232	170.1		

DEBIT SANITAIRE THEORIQUE 53,6 L/S

TABEAU III-C-1: DEBITS BRUTS ET DEBITS PARASITES

DATE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
30578	52.8	42.8	33.8	28.8	33.8	33.8	42.8	52.8	56.8	70.8	70.8	66.8	61.8	61.8	52.8	47.8	47.8	52.8	61.8	66.8	70.8	66.8	66.8	56.8	52.8
40578	47.5	42.5	38.5	38.5	38.5	38.5	42.5	61.5	66.5	70.5	70.5	66.5	61.5	56.5	52.5	52.5	52.5	52.5	56.5	61.5	66.5	70.5	66.5	66.5	56.5
50578	47.3	38.3	33.3	33.3	33.3	38.3	43.3	61.3	71.3	66.3	66.3	66.3	61.3	61.3	57.3	57.3	57.3	57.3	57.3	61.3	61.3	61.3	57.3	57.3	52.3
60578	50.3	46.3	41.3	32.3	32.3	27.3	27.3	32.3	36.3	50.3	60.3	64.3	74.3	101.3	78.3	64.3	64.3	60.3	60.3	60.3	60.3	60.3	60.3	60.3	55.3
70578	57.4	57.4	47.4	47.4	43.4	38.4	29.4	29.4	38.4	47.4	57.4	71.4	71.4	75.4	66.4	57.4	52.4	52.4	52.4	57.4	61.4	61.4	57.4	57.4	61.4
80578	39.2	34.2	21.2	16.2	16.2	16.2	16.2	34.2	53.2	62.2	67.2	72.2	76.2	72.2	67.2	67.2	67.2	62.2	62.2	72.2	76.2	76.2	72.2	72.2	67.2
100578	77.4	63.4	49.4	40.4	40.4	35.4	35.4	49.4	63.4	63.4	63.4	58.4	58.4	58.4	54.4	44.4	44.4	44.4	58.4	58.4	58.4	58.4	58.4	54.4	49.4
110578	55.1	46.1	32.1	32.1	32.1	32.1	32.1	50.1	60.1	60.1	69.1	73.1	69.1	64.1	69.1	50.1	46.1	50.1	64.1	64.1	64.1	64.1	64.1	60.1	55.1
120578	50.8	41.8	27.8	22.8	22.8	22.8	31.8	50.8	64.8	64.8	68.8	78.8	59.8	68.8	68.8	59.8	55.8	55.8	59.8	59.8	64.8	64.8	64.8	64.8	55.8
130578	46.4	41.4	37.4	37.4	37.4	32.4	32.4	37.4	37.4	46.4	60.4	69.4	74.4	74.4	74.4	64.4	64.4	60.4	60.4	60.4	60.4	60.4	60.4	60.4	55.4
140578	56.5	51.5	42.5	37.5	32.5	32.5	32.5	32.5	37.5	46.5	60.5	65.5	69.5	79.5	65.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5
150578	57.6	43.6	34.6	25.6	25.6	25.6	25.6	29.6	53.6	57.6	57.6	57.6	57.6	53.6	48.6	48.6	48.6	48.6	53.6	53.6	53.6	53.6	53.6	53.6	60.5
160578	74.4	60.4	51.4	46.4	42.4	32.4	28.4	46.4	56.4	74.4	74.4	74.4	56.4	60.4	51.4	46.4	46.4	46.4	51.4	51.4	51.4	51.4	51.4	51.4	56.4
180578	51.9	47.9	33.9	23.9	33.9	37.9	42.9	51.9	70.9	70.9	65.9	65.9	61.9	56.9	56.9	51.9	51.9	51.9	56.9	56.9	61.9	61.9	61.9	61.9	56.9

DEBITS SANITAIRES (L/S)

TABLEAU III-C-2: DEBITS SANITAIRES

DATE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
30578	-12.2	-6.8	-6.1	-3.4	3.4	0.0	6.1	6.8	2.7	9.5	0.0	-2.7	-3.4	0.0	-6.1	-3.4	0.0	3.4	6.1	3.4	2.7	-2.7	-6.8	-2.7
40578	-6.1	-6.1	-4.9	0.0	0.0	0.0	4.9	23.2	6.1	4.9	0.0	-4.9	-4.9	-6.1	-4.9	0.0	0.0	0.0	4.9	6.1	-6.1	0.0	-4.9	0.0
50578	-10.6	-9.6	-5.3	0.0	0.0	5.3	5.3	19.1	10.6	-5.3	0.0	0.0	-5.3	0.0	-4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	0.0	-4.3	-5.3	-5.3
60578	0.0	-2.6	-3.3	-5.9	0.0	-3.3	0.0	3.3	2.6	9.2	6.6	2.6	6.6	17.6	-15.1	-9.2	0.0	-2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	-3.3	-5.9
70578	0.0	0.0	-8.8	0.0	-3.5	-4.4	-7.9	0.0	7.9	7.9	8.8	12.3	0.0	3.5	-7.9	-7.9	-4.4	0.0	0.0	4.4	3.5	-3.5	0.0	3.5
80578	-7.0	-3.9	-10.1	-3.9	0.0	0.0	0.0	14.0	14.7	7.0	3.9	3.9	3.1	-3.1	-3.9	0.0	0.0	-3.9	0.0	7.0	3.1	0.0	0.0	-3.1
100578	16.7	-9.3	-9.3	-6.0	0.0	-3.3	0.0	9.3	9.3	0.0	0.0	-3.3	0.0	0.0	-2.7	-6.7	-2.7	-2.7	9.3	0.0	0.0	0.0	-2.7	-3.3
110578	0.0	-6.2	-9.6	0.0	0.0	0.0	0.0	12.3	6.8	0.0	6.2	2.7	-2.7	-3.4	-13.0	0.0	0.0	-2.7	2.7	0.0	-4.2	0.0	0.0	-2.7
120578	0.0	-6.3	-9.8	-3.5	0.0	0.0	6.3	13.3	9.8	0.0	2.8	7.0	-1.3	6.3	0.0	-6.3	-2.8	0.0	2.8	0.0	3.5	0.0	0.0	-6.3
130578	-6.3	-5.3	-5.0	0.0	0.0	-6.3	0.0	6.3	0.0	11.3	17.5	11.3	6.3	0.0	0.0	-12.5	0.0	-5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140578	-4.3	-5.3	-9.6	-5.3	-5.3	0.0	0.0	0.0	5.3	9.6	14.9	5.3	4.3	10.6	-14.9	-5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
150578	0.0	-8.8	-5.6	-5.6	0.0	0.0	0.0	2.5	15.0	2.5	0.0	0.0	0.0	-2.5	-3.1	0.0	0.0	0.0	3.1	11.3	17.5	2.5	-11.3	-8.8
160578	0.0	-9.6	-6.2	-3.4	-2.7	-6.8	-2.7	12.3	6.8	12.3	0.0	-6.2	-6.2	2.7	-6.2	-3.4	0.0	0.0	3.4	0.0	0.0	3.4	-2.7	-2.7
180578	-8.4	-3.4	-11.6	-8.4	8.4	3.4	4.2	7.6	16.0	0.0	-4.2	0.0	-3.4	-4.2	0.0	-4.2	0.0	0.0	4.2	0.0	4.2	0.0	0.0	-4.2
MOYENNE	-5.2	-6.0	-7.5	-3.2	0	-1.1	1.2	9.3	8.1	4.9	4.0	2.0	-1.4	1.5	-4.7	-5.1	0.5	-0.6	3.1	2.7	1.6	0.1	-2.7	-3.5
EC. TYP (M)	5.7	2.8	2.5	2.8	3.1	3.3	3.8	6.8	4.8	5.3	6.1	5.2	5.4	6.3	5.2	4.4	1.8	2.3	3.4	3.6	5.5	2.6	3.5	3.1

DIFFERENCES (%)

TABLEAU III-C-3: DIFFERENCES $\Delta^i_{M,n}$

1	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	1 54.6 9.9 18.2	2 47.0 8.1 17.3	3 37.5 8.1 21.6	4 33.0 8.7 26.2	5 33.2 7.3 22.0	6 31.7 6.4 20.1	7 33.0 7.6 22.9	8 44.3 11.0 24.8	9 54.8 12.2 22.3
2	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	1-2 50.8 9.8 19.4	2-3 42.2 9.4 22.2	3-4 35.3 8.7 24.6	4-5 33.1 8.0 24.2	5-6 32.4 6.9 21.2	6-7 32.4 7.0 21.7	7-8 38.6 11.0 28.4	8-9 49.5 12.8 25.8	
3	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	1-3 46.3 11.2 24.2	2-4 39.2 10.1 25.9	3-5 34.6 8.3 24.0	4-6 32.6 7.5 23.1	5-7 32.6 7.1 21.8	6-8 36.3 10.2 28.2	7-9 44.0 13.7 31.1		
4	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	1-4 43.0 12.1 28.1	2-5 37.7 9.8 26.1	3-6 33.8 8.0 23.5	4-7 32.7 7.5 23.1	5-8 35.5 9.7 27.2	6-9 40.9 13.4 32.7			
5	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	1-5 41.1 12.0 29.2	2-6 36.5 9.6 26.2	3-7 33.7 7.9 23.4	4-8 35.0 9.5 27.2	5-9 39.4 12.8 32.5				
6	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	1-6 39.5 11.8 29.8	2-7 35.9 9.3 26.0	3-8 35.4 9.4 26.4	4-9 38.3 12.4 32.5					
7	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	1-7 38.6 11.5 29.8	2-8 37.1 10.0 27.1	3-9 38.2 11.9 31.2						
8	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	1-8 39.3 11.6 29.5	2-9 39.3 11.9 30.2							
9	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	1-9 41.0 12.6 30.8								

TABLEAU III-C-4: MOYENNES D'AMPLITUDE VARIABLE AUTOUR DE Z₁ (L/S)

AMPLITUDE DE LA
PERIODE (HEURES)

1	PERIODE (H)	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	MOYENNE	54.8	60.8	65.2	67.3	65.3	67.5	61.7	55.2	54.6
	ECART-TYPE	12.2	9.4	5.1	5.4	6.7	12.1	9.1	7.1	6.9
	C _V (%)	22.3	15.5	7.9	8.0	10.2	18.0	14.7	12.9	12.6
2	PERIODE (H)	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	
	MOYENNE	57.8	63.0	66.2	66.3	66.4	64.6	58.4	54.9	
	ECART-TYPE	11.3	7.9	5.3	6.1	9.9	11.1	8.8	7.0	
	C _V (%)	19.6	12.5	8.1	9.3	14.8	17.2	15.0	12.7	
3	PERIODE (H)	9-11	10-12	11-13	12-14	13-15	14-16	15-17		
	MOYENNE	60.3	64.4	65.9	66.7	64.8	61.4	57.2		
	ECART-TYPE	10.3	7.4	5.8	8.6	9.8	10.9	8.4		
	C _V (%)	17.1	11.5	8.9	12.9	15.2	17.7	14.6		
4	PERIODE (H)	9-12	10-13	11-14	12-15	13-16	14-17			
	MOYENNE	62.0	64.6	66.3	65.4	62.4	59.7			
	ECART-TYPE	9.8	7.3	7.9	9.0	10.1	10.5			
	C _V (%)	15.8	11.2	12.0	13.8	16.2	17.5			
5	PERIODE (H)	9-13	10-14	11-15	12-16	13-17				
	MOYENNE	62.7	65.2	65.4	63.4	60.8				
	ECART-TYPE	9.4	8.5	8.4	9.6	10.1				
	C _V (%)	14.9	13.1	12.8	15.1	16.5				
6	PERIODE (H)	9-14	10-15	11-16	12-17					
	MOYENNE	63.5	64.6	63.7	61.9					
	ECART-TYPE	10.0	8.7	9.0	9.7					
	C _V (%)	15.8	13.5	14.2	15.7					
7	PERIODE (H)	9-15	10-16	11-17						
	MOYENNE	63.2	63.3	62.4						
	ECART-TYPE	9.9	9.1	9.3						
	C _V (%)	15.7	14.4	14.9						
8	PERIODE (H)	9-16	10-17							
	MOYENNE	62.2	62.2							
	ECART-TYPE	10.0	9.3							
	C _V (%)	16.0	15.0							
9	PERIODE (H)	9-17								
	MOYENNE	61.4								
	ECART-TYPE	10.0								
	C _V (%)	16.2								

