

D 33518/1-8

Direction de l'Eau

Juin 2004

**Modélisation générale du réseau
d'assainissement de la Communauté
Urbaine de Lyon**

Dossier de synthèse

**agence
de l'eau**

**RHÔNE MÉDITERRANÉE
CORSE**

2-4, allée de Lodz - 69363 LYON Cedex 07
04 72 71 26 00 - contact.doc@eau.mc.fr

communauté urbaine
GRAND LYON

REDIGE PAR :

Unité modélisation :

Juliette Pecoraro

Pascal Bret

Jean-Marc Didier

RELU ET VALIDE PAR :

Comité de pilotage :

Bernard Chocat INSA de Lyon

Jean-Claude Varnier

Elisabeth Sibeud

Jean Chappier

Thierry Charentus

REVISION :

Indice	Page	Date	Objet
1		Juin 2004	Première version

DIFFUSION :**Comité de pilotage modélisation +****Externe Grand Lyon**

Police de l'Eau - SNRS	M Picoche Michel Germain
Police de l'Eau - DDAF	Jean-Yves Couderc
Agence de l'Eau	Patrice Pautrat

Interne Grand Lyon

Direction de l'Eau - Direction	Gérard Caviglia Denis Hodeau Jean-Paul Favier
Direction de l'Eau - Etudes	Gilles Brocard Gilles Chuzeville Emmanuelle Volte
Direction de l'Eau – Stratégie et développement durable	Christophe Rostaing

Direction de l'Eau – Subdivisons Territoriales	Daniel Odin Jean-Marc Guetemme Robert Tosan Olivier Mécheri Yves Bation Pierre Germouty Emmanuel de Thuy
Direction de l'Eau -Traitement	Pierre Vernet
Direction de l'Eau - Exploitation	Claire Gibello Michel Nars Maud Albaladéjo Stéphane Lagoutte Patrick Lucchinacci Régis Visiedo
Direction de l'Eau –Pierre Bénite	Michel Shoshany Franck Fournier

SOMMAIRE

INTRODUCTION	5
1 LA CONSTRUCTION DES MODÈLES GÉNÉRAUX	6
1.1 Présentation succincte de l'outil de modélisation CANOE	6
1.2 Présentation des données pluviométriques	6
1.3 Méthodologie de construction des modèles	6
1.3.1 Prédécoupage en sous bassins versants	7
1.3.2 Réalisation des modèles de base	8
1.3.3 Calage des modèles généraux	10
1.3.4 Incertitudes et limites des modèles et de la modélisation	10
2 LES RÉSULTATS OBTENUS	11
2.1 Présentation du catalogue des déversoirs d'orages	11
2.2 Résultats aux déversoirs d'orages	12
2.2.1 Présentation des résultats	12
2.2.2 Classification des déversoirs d'orages	13
3 LES BILANS ET PERSPECTIVES	15
3.1 Bilan	15
3.1.1 Bilan d'avancement	15
3.1.2 Bilan financier	15
3.2 Perspectives	17
3.2.1 Amélioration des connaissances	17
3.2.2 Amélioration de l'utilisation du logiciel CANOE	18
4 LEXIQUE	19

Annexes

- Annexe 1 : Etapes de construction du modèle
- Annexe 2 : Etablissement de la chronique de référence
- Annexe 3 : Extrait du catalogue des déversoirs d'orages
- Annexe 4 : Incertitudes
- Annexe 5 : Classification des déversoirs d'orages pour la simulation des pluies de l'année 2001

Introduction

La Direction de l'Eau de la Communauté Urbaine de Lyon est engagée depuis de nombreuses années, en collaboration avec le monde de la recherche et plus particulièrement l'INSA de Lyon, dans le développement d'outils de simulation du fonctionnement de son réseau d'assainissement.

Ainsi depuis une vingtaine d'années, elle a contribué au développement de logiciels informatiques dans l'optique de trouver des outils permettant de mieux comprendre le fonctionnement de son réseau afin d'en améliorer les performances globales.

Le guide technique 'La Ville et son Assainissement', publié par le CERTU en 2003, a confirmé le bien-fondé de cette démarche. Il encourage en effet très vivement les maîtres d'ouvrages à développer des outils de modélisation afin d'améliorer la qualité des études.