TABLEAU III-C-5: MOYENNES D'AMPLITUDE VARIABLE AUTOUR DE Z₂ (L/S)

AMPLITUDE DE LA
PERIODE (HEURES)

1	PERIODE (H)	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	MOYENNE	67.5	61.7	55.2	54.6	54.0	58.3	61.6	64.2	64.6
	ECART-TYPE	12.1	9.1	7.1	6.9	5.4	3.7	5.4	11.5	12.0
	C _v (%)	18.0	14.7	12.9	12.6	10.0	6.3	8.8	17.9	18.5
2	PERIODE (H)	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	
	MOYENNE	64.6	58.4	54.9	54.3	56.1	59.9	62.9	64.4	
	ECART-TYPE	11.1	8.8	7.0	6.2	5.1	4.9	9.1	11.7	
	C _v (%)	17.2	15.0	12.7	11.4	9.1	8.2	14.4	18.2	
3	PERIODE (H)	14-16	15-17	16-18	17-19	18-20	19-21	20-22		
	MOYENNE	61.4	57.2	54.6	55.6	57.9	61.3	63.5		
	ECART-TYPE	10.9	8.4	6.5	5.8	5.8	8.0	10.2		
	C _v (%)	17.7	14.6	11.9	10.4	10.0	13.1	16.0		
4	PERIODE (H)	14-17	15-18	16-19	17-20	18-21	19-22			
	MOYENNE	59.7	56.4	55.5	57.1	59.5	62.2			
	ECART-TYPE	10.5	7.9	6.1	6.3	8.1	9.3			
	C _v (%)	17.5	13.9	11.1	11.0	13.6	14.9			
5	PERIODE (H)	14-18	15-19	16-20	17-21	18-22				
	MOYENNE	58.6	56.7	56.7	58.5	60.5				
	ECART-TYPE	9.9	7.3	6.5	8.1	9.2				
	C _v (%)	17.0	12.8	11.4	13.9	15.3				
6	PERIODE (H)	14-19	15-20	16-21	17-22					
	MOYENNE	58.5	57.5	58.0	59.5					
	ECART-TYPE	9.2	7.2	8.0	9.2					
	C _v (%)	15.7	12.5	13.9	15.4					
7	PERIODE (H)	14-20	15-21	16-22						
	MOYENNE	59.0	58.5	58.9						
	ECART-TYPE	8.8	8.3	9.0						
	C _v (%)	14.9	14.2	15.3						
8	PERIODE (H)	14-21	15-22							
	MOYENNE	59.6	59.3							
	ECART-TYPE	9.4	9.1							
	C _v (%)	15.7	15.3							
9	PERIODE (H)	14-22								
	MOYENNE	60.2								
	ECART-TYPE	9.8								
	C _v (%)	16.3								

TABLEAU III-C-6: MOYENNES D'AMPLITUDE VARIABLE AUTOUR DE Z₃ (L/S)

AMPLITUDE DE LA
PERIODE (HEURES)

1	PERIODE (H)	18	19	20	21	22	23	24	
	MOYENNE	54.0	58.3	61.6	64.2	64.6	61.0	56.3	
	ECART-TYPE C _V (%)	5.4 10.0	3.7 6.3	5.4 8.8	11.5 17.9	12.0 18.5	8.5 13.9	6.8 12.1	
2	PERIODE (H)	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24		
	MOYENNE	56.1	59.9	62.9	64.4	62.8	58.7		
	ECART-TYPE C _V (%)	5.1 9.1	4.9 8.2	9.1 14.4	11.7 18.2	10.5 16.7	8.1 13.7		
3	PERIODE (H)	18-20	19-21	20-22	21-23	22-24			
	MOYENNE	57.9	61.3	63.5	63.3	60.7			
	ECART-TYPE C _V (%)	5.8 10.0	8.0 13.1	10.2 16.0	10.9 17.2	9.9 16.4			
4	PERIODE (H)	18-21	19-22	20-23	21-24				
	MOYENNE	59.5	62.2	62.9	61.5				
	ECART-TYPE C _V (%)	8.1 13.6	9.3 14.9	9.8 15.6	10.5 17.0				
5	PERIODE (H)	18-22	19-23	20-24					
	MOYENNE	60.5	61.9	61.6					
	ECART-TYPE C _V (%)	9.2 15.3	9.1 14.7	9.7 15.7					
6	PERIODE (H)	18-23	19-24						
	MOYENNE	60.6	61.0						
	ECART-TYPE C _V (%)	9.1 15.0	9.0 14.8						
7	PERIODE (H)	18-24							
	MOYENNE	60.0							
	ECART-TYPE C _V (%)	9.0 14.9							
8	PERIODE (H)								
	MOYENNE								
	ECART-TYPE C _V (%)								
9	PERIODE (H)								
	MOYENNE								
	ECART-TYPE C _V (%)								

TABLEAU III-C-7: MOYENNES D'AMPLITUDE VARIABLE AUTOUR DE Z₄ (L/S)

AMPLITUDE DE LA
PERIODE (HEURES)

DATE	DEBITS BRUTS																								DEBITS PARASITES	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
80978	251	232	232	232	232	232	241	270	251	299	289	280	260	251	251	251	251	260	280	280	280	280	280	280	270	201.8
90978	270	270	260	260	260	251	260	280	289	310	320	330	310	310	310	289	299	289	289	299	299	299	280	280	280	229.6
100978	270	270	251	251	251	232	232	241	251	241	299	330	341	320	320	310	289	289	280	280	280	280	270	270	251	219.8
140978	188	180	180	180	171	188	205	232	223	232	232	214	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	188	188	188	139.2
160978	214	214	205	205	205	205	196	196	214	223	223	241	232	241	232	241	232	232	232	241	232	232	232	232	232	167.8
170978	223	214	214	205	196	196	196	205	214	223	232	232	223	232	205	214	214	214	214	214	214	214	214	205	196	156.1
180978	196	188	188	180	180	188	188	196	214	232	251	260	241	232	232	232	214	214	223	232	223	223	214	214	223	158.4
200978	214	205	196	196	196	188	196	214	232	241	232	232	223	232	205	171	188	196	196	196	188	210	220	223	153.0	
210978	196	196	188	180	180	188	188	205	232	223	196	196	205	205	196	205	196	223	241	232	241	232	223	214	190.8	
230978	270	270	260	251	241	241	251	241	260	270	289	299	310	280	289	270	280	299	310	310	299	289	289	280	221.0	
240978	280	270	270	260	251	241	251	260	280	299	320	330	341	330	319	320	330	330	341	341	341	341	330	310	310	243.3
270978	180	171	163	163	171	180	163	180	188	196	205	214	196	205	205	196	196	188	196	196	196	205	196	188	134.2	
290278	214	205	205	223	223	223	223	214	223	232	241	223	214	232	232	241	214	205	214	223	232	232	223	214	159.3	
21078	251	232	232	232	232	214	228	232	251	256	270	270	270	270	270	289	270	251	251	251	270	251	251	251	190.6	
31078	251	232	232	232	232	214	214	232	270	270	270	270	251	251	251	251	251	270	289	270	251	251	251	251	190.6	
51078	251	232	232	232	232	214	214	232	270	270	270	270	251	251	251	251	251	232	232	232	232	232	251	251	186.4	
71078	270	270	251	251	251	251	251	270	270	310	310	310	330	330	330	330	310	310	310	310	310	310	289	270	230.8	
81078	270	270	251	251	251	251	251	232	251	270	289	310	310	310	310	270	289	270	270	289	270	270	270	270	216.7	

DEBIT SANITAIRE THEORIQUE 56 USGPM

TABLEAU III-E-1: DEBITS BRUTS ET DEBITS PARASITES

DATE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
80978	49.2	30.2	30.2	30.2	30.2	30.2	30.2	39.2	68.2	49.2	97.2	87.2	78.2	58.2	49.2	49.2	49.2	49.2	58.2	78.2	78.2	78.2	78.2	68.2	
90978	40.4	40.4	30.4	30.4	30.4	30.4	21.4	30.4	50.4	59.4	80.4	90.4	4100.4	80.4	80.4	59.4	69.4	69.4	59.4	69.4	69.4	69.4	69.4	50.4	50.4
100978	50.2	50.2	31.2	31.2	31.2	12.2	12.2	21.2	31.2	21.2	79.2	2110.2	21.2	2100.2	100.2	90.2	69.2	69.2	60.2	60.2	60.2	60.2	50.2	50.2	31.2
140978	48.8	40.8	40.8	40.8	31.8	40.8	31.8	48.8	65.8	65.8	83.8	92.8	74.8	56.8	56.8	56.8	56.8	56.8	56.8	56.8	56.8	56.8	48.8	48.8	
160978	46.2	46.2	37.2	37.2	37.2	37.2	28.2	28.2	46.2	55.2	92.2	73.2	64.2	73.2	64.2	73.2	55.2	55.2	64.2	64.2	64.2	64.2	55.2	64.2	
170978	66.9	57.9	57.9	48.9	39.9	39.9	39.9	39.9	48.9	57.9	66.9	75.9	75.9	66.9	75.9	48.9	57.9	57.9	57.9	57.9	57.9	57.9	48.9	39.9	
180978	37.6	29.6	29.6	21.6	21.6	29.6	29.6	37.6	55.6	73.6	92.6	6101.6	82.6	73.6	73.6	64.6	55.6	55.6	64.6	64.6	64.6	55.6	55.6	64.6	
200978	61.0	52.0	43.0	43.0	43.0	35.0	43.0	61.0	79.0	88.0	79.0	70.0	70.0	79.0	52.0	43.0	43.0	35.0	43.0	43.0	35.0	35.0	67.0	70.0	
210978	45.2	45.2	37.2	29.2	29.2	37.2	37.2	54.2	81.2	72.2	45.2	45.2	54.2	54.2	45.2	54.2	45.2	45.2	81.2	81.2	81.2	72.2	72.2	63.2	
230978	49.0	49.0	39.0	30.0	20.0	20.0	30.0	20.0	39.0	49.0	68.0	78.0	89.0	59.0	68.0	68.0	49.0	49.0	78.0	89.0	89.0	78.0	68.0	59.0	
240978	36.7	26.7	26.7	16.7	7.7	16.7	16.7	7.7	16.7	36.7	55.7	76.7	86.7	97.7	86.7	66.7	76.7	86.7	86.7	86.7	97.7	86.7	66.7	66.7	
270978	45.8	36.8	28.8	28.8	36.8	45.8	28.8	45.8	53.8	61.8	70.8	79.8	61.8	70.8	70.8	61.8	61.8	61.8	61.8	61.8	79.8	79.8	61.8	53.8	
290278	54.7	45.7	45.7	28.7	36.7	20.7	20.7	54.7	63.7	63.7	72.7	81.7	63.7	54.7	72.7	72.7	81.7	54.7	45.7	54.7	63.7	72.7	63.7	54.7	
21078	50.4	41.4	32.4	37.4	32.4	23.4	37.4	41.4	60.4	65.4	79.4	79.4	79.4	79.4	41.4	60.4	60.4	60.4	60.4	79.4	79.4	60.4	60.4	60.4	
31078	52.8	33.8	33.8	33.8	33.8	15.8	33.8	52.8	52.8	52.8	52.8	71.8	71.8	90.8	71.8	52.8	52.8	71.8	90.8	90.8	71.8	52.8	52.8	45.8	
51078	64.6	45.6	45.6	45.6	45.6	27.6	27.6	45.6	83.6	83.6	83.6	83.6	83.6	64.6	64.6	45.6	45.6	45.6	45.6	45.6	45.6	45.6	45.6	45.6	
71078	39.2	39.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	39.2	39.2	79.2	79.2	99.2	99.2	99.2	79.2	58.2	58.2	79.2	79.2	79.2	58.2	58.2	39.2	
81078	53.3	53.3	34.3	34.3	34.3	34.3	34.3	15.3	34.3	53.3	72.3	93.3	93.3	93.3	93.3	93.3	72.3	53.3	53.3	53.3	53.3	53.3	53.3	53.3	

DEBITS SANITAIRES (USGPM)

TABLEAU III-E-2: DEBITS SANITAIRES

DATE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
80978	-8.3	-8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	12.6	-8.3	20.9	-4.3	-3.9	-8.7	-3.9	0.0	0.0	0.0	3.9	8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	-4.3
90978	0.0	0.0	-5.3	0.0	0.0	0.0	-4.8	4.8	10.6	4.8	11.2	5.3	5.3	-10.6	0.0	11.2	5.3	0.0	-5.3	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100978	-3.7	0.0	-7.1	0.0	0.0	-7.1	0.0	3.4	3.7	-3.7	21.7	11.6	4.1	-7.9	0.0	-3.7	-7.9	0.0	-3.4	0.0	0.0	-3.7	0.0	0.0	-7.1
140978	-4.3	-4.3	0.0	0.0	-4.9	4.9	-4.9	9.2	9.2	14.7	-4.9	4.9	-9.8	-9.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	-4.9	-4.3	0.0	0.0	0.0
160978	0.0	0.0	-4.5	0.0	0.0	0.0	-4.5	0.0	9.0	4.5	18.5	-9.5	-4.5	4.5	-4.5	4.5	-9.0	4.5	0.0	4.5	-4.5	0.0	-4.5	0.0	0.0
170978	-6.3	-6.3	0.0	-6.3	-6.3	0.0	0.0	0.0	6.3	6.3	6.3	6.3	0.0	-6.3	6.3	6.3	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-6.3	-6.3	-6.3
180978	0.0	-4.3	0.0	-4.3	0.0	4.3	0.0	4.3	9.6	9.6	10.2	4.8	4.8	-4.8	0.0	-4.8	-4.8	0.0	4.8	4.8	-4.8	0.0	0.0	0.0	4.8
200978	-3.7	-3.7	-3.7	0.0	0.0	-3.3	3.3	7.4	7.4	3.7	-3.7	0.0	-3.7	0.0	3.7	-11.1	-13.9	7.0	3.3	0.0	-3.3	0.0	4.1	4.1	1.2
210978	-11.3	0.0	-3.3	-3.3	0.0	3.3	0.0	7.1	11.3	-3.8	11.3	0.0	3.8	0.0	-3.8	3.8	11.3	3.8	7.7	3.8	-3.8	-3.8	0.0	0.0	-3.8
230978	0.0	0.0	-4.1	-3.7	-4.1	0.0	4.1	-4.1	4.1	4.1	7.7	4.1	4.3	12.2	3.7	0.0	-7.7	4.1	7.7	4.3	4.3	0.0	-4.3	-4.3	0.0
240978	0.0	-4.3	0.0	-4.3	-3.9	3.9	0.0	-3.9	3.9	8.7	8.3	9.1	4.3	4.8	-4.8	-8.7	4.3	4.3	0.0	4.4	4.4	4.4	-4.4	-4.4	-3.9
270978	-3.9	-4.4	-3.9	0.0	3.9	4.4	-8.3	8.3	3.5	0.0	3.5	3.5	-7.1	-3.5	7.1	0.0	3.5	10.6	-3.5	3.5	3.5	3.5	-3.5	-3.5	-3.9
290278	-3.5	-3.5	0.0	-6.7	3.1	-6.3	0.0	13.3	3.5	0.0	6.2	0.0	0.0	0.0	-16.6	8.4	0.0	0.0	0.0	8.4	0.0	8.4	-8.4	-8.4	8.4
21078	0.0	-4.0	-4.0	2.2	-2.2	-4.0	6.2	1.8	8.4	2.2	0.0	8.4	0.0	8.4	-8.4	-8.4	0.0	8.4	8.4	0.0	0.0	-8.4	-8.4	-8.4	0.0
31078	0.0	-8.4	0.0	0.0	0.0	-8.0	8.0	8.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.1	0.0	-10.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.1	0.0	0.0	0.0
51078	-10.1	-10.1	0.0	0.0	0.0	-9.6	0.0	9.6	20.2	0.0	0.0	0.0	0.0	10.1	0.0	-10.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.1	0.0	0.0	0.0
71078	-8.7	0.0	-8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.7	0.0	18.3	0.0	9.1	0.0	0.0	-9.1	-9.6	9.6	0.0	0.0	0.0	-9.6	0.0	0.0	-8.7
81078	0.0	0.0	-8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	-8.2	8.2	8.2	8.2	9.1	0.0	0.0	0.0	-17.2	8.2	-8.2	0.0	8.2	-8.2	0.0	0.0	0.0	0.0
MOYENNE	-3.5	-3.4	-2.9	-1.5	-0.8	-1.0	-0.1	3.6	8.0	3.0	7.0	3.2	-0.9	-2.9	-1.2	-5.0	-1.6	1.5	1.3	3.7	-1.7	-2.5	-2.0	-1.8	
EC.TYP(%)	3.4	2.9	2.7	2.2	2.3	3.9	3.4	4.9	3.9	4.8	7.9	4.5	4.9	5.4	4.8	6.5	5.4	5.0	3.2	2.7	3.1	5.0	3.0	4.2	

DIFFERENCES (%)

TABLEAU III-E-3: DIFFERENCES $\Delta^i_{M,n}$

1	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	2 42.4 8.4 19.9	3 35.8 8.4 23.6	4 32.7 8.3 25.5	5 31.2 8.9 28.6	6 28.7 9.5 32.9	7 29.1 8.0 27.6	8 36.9 15.0 40.6	9 53.9 17.6 32.6	10 59.7 17.7 29.6
2	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	2-3 39.1 9.1 23.2	3-4 34.2 8.5 24.9	4-5 31.9 8.7 27.1	5-6 30.0 9.3 31.0	6-7 28.9 8.8 30.3	7-8 33.0 12.6 38.3	8-9 45.4 18.4 40.6	9-10 56.8 17.9 31.5	
3	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	2-4 37.0 9.3 25.3	3-5 33.2 8.8 26.4	4-6 30.9 9.1 29.4	5-7 29.7 8.9 30.0	6-8 31.6 11.8 37.5	7-9 39.9 17.5 43.8	8-10 50.2 19.4 38.6		
4	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	2-5 35.5 9.6 26.9	3-6 32.1 9.2 28.6	4-7 30.4 8.8 29.1	5-8 31.5 11.2 35.5	6-9 37.1 16.6 44.7	7-10 44.9 19.5 43.5			
5	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	2-6 34.2 9.9 29.1	3-7 31.5 9.0 28.7	4-8 31.7 10.7 33.7	5-9 36.0 15.6 43.3	6-10 41.7 19.1 45.9				
6	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	2-7 33.3 9.8 29.5	3-8 32.4 10.5 32.3	4-9 35.4 14.7 41.4	5-10 39.9 18.2 45.7					
7	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	2-8 33.8 10.8 31.9	3-9 35.5 13.9 39.3	4-10 38.9 17.4 44.6						
8	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	2-9 36.3 13.6 37.4	3-10 38.5 16.5 43.0							
9	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	2-10 36.9 15.9 40.8								

TABLEAU III-E-4: MOYENNES D'AMPLITUDE VARIABLE AUTOUR DE Z₁ (USGPM)

AMPLITUDE DE LA
PERIODE (HEURES)

1	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _v (%)	8 36.9 15.0 40.6	9 53.9 17.6 32.6	10 59.7 17.7 29.6	11 75.1 13.4 17.9	12 82.2 13.3 16.1	13 80.6 15.9 19.7	14 74.6 15.5 20.7	15 71.8 16.5 22.9	16 61.6 11.4 18.6
2	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _v (%)	8-9 45.4 18.4 40.6	9-10 56.8 17.9 31.5	10-11 67.4 17.5 25.9	11-12 78.6 13.8 17.6	12-13 81.4 14.6 18.0	13-14 77.6 15.9 20.5	14-15 73.2 16.0 21.9	15-16 66.7 15.1 22.6	
3	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _v (%)	8-10 50.2 19.4 38.6	9-11 62.9 18.6 29.6	10-12 72.3 17.6 24.4	11-13 79.3 14.6 18.4	12-14 79.1 15.3 19.3	13-15 75.7 16.3 21.6	14-16 69.3 15.6 22.6		
4	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _v (%)	8-11 56.4 21.1 37.3	9-12 67.7 19.3 28.6	10-13 74.4 17.6 23.6	11-14 78.1 14.9 19.1	12-15 77.3 15.9 20.5	13-16 72.2 16.4 22.8			
5	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _v (%)	8-12 61.5 22.3 36.2	9-13 70.3 19.4 27.6	10-14 74.4 17.2 23.1	11-15 76.8 15.5 20.1	12-16 74.2 16.3 22.0				
6	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _v (%)	8-13 64.7 22.5 34.7	9-14 71.0 18.9 26.6	10-15 74.0 17.1 23.1	11-16 74.3 15.9 21.4					
7	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _v (%)	8-14 66.1 21.9 33.1	9-15 71.1 18.5 26.1	10-16 72.2 17.0 23.5						
8	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _v (%)	8-15 66.8 21.4 32.0	9-16 69.9 18.1 25.9							
9	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _v (%)	8-16 66.3 20.3 31.1								

TABLEAU III-E-5: MOYENNES D'AMPLITUDE VARIABLE AUTOUR DE Z₂ (USGPM)

AMPLITUDE DE LA
PERIODE (HEURES)

1	PERIODE (H)	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	MOYENNE	80.6	74.6	71.8	61.6	57.5	60.8	63.7	71.7	68.2
	ECART-TYPE C _V (%)	15.9 19.7	15.5 20.7	16.5 22.9	11.4 18.6	14.0 24.3	12.1 19.9	13.7 21.4	14.9 20.8	15.2 22.3
2	PERIODE (H)	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	
	MOYENNE	77.6	73.2	66.7	59.6	59.1	62.2	67.7	69.9	
	ECART-TYPE C _V (%)	15.9 20.5	16.0 21.9	15.1 22.6	12.9 21.7	13.2 22.3	13.0 20.9	14.9 21.9	15.2 21.7	
3	PERIODE (H)	13-15	14-16	15-17	16-18	17-19	18-20	19-21		
	MOYENNE	75.7	69.3	63.6	60.0	60.7	65.4	67.9		
	ECART-TYPE C _V (%)	16.3 21.6	15.6 22.6	15.3 24.1	12.7 21.1	13.5 22.3	14.4 22.0	15.0 22.1		
4	PERIODE (H)	13-16	14-17	15-18	16-19	17-20	18-21			
	MOYENNE	72.2	66.4	62.9	60.9	63.4	66.1			
	ECART-TYPE C _V (%)	16.4 22.8	16.1 24.2	14.7 23.3	13.0 21.4	14.7 23.1	14.6 22.1			
5	PERIODE (H)	13-17	14-18	15-19	16-20	17-21				
	MOYENNE	69.2	65.3	63.1	63.1	64.4				
	ECART-TYPE C _V (%)	17.0 24.6	15.5 23.8	14.5 22.9	14.1 22.4	14.9 23.2				
6	PERIODE (H)	13-18	14-19	15-20	16-21					
	MOYENNE	67.8	65.0	64.5	63.9					
	ECART-TYPE C _V (%)	16.6 24.5	15.3 23.5	14.9 23.1	14.4 22.6					
7	PERIODE (H)	13-19	14-20	15-21						
	MOYENNE	67.2	66.0	65.0						
	ECART-TYPE C _V (%)	16.3 24.2	15.4 23.3	15.0 23.0						
8	PERIODE (H)	13-20	14-21							
	MOYENNE	67.8	66.2							
	ECART-TYPE C _V (%)	16.2 23.9	15.4 23.2							
9	PERIODE (H)	13-21								
	MOYENNE	67.8								
	ECART-TYPE C _V (%)	16.1 23.7								

TABLEAU III-E-6: MOYENNES D'AMPLITUDE VARIABLE AUTOUR DE Z₃ (USGPM)

AMPLITUDE DE LA
PERIODE (HEURES)