C'est dans ce contexte global que la Communauté Urbaine de Lyon s'est engagée en 1999 dans la mise en œuvre de l'autosurveillance de son système d'assainissement où la démarche de suivi des rejets des déversoirs d'orages constitue un enjeu majeur.

Les décrets d'application de la loi imposent :

- soit une mesure en continue des déversoirs dont la charge brute de pollution collectée au droit du tronçon du déversoir est supérieure à 10 000 équivalent habitants, ce qui représente plus d'une centaine d'ouvrages sur le territoire du Grand Lyon,
- soit de suivre les déversoirs représentant au moins 70% des rejets, en volume, au milieu naturel.

Riche de son expérience passée dans le domaine de la modélisation et en accord avec les services de l'Etat, la Direction de l'Eau de la Communauté Urbaine s'est donc engagée à mettre en œuvre une démarche structurée lui permettant de faire un suivi général de tous ces déversoirs d'orages importants et plus particulièrement de ceux représentant 70% des rejets.

Pour répondre à cet objectif, une démarche en plusieurs étapes a été mise en place :

- La connaissance du patrimoine réseau, des caractéristiques et catégories réglementaires des déversoirs d'orage, ainsi que la validation des données par les équipes d'exploitation du réseau,
- La construction d'un modèle général de simulation du fonctionnement du réseau permettant notamment de hiérarchiser les rejets de temps de pluie,
- L'installation de stations de mesure sur le réseau permettant de mesurer les rejets des principaux déversoirs d'orage et les débits transitant en certains points particuliers du réseau.

Ce document a pour objectif de présenter les premiers modèles généraux de simulation du fonctionnement du réseau élaborés.

Il présente la méthodologie générale employée afin de construire ces premiers modèles, la connaissance recueillie sur les déversoirs d'orages dans le cadre du projet et fournit une synthèse des résultats obtenus à l'heure actuelle.

Chaque modèle réalisé (par bassin versant de station d'épuration) fait l'objet d'un dossier spécifique détaillé dans lequel sont précisés le descriptif du bassin versant, les caractéristiques et particularités du modèle, les mesures et calage ainsi que les premiers résultats obtenus.

1 La construction des modèles généraux

1.1 Présentation succincte de l'outil de modélisation CANOE

Le logiciel utilisé est le logiciel CANOE.

C'est un outil servant à la conception et l'évaluation de réseaux d'assainissement. Il permet des simulations des pluies, des écoulements et de la qualité des eaux.

CANOE a été réalisé par le Laboratoire Méthodes de l'INSA de LYON et le Laboratoire Hydraulique de France de Grenoble, en collaboration avec le Ministère de l'Agriculture et cinq grandes collectivités territoriales françaises ayant une longue expérience de l'utilisation de l'informatique technique dans le cadre de la modélisation des réseaux d'assainissement (Communauté urbaine de Lille, Communauté urbaine de Lyon, Département de Seine Saint Denis, Département du Val de Marne, Ville de Marseille).

Il bénéficie de l'expérience acquise dans le développement des logiciels CAREDas et CEDRE. Il est la propriété d'INSAVALOR et de SOGREAH.

1.2 Présentation des données pluviométriques

La communauté Urbaine de Lyon est dotée d'un réseau de 29 pluviomètres dont les données sont rapatriées via le système de télégestion de l'assainissement sur un logiciel de traitement des données. Les données de pluviométrie validées sont disponibles sous format informatique depuis juillet 1988.

L'intérêt de l'utilisation de ces pluies réelles en entrée de modèle est multiple :

- Tout d'abord cela permet de coupler les résultats fournis par les modèles construits à la métrologie effectuée en réseau.
- Ensuite, cela permet de donner une estimation des volumes déversés par nos déversoirs d'orages chaque année.
- Enfin, pour les études de dimensionnement de nouveaux collecteurs, les pluies réelles de période de retour importantes peuvent être utilisées pour simuler le fonctionnement des futurs ouvrages, en lieu et place des pluies de 'projets'.

1.3 Méthodologie de construction des modèles

Le projet de modélisation à la Direction de l'Eau du Grand Lyon a été initialisé en Décembre 99. Un appui méthodologique du laboratoire d'hydrologie urbaine de l'INSA de Lyon a été fourni tout au long de la démarche.