1	PERIODE (H)	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	MOYENNE	61.6	57.5	60.8	63.7	71.7	68.2	62.9	58.7	54.8
	ECART-TYPE	11.4	14.0	12.1	13.7	14.9	15.2	10.8	9.3	10.6
	C _V (%)	18.6	24.3	19.9	21.4	20.8	22.3	17.3	15.9	19.4
2	PERIODE (H)	16-17	19-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	
	MOYENNE	59.6	59.1	62.2	67.7	69.9	65.5	60.8	56.7	
	ECART-TYPE	12.9	13.2	13.0	14.9	15.2	13.5	10.4	10.2	
	C _V (%)	21.7	22.3	20.9	21.9	21.7	20.6	17.0	17.9	
3	PERIODE (H)	16-18	17-19	18-20	19-21	20-22	21-23	22-24		
	MOYENNE	60.0	60.7	65.4	67.9	67.6	63.3	58.8		
	ECART-TYPE	12.7	13.5	14.4	15.0	14.3	12.7	10.8		
	C _V (%)	21.1	22.3	22.0	22.1	21.1	20.0	18.4		
4	PERIODE (H)	16-19	17-20	18-21	19-22	20-23	21-24			
	MOYENNE	60.9	63.4	66.1	66.6	65.4	61.1			
	ECART-TYPE	13.0	14.7	14.6	14.2	13.8	12.7			
	C _V (%)	21.4	23.1	22.1	21.3	21.0	20.8			
5	PERIODE (H)	16-20	17-21	18-22	19-23	20-24				
	MOYENNE	63.1	64.4	65.5	65.0	63.3				
	ECART-TYPE	14.1	14.9	14.0	13.8	13.9				
	C _V (%)	22.4	23.2	21.4	21.2	21.9				
6	PERIODE (H)	16-21	17-22	18-23	19-24					
	MOYENNE	63.9	64.1	64.3	63.3					
	ECART-TYPE	14.4	14.3	13.6	13.8					
	C _V (%)	22.6	22.3	21.1	21.8					
7	PERIODE (H)	16-22	17-23	18-24						
	MOYENNE	63.8	63.4	63.0						
	ECART-TYPE	14.0	13.9	13.6						
	C _V (%)	21.9	21.9	21.6						
8	PERIODE (H)	16-23	17-24							
	MOYENNE	61.3	62.3							
	ECART-TYPE	13.6	13.8							
	C _V (%)	21.5	22.1							
9	PERIODE (H)	16-24								
	MOYENNE	62.2								
	ECART-TYPE	13.5								
	C _V (%)	21.8								

TABLEAU III-E-7: MOYENNES D'AMPLITUDE VARIABLE AUTOUR DE Z₄ (USGPM)

AMPLITUDE DE LA
PERIODE (HEURES)

DATE	DEBITS BRUTS																								DEBITS PARASITES	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
120978	121	117	113	109	109	109	109	134	142	151	160	164	164	168	151	146	146	151	160	155	151	142	134	134	89	2
130978	134	117	113	109	109	109	113	129	146	151	160	160	164	160	168	160	160	164	177	168	168	168	142	142	95	5
160978	134	125	117	117	117	117	117	125	125	142	168	160	160	160	160	151	142	151	151	160	151	142	142	142	90	7
170978	134	134	125	125	125	125	125	125	134	142	151	177	160	160	160	151	151	151	151	151	151	151	142	142	93	9
180978	142	134	125	117	117	117	117	134	151	168	168	177	177	168	160	151	151	151	160	160	142	142	142	142	96	4
190978	134	125	125	125	125	125	125	129	142	151	168	168	177	177	168	160	151	151	160	168	168	168	160	160	102	1
220978	138	134	125	121	121	117	117	129	142	151	151	151	151	151	168	164	151	151	159	155	155	151	146	151	93	6
230978	142	134	134	134	134	134	134	134	142	151	164	168	168	164	160	155	155	160	160	168	155	151	151	151	100	1
240978	142	142	142	134	134	134	134	134	142	151	168	177	173	168	160	155	151	155	160	160	160	155	151	142	100	8
270978	117	113	109	109	109	109	109	125	134	142	142	142	142	138	138	134	134	138	134	138	138	134	125	125	78	4
290978	129	125	121	117	117	117	117	134	142	142	151	151	142	142	142	138	142	142	134	142	134	134	134	125	84	1
300978	121	117	113	113	113	113	113	117	121	142	158	177	177	177	160	151	142	142	151	155	151	142	138	142	89	4
81078	158	142	142	142	142	142	142	158	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	158	158	158	158	158	142	108	2
91078	142	142	142	142	142	142	142	154	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	154	154	154	142	142	142	105	9
111078	142	134	134	134	142	151	151	164	177	177	177	177	181	185	181	177	177	177	177	177	177	177	177	177	117	0
121078	164	160	151	151	142	142	142	160	174	177	180	180	203	185	177	177	177	177	177	180	177	177	177	177	120	0

DEBIT SANITAIRE THEORIQUE 50 USGPM

TABLEAU III-F-1: DEBITS BRUTS ET DEBITS SANITAIRES

DATE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
120978	31.8	27.8	23.8	19.8	19.8	19.8	19.8	44.8	52.8	61.8	70.8	74.8	74.8	78.8	61.8	56.8	56.8	61.8	70.8	65.8	61.8	52.8	52.8	44.8	44.8
130978	38.5	21.5	17.5	13.5	13.5	13.5	17.5	33.5	50.5	55.5	64.5	64.5	68.5	64.5	64.5	64.5	64.5	68.5	81.5	72.5	72.5	72.5	72.5	46.5	46.5
160978	43.3	34.3	26.3	26.3	26.3	26.3	26.3	34.3	34.3	51.3	77.3	69.3	69.3	69.3	60.3	60.3	60.3	60.3	60.3	69.3	60.3	60.3	60.3	51.3	51.3
170978	40.5	40.5	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5	40.5	48.5	57.5	83.5	66.5	66.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	48.5	48.5
180978	45.6	37.6	28.6	20.6	20.6	20.6	20.6	37.6	54.6	63.6	80.6	80.6	80.6	71.6	63.6	54.6	54.6	54.6	54.6	63.6	63.6	63.6	63.6	45.6	45.6
190978	31.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	39.9	48.9	65.9	74.9	74.9	74.9	65.9	57.9	48.9	48.9	48.9	48.9	65.9	65.9	65.9	65.9	57.9	57.9
220978	44.4	40.4	31.4	27.4	23.4	23.4	23.4	35.4	48.4	57.4	57.4	57.4	57.4	57.4	70.4	70.4	70.4	70.4	59.9	67.9	61.4	61.4	61.4	52.4	52.4
230978	41.9	33.9	33.9	33.9	33.9	33.9	33.9	33.9	41.9	50.9	63.9	67.9	67.9	63.9	59.9	59.9	59.9	59.9	59.9	67.9	54.9	54.9	54.9	50.9	50.9
240978	41.2	41.2	41.2	33.2	33.2	33.2	33.2	33.2	41.2	50.2	67.2	76.2	72.2	67.2	59.2	54.2	54.2	54.2	54.2	59.2	59.2	59.2	59.2	50.2	50.2
270978	38.6	34.6	30.6	30.6	30.6	30.6	30.6	46.6	55.6	63.6	63.6	63.6	63.6	59.6	59.6	55.6	59.6	59.6	59.6	59.6	59.6	59.6	59.6	50.6	50.6
290978	44.9	40.9	36.9	32.9	32.9	32.9	32.9	49.9	57.9	66.9	66.9	66.9	66.9	57.9	57.9	53.9	57.9	57.9	49.9	57.9	49.9	49.9	49.9	49.9	40.9
300978	31.6	27.6	23.6	23.6	23.6	23.6	23.6	27.6	31.6	52.6	68.6	67.6	67.6	61.6	61.6	61.6	61.6	61.6	61.6	65.6	61.6	61.6	61.6	48.6	48.6
81078	49.8	33.8	33.8	33.8	33.8	33.8	49.8	59.8	59.8	59.8	59.8	59.8	59.8	59.8	59.8	59.8	59.8	49.8	49.8	49.8	49.8	49.8	49.8	49.8	33.8
91078	36.1	36.1	36.1	36.1	36.1	36.1	48.1	62.1	62.1	62.1	62.1	62.1	62.1	62.1	62.1	62.1	62.1	62.1	62.1	48.1	48.1	48.1	48.1	36.1	36.1
111078	25.0	17.0	17.0	17.0	25.0	34.0	34.0	47.0	60.0	60.0	60.0	64.0	68.0	64.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
121078	44.0	40.0	31.0	31.0	22.0	22.0	22.0	40.0	54.0	57.0	60.0	60.0	63.0	65.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	60.0	60.0	60.0	60.0	57.0	57.0

DEBITS SANITAIRES (USGPM)

TABLEAU III-F-2: DEBITS SANITAIRES

92 527

DATE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
120978	-8.9	-2.7	-2.7	-2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	17.1	5.5	6.2	6.2	2.7	0.0	2.7	-11.6	-3.4	0.0	3.4	6.2	-3.4	-2.7	-6.2	-5.3	0.0	
130978	0.0	-11.2	-2.6	-2.6	0.0	0.0	2.6	10.5	11.2	3.3	3.3	5.9	0.0	2.6	5.3	-5.3	0.0	2.6	8.6	-5.9	0.0	0.0	0.0	-17.1	0.0	
160978	0.0	-6.9	-6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	0.0	13.1	20.0	-6.2	0.0	0.0	0.0	-6.9	-6.9	0.0	6.9	0.0	0.0	-6.9	-6.9	0.0	0.0	
170978	-7.7	0.0	-8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.7	7.7	8.7	8.7	25.0	-16.3	0.0	0.0	-8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-8.7	0.0
180978	0.0	5.8	-6.5	-5.8	0.0	0.0	0.0	12.3	12.3	6.5	12.3	0.0	6.5	0.0	-6.5	-6.5	0.0	0.0	6.5	5.8	6.5	-6.5	-5.8	0.0	0.0	
190978	-5.8	-6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.3	6.5	12.3	0.0	0.0	0.0	-6.5	-5.8	-6.5	0.0	0.0	6.5	3.6	0.0	-3.6	-5.8	0.0	0.0	
220978	-3.6	-3.6	-8.1	-3.6	0.0	-3.6	0.0	10.8	11.7	8.1	8.1	0.0	4.3	0.0	-4.3	-5.3	-11.7	0.0	5.3	0.0	8.5	-13.8	-4.3	0.0	0.0	
230978	-9.6	-8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	8.0	15.0	8.0	-3.5	-4.4	-7.1	-4.4	-3.5	0.0	3.5	0.0	4.4	0.0	-4.4	0.0	0.0	
240978	-8.0	0.0	0.0	-7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	-4.3	0.0	-9.7	5.4	-9.7	0.0	
270978	-9.7	-4.3	-4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	17.2	9.7	8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-4.3	0.0	0.0	4.3	-4.3	7.3	-7.3	0.0	0.0	0.0	
290978	-11.9	-3.7	-3.7	-3.7	0.0	0.0	3.7	11.9	7.3	0.0	8.3	0.0	-8.3	0.0	0.0	-3.7	-3.7	0.0	7.3	-7.3	2.8	-2.8	-6.2	-2.8	12.8	
300978	-2.8	-2.8	-2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	2.8	14.5	11.0	13.1	0.0	0.0	-11.7	-6.2	-6.2	0.0	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
81078	0.0	-23.5	0.0	0.0	0.0	0.0	23.5	14.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
91078	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.1	26.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.9	0.0	0.0	23.1	0.0	0.0	
111078	0.0	-9.6	0.0	0.0	0.0	9.6	0.0	15.7	15.7	0.0	0.0	4.8	4.8	-4.8	-4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	9.6	-9.6	0.0	0.0	0.0	0.0	
121078	-9.9	-3.1	-6.9	0.0	-6.9	0.0	0.0	13.7	10.7	2.3	2.3	0.0	17.6	13.7	-6.1	0.0	0.0	0.0	2.3	-2.3	2.3	-2.3	0.0	0.0	-2.3	
MOYENNE	-4.9	-5.8	-3.3	-1.6	.2	.5	3.3	10.8	7.3	6.3	6.5	3.6	0.2	-2.8	-2.3	-4.1	-1.5	1.1	0.1	2.7	-4.1	-4.4	-2.3	-2.8		
EC.TYP(%)	3.6	4.7	2.5	1.9	2.4	2.3	6.3	6.0	3.8	3.9	5.3	5.8	5.4	3.2	5.3	2.2	3.0	4.0	6.7	3.5	3.9	4.8	4.1	5.4		

DIFFERENCES (%)

TABLEAU III-F-3: DIFFERENCES $\Delta^i_{M,n}$

1	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	1 39.3 6.3 16.1	2 33.1 7.4 22.3	3 29.1 6.6 22.7	4 27.1 6.6 24.4	5 27.1 6.2 22.9	6 27.4 6.5 23.6	7 29.6 9.3 31.2	8 41.1 9.6 23.5	9 49.6 9.0 18.2
2	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	1-2 36.2 7.5 20.8	2-3 31.1 7.3 23.4	3-4 28.1 6.7 23.8	4-5 27.1 6.4 23.7	5-6 27.2 6.3 23.3	6-7 28.5 8.1 28.3	7-8 35.4 11.0 31.2	8-9 45.4 10.3 22.6	
3	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	1-3 33.9 8.0 23.6	2-4 29.8 7.3 24.6	3-5 27.8 6.6 23.6	4-6 27.2 6.4 23.7	5-7 28.0 7.5 26.8	6-8 32.7 10.5 32.0	7-9 40.1 12.4 30.9		
4	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	1-4 32.2 8.2 25.5	2-5 29.1 7.2 24.6	3-6 27.7 6.5 23.6	4-7 27.8 7.3 26.3	5-8 31.3 9.9 31.6	6-9 36.9 12.5 33.8			
5	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	1-5 31.2 8.1 26.0	2-6 28.8 7.1 24.5	3-7 28.1 7.2 25.7	4-8 30.5 9.5 31.1	5-9 35.0 12.2 34.8				
6	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	1-6 30.5 8.0 26.1	2-7 28.9 7.5 25.9	3-8 30.2 9.1 30.0	4-9 33.7 11.8 35.1					
7	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	1-7 30.4 8.2 26.9	2-8 30.7 8.9 29.0	3-9 33.0 11.3 34.3						
8	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	1-8 31.7 9.0 28.6	2-9 33.0 10.9 33.0							
9	PERIODE (H) MOYENNE ECART-TYPE C _V (%)	1-9 33.7 10.7 31.7								

TABLEAU III-F-4: MOYENNES D'AMPLITUDE VARIABLE AUTOUR DE Z₁ (USGPM)

AMPLITUDE DE LA
PERIODE (HEURES)

1	PERIODE (H)	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	MOYENNE	41.1	49.6	57.4	65.4	69.6	69.6	66.3	63.3	58.3
	ECART-TYPE C _V (%)	9.6 23.5	9.0 18.2	5.2 9.1	6.4 9.8	8.8 12.6	8.6 12.3	7.6 11.4	5.5 8.6	4.9 8.4
2	PERIODE (H)	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	
	MOYENNE	45.4	53.5	61.4	67.5	69.6	68.0	64.8	60.8	
	ECART-TYPE C _V (%)	10.3 22.6	8.3 15.6	7.1 11.5	8.0 11.8	8.7 12.5	8.3 12.1	6.8 10.5	5.7 9.5	
3	PERIODE (H)	8-10	9-11	10-12	11-13	12-14	13-15	14-16		
	MOYENNE	49.4	57.5	64.1	68.2	68.5	66.4	62.6		
	ECART-TYPE C _V (%)	10.6 21.4	9.5 16.6	8.6 13.4	8.2 12.1	8.5 12.4	7.8 11.7	6.9 11.1		
4	PERIODE (H)	8-11	9-12	10-13	11-14	12-15	13-16			
	MOYENNE	53.4	60.5	65.5	67.7	67.2	64.4			
	ECART-TYPE C _V (%)	11.9 22.3	10.7 17.7	8.9 13.6	8.1 12.0	8.1 12.1	8.0 12.4			
5	PERIODE (H)	8-12	9-13	10-14	11-15	12-16				
	MOYENNE	56.6	62.3	65.7	66.8	65.4				
	ECART-TYPE C _V (%)	13.1 23.1	11.0 17.6	8.7 13.2	7.9 11.8	8.4 12.9				
6	PERIODE (H)	8-13	9-14	10-15	11-16					
	MOYENNE	58.8	63.0	65.3	65.4					
	ECART-TYPE C _V (%)	13.4 22.7	10.6 16.8	8.3 12.7	8.1 12.4					
7	PERIODE (H)	8-14	9-15	10-16						
	MOYENNE	59.9	63.0	64.3						
	ECART-TYPE C _V (%)	13.0 21.7	10.0 15.9	8.3 12.8						
8	PERIODE (H)	8-15	9-16							
	MOYENNE	60.3	62.4							
	ECART-TYPE C _V (%)	12.3 20.5	9.7 15.5							
9	PERIODE (H)	8-16								
	MOYENNE	60.1								
	ECART-TYPE C _V (%)	11.8 19.6								

TABLEAU III-F-5: MOYENNES D'AMPLITUDE VARIABLE AUTOUR DE Z₂ (USGPM)

AMPLITUDE DE LA
PERIODE (HEURES)

1	PERIODE (H)	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	MOYENNE	69.6	66.3	63.3	58.3	56.3	58.2	59.8	62.6	57.8
	ECART-TYPE C _v (%)	8.6 12.3	7.6 11.4	5.5 8.6	4.9 8.4	4.1 7.3	4.2 7.2	8.1 13.5	7.2 11.5	6.7 11.6
2	PERIODE (H)	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	
	MOYENNE	68.0	64.8	60.8	57.3	57.3	59.0	61.2	60.2	
	ECART-TYPE C _v (%)	8.3 12.1	6.8 10.5	5.7 9.5	4.6 8.1	4.3 7.4	6.5 11.0	7.8 12.7	7.3 12.2	
3	PERIODE (H)	13-15	14-16	15-17	16-18	17-19	18-20	19-21		
	MOYENNE	66.4	62.6	59.3	57.6	58.1	60.2	60.1		
	ECART-TYPE C _v (%)	7.8 11.7	6.9 11.1	5.7 9.5	4.5 7.8	5.9 10.2	6.9 11.5	7.6 12.7		
4	PERIODE (H)	13-16	14-17	15-18	16-19	17-20	18-21			
	MOYENNE	64.4	61.0	59.0	58.2	59.2	59.6			
	ECART-TYPE C _v (%)	8.0 12.4	6.9 11.3	5.4 9.1	5.7 9.8	6.6 11.1	7.0 11.7			
5	PERIODE (H)	13-17	14-18	15-19	16-20	17-21				
	MOYENNE	62.8	60.5	59.2	59.0	59.0				
	ECART-TYPE C _v (%)	8.0 12.8	6.6 10.8	6.0 10.2	6.3 10.6	6.6 11.2				
6	PERIODE (H)	13-18	14-19	15-20	16-21					
	MOYENNE	62.0	60.4	59.7	58.8					
	ECART-TYPE C _v (%)	7.7 12.5	6.8 11.3	6.3 10.6	6.4 10.8					
7	PERIODE (H)	13-19	14-20	15-21						
	MOYENNE	61.7	60.7	59.5						
	ECART-TYPE C _v (%)	7.8 12.7	6.9 11.4	6.4 10.8						
8	PERIODE (H)	13-20	14-21							
	MOYENNE	61.8	60.3							
	ECART-TYPE C _v (%)	7.7 12.5	7.0 11.6							
9	PERIODE (H)	13-21								
	MOYENNE	61.4								
	ECART-TYPE C _v (%)	7.7 12.6								

TABLEAU III-F-6: MOYENNES D'AMPLITUDE VARIABLE AUTOUR DE Z₃ (USGPM)

AMPLITUDE DE LA
PERIODE (HEURES)

1	PERIODE (H)	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	MOYENNE	58.3	56.3	58.2	59.8	62.6	57.8	53.5	50.3	48.0
	ECART-TYPE	4.9	4.1	4.2	8.1	7.2	6.7	7.4	5.6	7.4
	C _V (%)	8.4	7.3	7.2	13.5	11.5	11.6	13.9	11.2	15.3
2	PERIODE (H)	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	
	MOYENNE	57.3	57.3	59.0	61.2	60.2	55.7	51.9	49.2	
	ECART-TYPE	4.6	4.3	6.5	7.8	7.3	7.4	6.8	6.6	
	C _V (%)	8.1	7.4	11.0	12.7	12.2	13.3	13.0	13.5	
3	PERIODE (H)	16-18	17-19	18-20	19-21	20-22	21-23	22-24		
	MOYENNE	57.6	58.1	60.2	60.1	58.0	53.9	50.6		
	ECART-TYPE	4.5	5.9	6.9	7.6	8.0	7.3	7.2		
	C _V (%)	7.8	10.2	11.5	12.7	13.8	13.6	14.3		
4	PERIODE (H)	16-19	17-20	18-21	19-22	20-23	21-24			
	MOYENNE	58.2	59.2	59.6	58.4	56.1	52.4			
	ECART-TYPE	5.7	6.6	7.0	8.1	8.2	7.7			
	C _V (%)	9.8	11.1	11.7	13.8	14.6	14.8			
5	PERIODE (H)	16-20	17-21	18-22	19-23	20-24				
	MOYENNE	59.0	59.0	58.4	56.8	54.5				
	ECART-TYPE	6.3	6.6	7.5	8.3	8.7				
	C _V (%)	10.6	11.2	12.8	14.6	15.9				
6	PERIODE (H)	16-21	17-22	18-23	19-24					
	MOYENNE	58.8	58.0	57.0	55.3					
	ECART-TYPE	6.4	7.1	7.8	8.8					
	C _V (%)	10.8	12.2	13.7	15.9					
7	PERIODE (H)	16-22	17-23	18-24						
	MOYENNE	58.1	56.9	55.8						
	ECART-TYPE	6.8	7.4	8.4						
	C _V (%)	11.7	13.0	15.0						
8	PERIODE (H)	16-23	17-24							
	MOYENNE	57.1	55.8							
	ECART-TYPE	7.1	7.9							
	C _V (%)	12.5	14.2							
9	PERIODE (H)	16-24								
	MOYENNE	56.1								
	ECART-TYPE	7.7								
	C _V (%)	13.7								

TABLEAU III-F-7: MOYENNES D'AMPLITUDE VARIABLE AUTOUR DE Z₄ (USGPM)

AMPLITUDE DE LA
PERIODE (HEURES)

ANNEXE IV

Présentation succincte de la Ridge regression

I. INTRODUCTION

La régression multiple linéaire permet de déterminer une relation linéaire entre la variable dépendante Y et un ensemble de variables indépendantes X_1 , X_2 , X_3 et X_4 , lorsqu'on dispose pour toutes ces variables d'une série d'observations.

La détermination des coefficients de la régression multiple est obtenue en minimisant la somme des carrés des erreurs résiduelles, c'est-à-dire la somme des carrés des différences entre les valeurs prédites par la régression de la variable dépendante et les valeurs correspondantes observées.

Si l'on utilise cette régression dans les cas, très fréquents en pratique, où les variables dites indépendantes sont corrélées entre elles, les coefficients ont tendance à être surestimés en valeur absolue. HOERL (1970) propose une nouvelle méthode qui permet de déterminer des valeurs stables des coefficients de la régression multiple tout en conservant une erreur résiduelle faible: la Ridge regression.

II CARACTERISTIQUES GENERALES DE LA RIDGE REGRESSION

Soit le modèle matriciel:

$$Y = X \beta + \varepsilon$$

où X est une matrice (n,p) de rang p où chaque colonne de X correspond à une série de n observations pour la variable indépendante étudiée

β est un p -vecteur des coefficients de la régression

Y est un n -vecteur d'une série d'observations de la variable dépendante

avec les hypothèses:

- . $E(\varepsilon) = 0$
- . $E(\varepsilon'\varepsilon) = \sigma^2 I_n$
- . les p variables indépendantes proviennent d'une population multivariée normale.
- . les p variables indépendantes ne sont pas corrélées entre elles.

Dans le cas de la régression multiple linéaire, l'estimation de β par la méthode des moindres carrés est donnée par $\hat{\beta}$ tel que:

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1} X'Y$$

et cet estimé conduit à une valeur minimum de l'erreur résiduelle $\phi(\hat{\beta})$ avec:

$$\phi(\hat{\beta}) = (Y - X \hat{\beta})' (Y - X \hat{\beta})$$

$X'X$ est la matrice de covariance des variables indépendantes et $X'Y$ la matrice de covariance entre variables indépendantes et dépendante.