La méthodologie employée pour mener le projet a été la suivante :

- Prédécoupage en sous bassins versants,
- Construction des modèles de base,
- Calage et validation des modèles.

1.3.1 Prédécoupage en sous bassins versants

La démarche a consisté à découper le territoire de la Communauté Urbaine de Lyon en fonction des bassins versants des stations d'épurations.

Le modèle général du réseau d'assainissement du Grand Lyon est ainsi constitué de 6 modèles indépendants : modèles dit de Saint Fons, de Pierre Bénite, de Fontaines sur Saône, de Neuville sur Saône, de Meyzieu et de Jonage.

Nota : Les modèles portent le nom de la commune où se situe la station d'épuration qui reçoit les effluents du bassin versant concerné.

La saisie des bassins versants de Fontaines, Neuville et Pierre Bénite a été réalisée par le service études de la Direction de l'Eau.

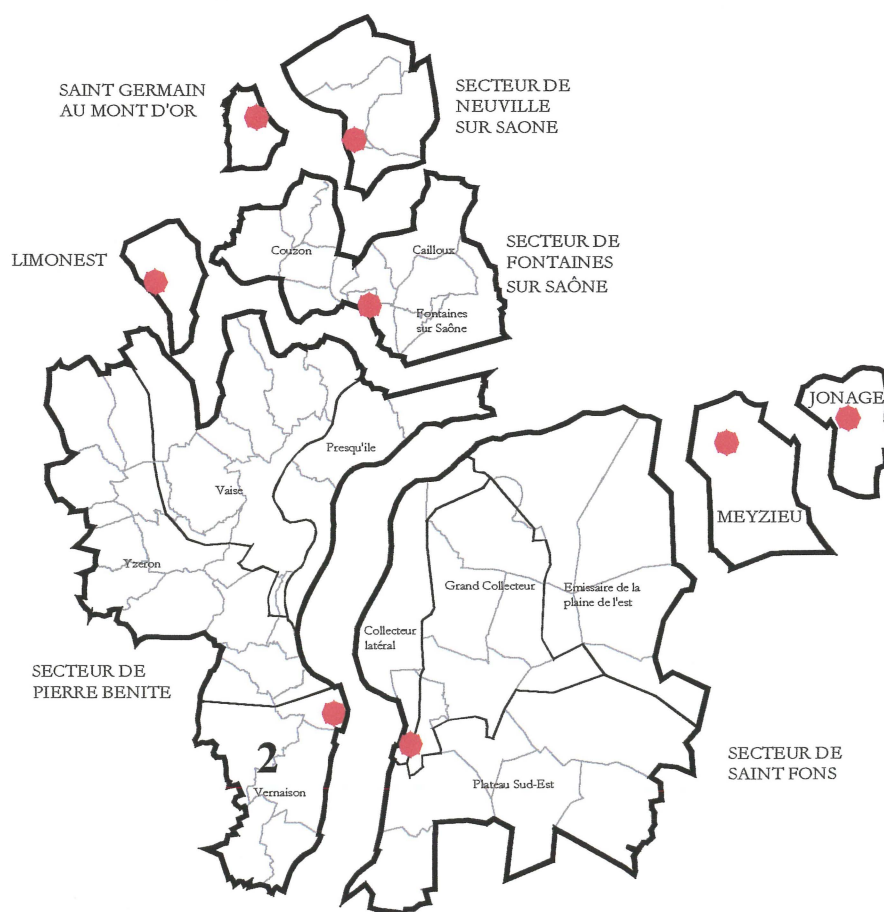
La saisie des bassins versants de St Fons, Meyzieu et Jonage a quant à elle été externalisée à un bureau d'études (IRH).

Nota : Les bassins versants des stations d'épurations de Limonest et de Saint Germain au Mont d'Or, de par leur taille, ont peu d'influence sur le fonctionnement global du réseau et d'impact sur le milieu naturel. Ils seront étudiés ultérieurement.