La Ridge régression conduit à un nouvel estimateur B du vecteur β , dont la somme des carrés résiduels vaut:

$$\begin{aligned}
\phi(B) &= (Y - XB)' (Y - XB) \\
&= (Y - X\hat{\beta})' (Y - X\hat{\beta}) + (B - \hat{\beta})' X'X (B - \hat{\beta}) \\
&= \phi_{\min} + \Psi(B)
\end{aligned}$$

On choisit de minimiser $\phi(B)$ sous la contrainte $B'B$ fixé, où $B'B$ est la somme des carrés des composantes du vecteur B (carré de la longueur de B).

Cela revient à minimiser :

$$F = (Y - XB)' (Y - XB) + k (B'B - R^2)$$

où k est un multiplicateur de Lagrange.

$$\frac{\partial F}{\partial B} = 0 \rightarrow B = \hat{\beta}^* = [X'X + kI]^{-1} X'Y$$

Par rapport à la régression multiple linéaire, cela revient à considérer la matrice $(X'X + kI)$ au lieu de la matrice $X'X$. On aboutit donc à un système de $p+1$ équations ($p+1$ dérivées partielles par rapport à B et à k) à $p+1$ inconnues: (soit les p coefficients de B et le multiplicateur de Lagrange k). Si l'on fixe une valeur pour k , on en déduit B .

Cette méthode permet d'obtenir des coefficients qui ne sont pas trop grands en valeur absolue, ce qui apporte une certaine stabilité dans le système.

En effet soit L_1 la distance de $\hat{\beta}$ à β :

$$L_1^2 = (\hat{\beta} - \beta)' (\hat{\beta} - \beta)$$

$$\text{on a } E(L_1^2) = \sigma^2 \text{ trace } (X'X)^{-1} = \sigma^2 \sum_{i=1}^p (1/\lambda_i) \geq \frac{\sigma^2}{\lambda_{\min}}$$

où $\lambda_{\min} \leq \dots \leq \lambda_i \leq \dots \leq \lambda_{\max}$ sont les valeurs propres de $X'X$

ce qui prouve que si $X'X$ possède une valeur propre faible et différente de 1,

$\hat{\beta}$ a tendance à s'éloigner de β .

Or $\hat{\beta}^* = (X'X + kI)^{-1} X'Y = [I + k (X'X)^{-1}]^{-1} \hat{\beta}$ montre que
 $(\hat{\beta}^*)' (\hat{\beta}^*) < \hat{\beta}' \hat{\beta}$ et que la Ridge régression diminue cet effet de surévaluation des coefficients.

Les valeurs propres de $X'X + k I$ sont $\lambda_i + k$
 Soit $P(X'X) = \frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}} = \frac{\lambda_p}{\lambda_1}$. Dans le cas où les variables indépendantes ne sont pas corrélées $P(X'X) = 1$ car $X'X = I$.

Dans le cas de la Ridge régression, on a :

$$P(X'X + k I) = \frac{\lambda_{p+k}}{\lambda_{i+k}}$$

qui est une fonction décroissante de k .

On est donc tenté de prendre k élevé. Mais si l'on considère la somme des carrés résiduelle pour $\hat{\beta}^*$ en fonction de k

$$\begin{aligned} \phi^*(k) &= (Y - X\hat{\beta}^*)' (Y - X\hat{\beta}^*) \\ &= Y'Y - (\hat{\beta}^*)' X'Y - k \hat{\beta}^*' \hat{\beta}^* \end{aligned}$$

qui augmente avec k (en valeur absolue: en effet, la valeur minimale est atteinte pour $\hat{\beta}$).

Il est donc possible de trouver un k qui améliore le système initial: une nouvelle matrice $(X'X + k I)$ qui tend vers le système défini par une matrice identité, une somme des carrés résiduelles qui, même si elle n'est pas minimale, reste faible et des coefficients qui sont stables.

ANNEXE V

Résultats de la Ridge regression

Sous-annexe A

Traitement séparé des 6 bassins

BASSIN: A

VARIABLES: $X_1 X_2 X_3$				VARIABLES: $X_1 X_2 X_4$			
k	0.1	0.2	0.3	k	0.1	0.2	0.3
Variance expliquée	98.96	98.59	98.05	Variance expliquée	97.11	96.48	95.64
Stabilité β_1	5.2	4.3	4.2	Stabilité β_1	6.0	6.0	5.1
Stabilité β_2	1.9	2.6	2.6	Stabilité β_2	6.0	5.1	4.5
Stabilité β_3	3.0	3.1	3.2	Stabilité β_4	12.4	6.1	2.9
Ecart relatif de la longueur de β	11.9	23.8	35.5	Ecart relatif de la longueur de β	5.9	13.0	20.6
VARIABLES: $X_1 X_3 X_4$				VARIABLES: $X_2 X_3 X_4$			
k	0.1	0.2	0.3	k	0.1	0.1	0.3
Variance expliquée	96.88	96.23	95.39	Variance expliquée	94.12	93.37	92.46
Stabilité β_1	5.6	5.5	5.0	Stabilité β_2	5.7	5.0	5.0
Stabilité β_3	7.3	5.9	5.2	Stabilité β_3	8.8	7.2	6.0
Stabilité β_4	16.2	8.6	3.7	Stabilité β_4	41.8	17.9	9.1
Ecart relatif de la longueur de β	4.7	11.5	18.6	Ecart relatif de la longueur de β	0.3	3.7	9.1

TABLEAU A. : CALCULS POUR LA DETERMINATION DE K (CAS DE 3 VARIABLES)

BASSIN: A

k	0.1	0.2	0.3	k	0.1	0.2	0.3
VARIABLES: $X_1 X_2$				VARIABLES: $X_1 X_3$			
Variance expliquée	96.48	95.77	94.76	Variance expliquée	96.53	95.84	94.84
Stabilité β_1	5.1	4.7	4.5	Stabilité β_1	3.5	4.1	4.0
Stabilité β_2	5.1	4.9	4.5	Stabilité β_3	6.2	5.6	4.8
Ecart relatif de la longueur de β	8.6	16.6	24.0	Ecart relatif de la longueur de β	8.3	16.5	23.8
VARIABLES: $X_1 X_4$				VARIABLES: $X_2 X_3$			
Variance expliquée	90.99	89.87	88.42	Variance expliquée	94.24	93.59	92.65
Stabilité β_1	8.7	7.6	6.7	Stabilité β_2	3.1	3.5	3.8
Stabilité β_4	2.1	0.3	1.7	Stabilité β_3	6.5	5.5	4.9
Ecart relatif de la longueur de β	1.8	4.7	8.0	Ecart relatif de la longueur de β	8.1	16.3	24.1
VARIABLES: $X_2 X_4$				VARIABLES: $X_3 X_4$			
Variance expliquée	87.33	86.01	84.47	Variance expliquée	89.10	87.52	85.78
Stabilité β_2	10.5	8.8	7.5	Stabilité β_3	11.6	9.3	7.8
Stabilité β_4	13.0	5.1	2.0	Stabilité β_4	23.8	9.4	4.1
Ecart relatif de la longueur de β	5.1	5.5	4.0	Ecart relatif de la longueur de β	9.8	12.3	12.0

TABLEAU A. : CALCULS POUR LA DETERMINATION DE K (CAS DE 2 VARIABLES)

BASSIN: A

VARIABLE X ₁		VARIABLE X ₂	
Variance expliquée	86.62%	Variance expliquée	86.89%
VARIABLE X ₃		VARIABLE X ₄	
Variance expliquée	89.67%	Variance expliquée	53.32%

TABLEAU A. : VARIANCES EXPLIQUEES DANS LE CAS D'UNE VARIABLE

BASSIN: B

VARIABLES: $X_1 X_2 X_3$				VARIABLES: $X_1 X_2 X_4$			
k	0.1	0.2	0.3	k	0.1	0.2	0.3
Variance expliquée	98.84	98.52	98.05	Variance expliquée	99.45	99.05	98.51
Stabilité β_1	3.1	3.2	3.3	Stabilité β_1	8.8	6.2	4.9
Stabilité β_2	0.7	1.4	2.1	Stabilité β_2	2.0	1.3	2.0
Stabilité β_3	6.6	4.5	4.0	Stabilité β_4	1.0	2.1	2.1
Ecart relatif de la longueur de β	7.5	19.2	31.1	Ecart relatif de la longueur de β	3.7	13.7	24.3
VARIABLES: $X_1 X_3 X_4$				VARIABLES: $X_2 X_3 X_4$			
k	0.1	0.2	0.3	k	0.1	0.1	0.3
Variance expliquée	99.13	98.74	98.20	Variance expliquée	97.91	97.47	96.93
Stabilité β_1	8.8	6.2	5.1	Stabilité β_2	4.7	4.4	4.0
Stabilité β_3	0.9	2.2	2.6	Stabilité β_3	9.5	6.1	4.7
Stabilité β_4	1.5	0.0	1.1	Stabilité β_4	10.9	2.9	0.4
Ecart relatif de la longueur de β	2.4	12.2	22.6	Ecart relatif de la longueur de β	7.1	0.7	6.5

TABLEAU B. : CALCULS POUR LA DETERMINATION DE K (CAS DE 3 VARIABLES)

BASSIN: B

k	0.1	0.2	0.3	k	0.1	0.2	0.3
VARIABLES: $X_1 X_2$				VARIABLES: $X_1 X_3$			
Variance expliquée	97.40	96.77	95.87	Variance expliquée	98.17	97.54	96.63
Stabilité β_1	6.0	5.1	4.5	Stabilité β_1	2.0	3.2	3.8
Stabilité β_2	3.3	3.8	4.0	Stabilité β_3	7.0	5.5	4.9
Ecart relatif de la longueur de β	8.6	17.2	25.5	Ecart relatif de la longueur de β	5.7	14.1	22.1
VARIABLES: $X_1 X_4$				VARIABLES: $X_2 X_3$			
Variance expliquée	98.76	97.97	96.91	Variance expliquée	97.71	97.04	96.12
Stabilité β_1	8.3	6.8	5.9	Stabilité β_2	0.0	2.6	3.2
Stabilité β_4	0.0	2.0	2.8	Stabilité β_3	8.3	6.1	5.2
Ecart relatif de la longueur de β	4.5	11.1	17.8	Ecart relatif de la longueur de β	0.6	8.0	15.4
VARIABLES: $X_2 X_4$				VARIABLES: $X_3 X_4$			
Variance expliquée	95.91	95.15	94.15	Variance expliquée	96.11	95.07	93.96
Stabilité β_2	9.0	6.8	5.8	Stabilité β_3	12.8	8.7	6.7
Stabilité β_4	1.3	1.8	2.6	Stabilité β_4	11.9	2.0	0.8
Ecart relatif de la longueur de β	2.4	8.8	15.5	Ecart relatif de la longueur de β	23.4	22.1	18.3

TABLEAU B. : CALCULS POUR LA DETERMINATION DE K (CAS DE 2 VARIABLES)

BASSIN: B

VARIABLE X ₁		VARIABLE X ₂	
Variance expliquée	94.89%	Variance expliquée	93.58%
VARIABLE X ₃		VARIABLE X ₄	
Variance expliquée	96.88%	Variance expliquée	86.25%

TABLEAU B. : VARIANCES EXPLIQUEES DANS LE CAS D'UNE VARIABLE

BASSIN: C

VARIABLES: $X_1 X_2 X_3$				VARIABLES: $X_1 X_2 X_4$			
k	0.1	0.2	0.3	k	0.1	0.2	0.3
Variance expliquée	90.03	89.01	88.05	Variance expliquée	96.30	95.72	94.90
Stabilité β_1	8.2	3.6	6.3	Stabilité β_1	5.9	5.1	4.6
Stabilité β_2	46.6	11.5	4.7	Stabilité β_2	0.0	1.0	2.0
Stabilité β_3	15.4	9.1	6.6	Stabilité β_4	6.3	5.5	5.0
Ecart relatif de la longueur de β	37.0	37.5	34.7	Ecart relatif de la longueur de β	8.6	17.3	26.0
VARIABLES: $X_1 X_3 X_4$				VARIABLES: $X_2 X_3 X_4$			
k	0.1	0.2	0.3	k	0.1	0.1	0.3
Variance expliquée	96.85	96.31	95.53	Variance expliquée	84.58	84.01	83.34
Stabilité β_1	6.2	5.6	4.9	Stabilité β_2	9.1	5.2	3.6
Stabilité β_3	2.4	2.4	2.9	Stabilité β_3	16.1	4.3	0.8
Stabilité β_4	4.4	3.8	3.9	Stabilité β_4	9.4	7.2	6.4
Ecart relatif de la longueur de β	9.6	19.1	28.2	Ecart relatif de la longueur de β	17.2	12.8	6.8

TABLEAU C. : CALCULS POUR LA DETERMINATION DE K (CAS DE 3 VARIABLES)

BASSIN: C

k	0.1	0.2	0.3	k	0.1	0.2	0.3
VARIABLES: $X_1 X_2$				VARIABLES: $X_1 X_3$			
Variance expliquée	84.15	83.37	82.27	Variance expliquée	90.59	89.69	88.42
Stabilité β_1	5.2	5.0	4.8	Stabilité β_1	5.1	4.9	4.9
Stabilité β_2	6.1	5.8	5.8	Stabilité β_3	6.6	6.0	5.7
Ecart relatif de la longueur de β	6.9	13.1	18.9	Ecart relatif de la longueur de β	6.2	11.9	17.1
VARIABLES: $X_1 X_4$				VARIABLES: $X_2 X_3$			
Variance expliquée	92.06	91.11	89.78	Variance expliquée	73.02	72.44	71.71
Stabilité β_1	5.5	5.0	5.0	Stabilité β_2	3.3	1.2	2.4
Stabilité β_4	6.4	6.1	5.7	Stabilité β_3	9.9	7.2	5.8
Ecart relatif de la longueur de β	6.0	11.4	16.4	Ecart relatif de la longueur de β	6.9	1.4	4.8
VARIABLES: $X_2 X_4$				VARIABLES: $X_3 X_4$			
Variance expliquée	84.78	84.06	83.03	Variance expliquée	82.27	81.64	80.74
Stabilité β_2	4.8	4.6	4.6	Stabilité β_3	5.4	5.0	4.8
Stabilité β_4	6.0	5.7	5.2	Stabilité β_4	4.9	4.7	4.6
Ecart relatif de la longueur de β	7.4	14.3	20.7	Ecart relatif de la longueur de β	8.3	16.0	23.2

TABLEAU C. : CALCULS POUR LA DETERMINATION DE K (CAS DE 2 VARIABLES)

BASSIN: C

VARIABLE X ₁		VARIABLE X ₂	
Variance expliquée	64.20%	Variance expliquée	68.22%
VARIABLE X ₃		VARIABLE X ₄	
Variance expliquée	72.71%	Variance expliquée	71.88%

TABLEAU C. : VARIANCES EXPLIQUEES DANS LE CAS D'UNE VARIABLE.

BASSIN: E

VARIABLES: $X_1 X_2 X_3$				VARIABLES: $X_1 X_2 X_4$			
k	0.1	0.2	0.3	k	0.1	0.2	0.3
Variance expliquée	99.09	98.75	98.28	Variance expliquée	99.74	99.43	98.95
Stabilité β_1	6.7	4.5	3.8	Stabilité β_1	2.5	2.8	2.9
Stabilité β_2	4.0	0.3	1.4	Stabilité β_2	1.9	2.3	2.6
Stabilité β_3	5.5	4.0	3.5	Stabilité β_4	5.2	4.2	3.5
Ecart relatif de la longueur de β	2.2	8.2	18.9	Ecart relatif de la longueur de β	12.2	24.8	37.3
VARIABLES: $X_1 X_3 X_4$				VARIABLES: $X_2 X_3 X_4$			
k	0.1	0.2	0.3	k	0.1	0.1	0.3
Variance expliquée	99.29	98.91	98.41	Variance expliquée	98.81	98.44	97.95
Stabilité β_1	9.5	6.3	5.0	Stabilité β_2	8.6	5.7	4.6
Stabilité β_3	0.3	1.7	2.0	Stabilité β_3	6.8	0.4	0.7
Stabilité β_4	1.8	0.7	1.4	Stabilité β_4	5.1	3.5	3.3
Ecart relatif de la longueur de β	2.5	12.4	23.2	Ecart relatif de la longueur de β	27.7	20.6	12.9

TABLEAU E. : CALCULS POUR LA DETERMINATION DE K (CAS DE 3 VARIABLES)

BASSIN: E

k	0.1	0.2	0.3	k	0.1	0.2	0.3
VARIABLES: $X_1 X_2$				VARIABLES: $X_1 X_3$			
Variance expliquée	97.66	97.04	96.15	Variance expliquée	98.96	98.32	97.41
Stabilité β_1	6.4	5.1	4.7	Stabilité β_1	5.5	4.9	4.5
Stabilité β_2	2.7	3.6	3.8	Stabilité β_3	3.6	4.0	4.2
Ecart relatif de la longueur de β	6.7	15.3	23.6	Ecart relatif de la longueur de β	9.0	17.8	26.2
VARIABLES: $X_1 X_4$				VARIABLES: $X_2 X_3$			
Variance expliquée	98.91	98.26	97.53	Variance expliquée	97.62	97.01	96.11
Stabilité β_1	6.6	5.4	4.8	Stabilité β_2	4.1	4.0	4.2
Stabilité β_4	2.2	3.4	3.8	Stabilité β_3	5.4	4.6	4.3
Ecart relatif de la longueur de β	7.3	15.7	23.8	Ecart relatif de la longueur de β	9.3	18.2	26.7
VARIABLES: $X_2 X_4$				VARIABLES: $X_3 X_4$			
Variance expliquée	98.97	98.32	97.39	Variance expliquée	96.32	95.72	94.85
Stabilité β_2	5.4	4.9	4.5	Stabilité β_3	6.8	5.2	4.8
Stabilité β_4	3.8	4.2	4.1	Stabilité β_4	2.3	3.5	3.8
Ecart relatif de la longueur de β	9.1	17.8	26.0	Ecart relatif de la longueur de β	3.9	12.3	20.4

TABLEAU E. : CALCULS POUR LA DETERMINATION DE K (CAS DE 2 VARIABLES)

BASSIN: E

VARIABLE X ₁		VARIABLE X ₂	
Variance expliquée	96.64%	Variance expliquée	95.36%
VARIABLE X ₃		VARIABLE X ₄	
Variance expliquée	95.79%	Variance expliquée	94.46%

TABLEAU E. : VARIANCES EXPLIQUEES DANS LE CAS D'UNE VARIABLE

BASSIN: F

VARIABLES: $X_1 X_2 X_3$				VARIABLES: $X_1 X_2 X_4$			
k	0.1	0.2	0.3	k	0.1	0.2	0.3
Variance expliquée	98.45	97.95	97.27	Variance expliquée	97.59	97.01	96.25
Stabilité β_1	4.4	4.3	3.9	Stabilité β_1	7.2	6.3	5.4
Stabilité β_2	4.4	1.1	0.8	Stabilité β_2	6.7	2.0	0.0
Stabilité β_3	7.9	6.0	5.1	Stabilité β_4	6.8	5.4	4.5
Ecart relatif de la longueur de β	6.7	15.7	20.5	Ecart relatif de la longueur de β	4.8	12.5	20.8
VARIABLES: $X_1 X_3 X_4$				VARIABLES: $X_2 X_3 X_4$			
k	0.1	0.2	0.3	k	0.1	0.1	0.3
Variance expliquée	98.27	97.82	97.18	Variance expliquée	91.14	90.40	89.69
Stabilité β_1	6.4	5.5	5.0	Stabilité β_2	1.7	2.5	2.5
Stabilité β_3	3.4	3.3	3.4	Stabilité β_3	14.2	9.3	7.0
Stabilité β_4	0.7	1.7	1.8	Stabilité β_4	24.7	6.9	2.6
Ecart relatif de la longueur de β	10.3	20.8	31.1	Ecart relatif de la longueur de β	24.9	23.4	18.6

TABLEAU F. : CALCULS POUR LA DETERMINATION DE K (CAS DE 3 VARIABLES)

k	0.1	0.2	0.3	k	0.1	0.2	0.3
VARIABLES: $X_1 X_2$				VARIABLES: $X_1 X_3$			
Variance expliquée	91.86	91.08	89.98	Variance expliquée	96.83	95.99	94.83
Stabilité β_1	5.6	5.1	5.1	Stabilité β_1	1.7	2.7	3.3
Stabilité β_2	5.3	5.1	4.7	Stabilité β_3	7.6	6.6	5.9
Ecart relatif de la longueur de β	7.6	14.6	21.0	Ecart relatif de la longueur de β	5.9	12.2	18.3
VARIABLES: $X_1 X_4$				VARIABLES: $X_2 X_3$			
Variance expliquée	96.49	95.63	94.41	Variance expliquée	91.44	90.57	89.48
Stabilité β_1	5.1	5.2	4.8	Stabilité β_2	3.2	0.0	1.7
Stabilité β_4	5.7	5.4	5.1	Stabilité β_3	9.8	7.5	6.5
Ecart relatif de la longueur de β	7.2	13.8	19.8	Ecart relatif de la longueur de β	0.1	4.5	9.8
VARIABLES: $X_2 X_4$				VARIABLES: $X_3 X_4$			
Variance expliquée	84.18	83.58	82.71	Variance expliquée	88.62	87.66	86.61
Stabilité β_2	3.3	3.9	4.0	Stabilité β_3	12.6	8.6	6.8
Stabilité β_4	6.2	5.5	4.9	Stabilité β_4	11.4	2.1	0.9
Ecart relatif de la longueur de β	8.2	16.2	23.8	Ecart relatif de la longueur de β	19.0	17.5	13.6

TABLEAU F. : CALCULS POUR LA DETERMINATION DE K (CAS DE 2 VARIABLES)

BASSIN: F

VARIABLE X ₁		VARIABLE X ₂	
Variance expliquée	76.56%	Variance expliquée	75.71%
VARIABLE X ₃		VARIABLE X ₄	
Variance expliquée	89.11%	Variance expliquée	78.49%

TABLEAU F. : VARIANCES EXPLIQUEES DANS LE CAS D'UNE VARIABLE

Sous-annexe B

Traitement par catégories de bassins

BASSIN: AB

VARIABLES: $X_1 X_2 X_3$				VARIABLES: $X_1 X_2 X_4$			
k	0.1	0.2	0.3	k	0.1	0.2	0.3
Variance expliquée	99.16	98.84	98.35	Variance expliquée	98.86	98.42	97.83
Stabilité β_1	2.2	2.6	3.0	Stabilité β_1	5.9	5.2	4.3
Stabilité β_2	3.0	3.1	3.2	Stabilité β_2	6.7	5.3	4.1
Stabilité β_3	4.3	3.9	3.4	Stabilité β_4	6.3	1.6	0.4
Ecart relatif de la longueur de β	12.4	24.9	37.2	Ecart relatif de la longueur de β	6.7	16.3	26.5
VARIABLES: $X_1 X_3 X_4$				VARIABLES: $X_2 X_3 X_4$			
k	0.1	0.2	0.3	k	0.1	0.1	0.3
Variance expliquée	97.92	97.46	96.88	Variance expliquée	97.10	96.55	95.92
Stabilité β_1	3.6	4.1	3.9	Stabilité β_2	4.2	4.3	3.9
Stabilité β_3	9.9	6.4	4.8	Stabilité β_3	11.5	7.3	5.6
Stabilité β_4	9.5	2.9	0.4	Stabilité β_4	18.9	6.1	2.2
Ecart relatif de la longueur de β	5.4	2.4	11.3	Ecart relatif de la longueur de β	14.1	9.0	1.7

TABLEAU AB. : CALCULS POUR LA DETERMINATION DE K (CAS DE 3 VARIABLES)