Voici ci-après le découpage géographique réalisé pour chaque modèle :

Modélisation générale

Découpage du modèle général par bassin versant de stations d'épurations



Voici ci-après le tableau pour chaque bassin versant, le nombre de déversoir d'orages associés :

Tableau mis à jour le 24 05 2004

Bassins versants	Nombre global de DO	DO de catégories 2 et 3
Pierre-Bénite	227	128
St Fons	55	33
Fontaines	52	25
Neuville	19	8
Meyzieu	5	3
Jonage	9	5
Limonest / St Germain	12	0
Total	379	202

Nota : les catégories des déversoirs d'orages sont définies de manière réglementaire en fonction de la charge de pollution (exprimées en équivalents habitants) transitant au droit du déversoir d'orage.

3 catégories sont répertoriées :

- Catégorie 1 < 2000 équivalents habitants
- 2000 < Catégorie 2 < 10000 équivalents habitants
- Catégorie 3 > 10000 équivalents habitants

Cf le plan de situation des bassins versants avec le positionnement des déversoirs d'orages page suivante.

1.3.2 Réalisation des modèles de base

Les modèles de base ont été réalisés à partir d'une extraction des données du réseau d'assainissement de la base SIG (Système d'information géographique) de la Communauté Urbaine de Lyon vers le logiciel de simulation CANOE.

Des bassins versants ont alors été associés afin de représenter les apports d'eau usée et d'eau pluviale au réseau. Certains paramètres connus avec une relative précision ont été considérés comme des valeurs non modifiables lors du calage comme par exemple le nombre d'habitants, la consommation journalière, le coefficient d'imperméabilisation,... D'autres valeurs plus incertaines, comme les pertes initiales, le pourcentage d'infiltration,..., ont été ajustées suite aux campagnes de mesures et ont permis de caler les modèles.

Une simplification des réseaux a ensuite été effectuée pour ne garder que le réseau structurant.

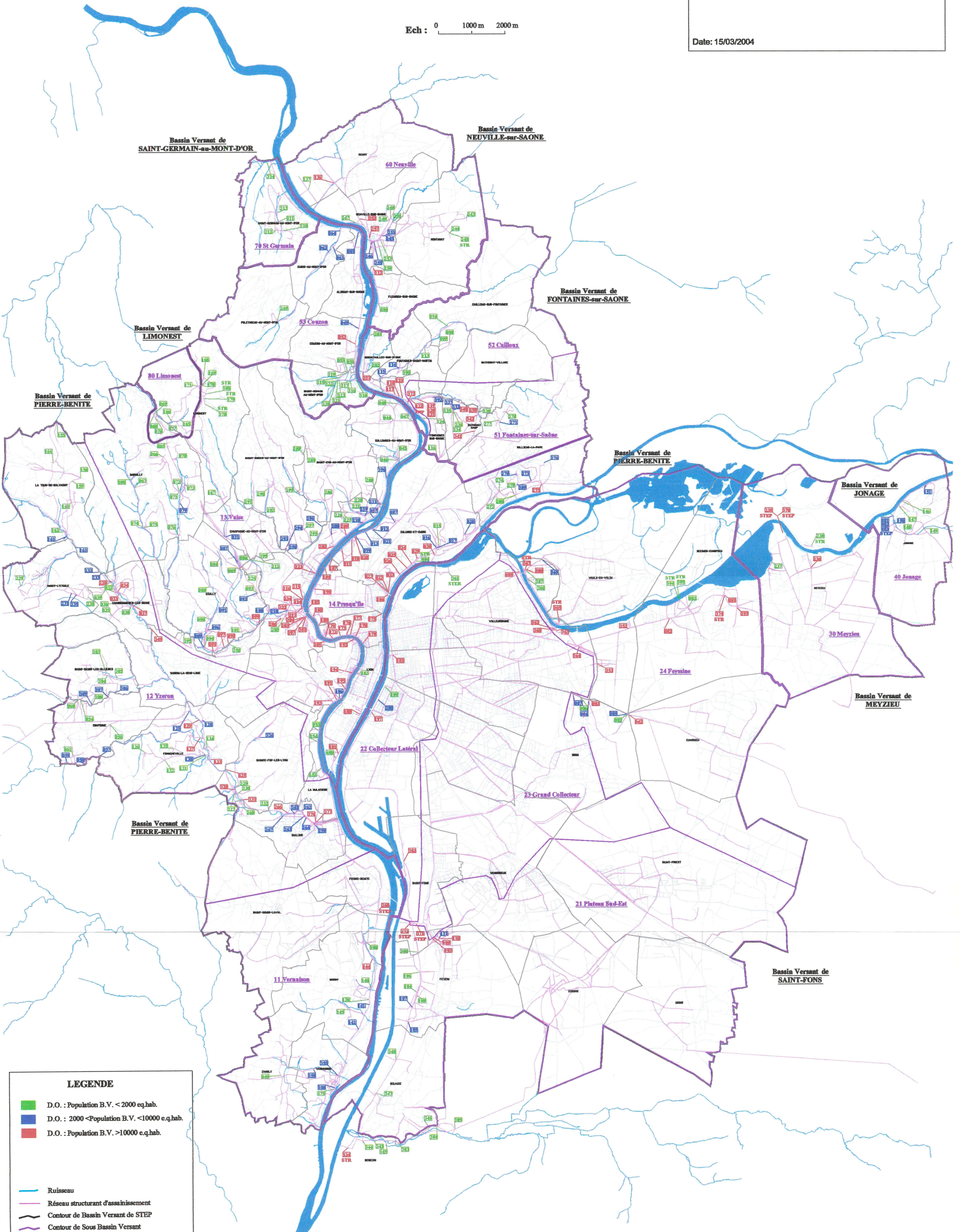
Tous les déversoirs d'orages de catégories 2 et 3 ont été représentés ainsi que quelques déversoirs d'orages de catégorie 1 (situés sur le réseau structurant) et des ouvrages spéciaux (notamment les pompes des stations de relèvement et des stations d'épuration).