BASSIN: AB

k	0.1	0.2	0.3	k	0.1	0.2	0.3
VARIABLES: $X_1 X_2$				VARIABLES: $X_1 X_3$			
Variance expliquée	97.90	97.21	96.23	Variance expliquée	97.55	96.78	95.78
Stabilité β_1	3.3	3.6	4.0	Stabilité β_1	2.3	1.3	2.6
Stabilité β_2	6.3	5.5	4.8	Stabilité β_3	9.4	7.1	5.8
Ecart relatif de la longueur de β	8.2	16.4	24.0	Ecart relatif de la longueur de β	1.0	4.9	11.5
VARIABLES: $X_1 X_4$				VARIABLES: $X_2 X_3$			
Variance expliquée	95.26	94.51	93.48	Variance expliquée	97.15	96.46	95.53
Stabilité β_1	7.4	6.2	5.6	Stabilité β_2	0.5	2.2	3.0
Stabilité β_4	1.9	2.9	3.5	Stabilité β_3	8.7	6.3	5.4
Ecart relatif de la longueur de β	6.6	13.7	20.6	Ecart relatif de la longueur de β	0.0	7.0	14.3
VARIABLES: $X_2 X_4$				VARIABLES: $X_3 X_4$			
Variance expliquée	94.05	93.21	92.16	Variance expliquée	95.21	93.97	92.72
Stabilité β_2	9.8	7.5	6.3	Stabilité β_3	13.6	9.2	7.4
Stabilité β_4	3.4	0.5	2.5	Stabilité β_4	17.5	4.1	0.3
Ecart relatif de la longueur de β	0.8	4.1	9.9	Ecart relatif de la longueur de β	24.9	25.4	22.7

TABLEAU AB. : CALCULS POUR LA DETERMINATION DE K (CAS DE 2 VARIABLES)

BASSIN: AB

VARIABLE X ₁		VARIABLE X ₂	
Variance expliquée	89.26%	Variance expliquée	92.24%
Regression	$9.2871 + 1.0075 X_1$	Regression	$9.0668 + .7677X_2$
VARIABLE X ₃		VARIABLE X ₄	
Variance expliquée	96.22%	Variance expliquée	81.79%
Regression	$6.3412 + .8792X_3$	Regression	$1.6743 + .9550X_4$

TABLEAU AB. : VARIANCES EXPLIQUEES DANS LE CAS D'UNE VARIABLE

BASSIN: CD

VARIABLES: X_1 X_2 X_3				VARIABLES: X_1 X_2 X_4			
k	0.1	0.2	0.3	k	0.1	0.2	0.3
Variance expliquée	98.71	98.26	97.70	Variance expliquée	99.52	99.17	98.67
Stabilité β_1	8.8	6.4	5.2	Stabilité β_1	4.0	3.9	3.4
Stabilité β_2	11.1	3.2	0.0	Stabilité β_2	1.1	1.0	1.8
Stabilité β_3	6.5	4.2	3.5	Stabilité β_4	6.3	4.6	4.0
Ecart relatif de la longueur de β	5.3	2.4	11.5	Ecart relatif de la longueur de β	10.3	22.1	33.9
VARIABLES: X_1 X_3 X_4				VARIABLES: X_2 X_3 X_4			
k	0.1	0.2	0.3	k	0.1	0.1	0.3
Variance expliquée	99.27	98.94	98.46	Variance expliquée	97.66	97.26	96.74
Stabilité β_1	6.1	4.7	4.0	Stabilité β_2	0.4	1.1	1.4
Stabilité β_3	3.1	2.9	3.0	Stabilité β_3	3.5	0.7	2.0
Stabilité β_4	0.0	1.7	2.4	Stabilité β_4	10.4	6.8	5.2
Ecart relatif de la longueur de β	9.9	21.9	34.1	Ecart relatif de la longueur de β	15.4	7.7	0.9

TABLEAU CD. : CALCULS POUR LA DETERMINATION DE K (CAS DE 3 VARIABLES)

BASSIN: CD

k	0.1	0.2	0.3	k	0.1	0.2	0.3
VARIABLES: $X_1 X_2$				VARIABLES: $X_1 X_3$			
Variance expliquée	97.23	96.53	95.56	Variance expliquée	98.70	98.06	97.12
Stabilité β_1	7.8	6.0	5.3	Stabilité β_1	4.0	4.2	4.1
Stabilité β_2	1.2	2.6	3.4	Stabilité β_3	5.3	4.9	4.5
Ecart relatif de la longueur de β	5.8	13.3	20.7	Ecart relatif de la longueur de β	9.1	17.8	26.0
VARIABLES: $X_1 X_4$				VARIABLES: $X_2 X_3$			
Variance expliquée	98.22	97.58	96.66	Variance expliquée	94.63	93.87	92.93
Stabilité β_1	3.9	4.0	3.9	Stabilité β_2	4.9	0.8	2.3
Stabilité β_4	5.6	4.9	4.7	Stabilité β_3	10.8	7.3	5.8
Ecart relatif de la longueur de β	9.0	17.7	26.0	Ecart relatif de la longueur de β	16.4	11.9	6.3
VARIABLES: $X_2 X_4$				VARIABLES: $X_3 X_4$			
Variance expliquée	97.63	96.90	95.92	Variance expliquée	96.80	96.20	95.32
Stabilité β_2	0.0	2.2	2.7	Stabilité β_3	4.5	4.2	4.2
Stabilité β_4	8.5	6.3	5.7	Stabilité β_4	4.8	4.6	4.2
Ecart relatif de la longueur de β	4.0	11.0	18.1	Ecart relatif de la longueur de β	9.5	18.5	27.0

TABLEAU CD. : CALCULS POUR LA DETERMINATION DE K (CAS DE 2 VARIABLES)

BASSIN: CD

VARIABLE X ₁		VARIABLE X ₂	
Variance expliquée	94.10%	Variance expliquée	89.26%
Regression	27.3286 + .9530X ₁	Regression	4.4701+ .9008X ₂
VARIABLE X ₃		VARIABLE X ₄	
Variance expliquée	94.89%	Variance expliquée	95.10%
Regression	-2.1426 + .9921X ₃	Regression	1.2130 + .9647X ₄

TABLEAU CD. : VARIANCES EXPLIQUEES DANS LE CAS D'UNE VARIABLE

BASSIN: EF

VARIABLES: $X_1 X_2 X_3$				VARIABLES: $X_1 X_2 X_4$			
k	0.1	0.2	0.3	k	0.1	0.2	0.3
Variance expliquée	99.59	99.28	98.83	Variance expliquée	99.80	99.50	99.05
Stabilité β_1	6.8	4.5	3.5	Stabilité β_1	4.7	3.7	3.2
Stabilité β_2	0.7	2.0	2.0	Stabilité β_2	1.0	2.3	2.7
Stabilité β_3	2.8	2.9	2.6	Stabilité β_4	3.6	3.5	2.9
Ecart relatif de la longueur de β	2.2	8.7	19.8	Ecart relatif de la longueur de β	9.0	21.5	34.0
VARIABLES: $X_1 X_3 X_4$				VARIABLES: $X_2 X_3 X_4$			
k	0.1	0.2	0.3	k	0.1	0.1	0.3
Variance expliquée	99.66	99.34	98.89	Variance expliquée	99.14	98.84	98.39
Stabilité β_1	7.7	4.8	4.1	Stabilité β_2	5.3	3.7	3.6
Stabilité β_3	0.7	2.0	2.4	Stabilité β_3	0.7	1.7	2.4
Stabilité β_4	0.7	2.0	2.4	Stabilité β_4	4.5	3.5	3.3
Ecart relatif de la longueur de β	1.8	13.0	24.5	Ecart relatif de la longueur de β	21.1	12.1	3.1

TABLEAU EF. : CALCULS POUR LA DETERMINATION DE K (CAS DE 3 VARIABLES)

k	0.1	0.2	0.3	k	0.1	0.2	0.3
VARIABLES: $X_1 X_2$				VARIABLES: $X_1 X_3$			
Variance expliquée	99.14	98.53	97.64	Variance expliquée	99.47	98.86	97.97
Stabilité β_1	5.5	4.8	4.5	Stabilité β_1	5.5	4.8	4.3
Stabilité β_2	3.7	3.8	4.2	Stabilité β_3	3.6	4.2	3.9
Ecart relatif de la longueur de β	7.7	16.6	25.1	Ecart relatif de la longueur de β	8.0	17.7	26.2
VARIABLES: $X_1 X_4$				VARIABLES: $X_2 X_3$			
Variance expliquée	99.49	98.87	97.98	Variance expliquée	98.60	98.00	97.12
Stabilité β_1	5.3	4.6	4.3	Stabilité β_2	4.4	4.4	4.2
Stabilité β_4	3.8	4.2	4.2	Stabilité β_3	4.8	4.4	4.2
Ecart relatif de la longueur de β	8.9	17.9	26.5	Ecart relatif de la longueur de β	9.6	18.8	27.5
VARIABLES: $X_2 X_4$				VARIABLES: $X_3 X_4$			
Variance expliquée	99.12	98.51	97.62	Variance expliquée	98.39	97.79	96.92
Stabilité β_2	4.4	4.2	4.2	Stabilité β_3	4.4	4.2	4.2
Stabilité β_4	4.8	4.2	4.2	Stabilité β_4	4.8	4.4	4.2
Ecart relatif de la longueur de β	9.5	18.6	27.3	Ecart relatif de la longueur de β	9.6	18.7	27.2

TABLEAU EF. : CALCULS POUR LA DETERMINATION DE K (CAS DE 2 VARIABLES)

BASSIN: EF

VARIABLE X ₁		VARIABLE X ₂	
Variance expliquée	98.58%	Variance expliquée	97.99%
Regression	$1.1614 + 1.0177X_1$	Regression	$-0.0406 + .9156X_2$
VARIABLE X ₃		VARIABLE X ₄	
Variance expliquée	98.06%	Variance expliquée	98.13%
Regression	$-.0962 + .9761X_3$	Regression	$.2457 + .9496X_4$

TABLEAU EF. : VARIANCES EXPLIQUEES DANS LE CAS D'UNE VARIABLE

ANNEXE VI

Programme FORTRAN pour le test d'Anderson sur l'autocorrélation

```

PROGRAM AUTOCOR(INPUT,OUTPUT)
DIMENSION DIFF(50,50),X(50),Y(50),Z(50),T(50),CORR(50),DEV(50),TIT
+RE(10)
REAL INDEP(50)
READ 100,N,TITRE
READ 101,(X(I),I=1,N)
P=X(1)
Q=X(1)**2
DO 10 I=2,N
P=P+X(I)
Q=Q+(X(I)**2)
10 CONTINUE
P=(P**2)/N
PRINT 200,TITRE
DO 11 L=1,N
PP=0.
DO 12 J=1,N
I=MOD(J+L,N)
IF(I.EQ.0) I=N
T(J)=X(J)*X(I)
PP=PP+T(J)
12 CONTINUE
CORR(L)=ABS((PP-P)/(Q-P))
R=1./FLOAT(N-1)
S=R*(FLOAT(N-2)**.5)
INDEP(L)=(CORR(L)+R)/8
PRINT 210,L,CORR(L),INDEP(L)
11 CONTINUE
PRINT 220
KK=N/4
DO 20 L=1,KK
T(L)=0.
LL=4*L
K=(N/LL)
DO 21 I=1,LL
Y(I)=X(I)
Z(I)=X(I)
DO 22 J=1,K
IF((I+(J*LL)).GT.N) GO TO 23
Y(I)=Y(I)+X(I+(J*LL))
Z(I)=Y(I)/(J+1)
22 CONTINUE
23 PRINT 300,I,Z(I)
DIFF(I,L)=ABS(Z(I)-((P/N)**.5))
T(L)=T(L)+DIFF(I,L)
21 CONTINUE
T(L)=(100*T(L))/(LL*((P/N)**.5))
PRINT 320,LL
PRINT 330,T(L)
20 CONTINUE
QQ=0.
DO 30 I=1,N
DEV(I)=ABS(X(I)-((P/N)**.5))
QQ=QQ+DEV(I)
PQ=QQ/N

```

```
30 CONTINUE
  PRINT 340,P0
  STOP
100 FORMAT(15,10A7)
101 FORMAT(16F5,2)
200 FORMAT(1H1,///,20X,10A7)
210 FORMAT(///,5X,*L=*,I4,3X*COEF,DE CORR,SERIELLE**,F6.3,3X,*CRITERE
  +D INDEP.***,F6.3)
220 FORMAT(1H1)
300 FORMAT(3X,*I=*,I2,5X,*MOYENNE ;*,F5.1)
320 FORMAT(1H1,1X,*ORDRE;*,I2)
330 FORMAT(2X,*ECART MOYEN PAR RAPPORT A LA MOYENNE DANS LA ZONE;*,F5.
  +1,*X*)
340 FORMAT(1H1,5X,*DEVIATION MOYENNE DANS LA ZONE;*,F8.1)
  END
```