Au total, 9 étapes ont permis de constituer les modèles généraux de base.

Toutes ces étapes sont détaillées en **Annexe 1**.



Ech : 0 1000 m 2000 m



LEGENDE

- D.O. : Population B.V. < 2000 eq.hab.
- D.O. : 2000 < Population B.V. < 10000 e.q.hab.
- D.O. : Population B.V. > 10000 e.q.hab.

- Ruisseau
- Réseau structurant d'assainissement
- Contour de Bassin Versant de STEP
- Contour de Sous Bassin Versant

1.3.3 Calage des modèles généraux

Les modèles ainsi constitués ont nécessité un calage à partir de mesures réelles en réseau et des données pluviométriques correspondantes.

Le calage de Meyzieu et Jonage a été confié à un bureau d'études (IRH). Le calage des autres modèles a été réalisé en interne.

Plusieurs niveaux de calage ont été définis :

- **Niveau 1** : Saisie des données pour chaque bassin versant.
Le modèle fonctionne et donne des résultats même s'ils ne sont pas forcément cohérents avec la réalité. C'est suite aux neuf étapes de constitution du modèle de base que le niveau 1 est atteint.
- **Niveau 2** : Simulation simple et calage à partir de mesures déjà existantes.
- **Niveau 3** : Calage du modèle à la suite de campagnes de mesures complémentaires sur au moins 3 pluies.

Afin d'atteindre ce niveau, des campagnes de mesures ont été réalisées sur des points stratégiques du réseau pendant une durée de 1 à 2 mois.

Les mesures réalisées sont des mesures quantitatives (débit) et pour certains points qualitatives.

- **Niveau 4** : Simulation avec une chronique de pluie de référence.

L'objectif de cette chronique de pluie de référence est de représenter, à partir de 71 pluies représentatives, Une année de pluie qui correspond à la moyenne des 12 années de pluie enregistrées sur l'agglomération

L'établissement de cette chronique est expliqué en **Annexe 2**.

Chaque modèle réalisé fait l'objet d'un document à part entière dans lequel sont détaillés la description du bassin versant, du réseau, des ouvrages, des caractéristiques du modèle, des campagnes de mesures, du calage et des résultats de simulations obtenus.

1.3.4 Incertitudes et limites des modèles et de la modélisation

L'appréciation des résultats de la première version de notre modèle doit se faire en prenant en compte les principales sources d'incertitudes suivantes :

- Les données pluviométriques
- Les mesures réalisées
- Notre connaissance du réseau et des bassins versants

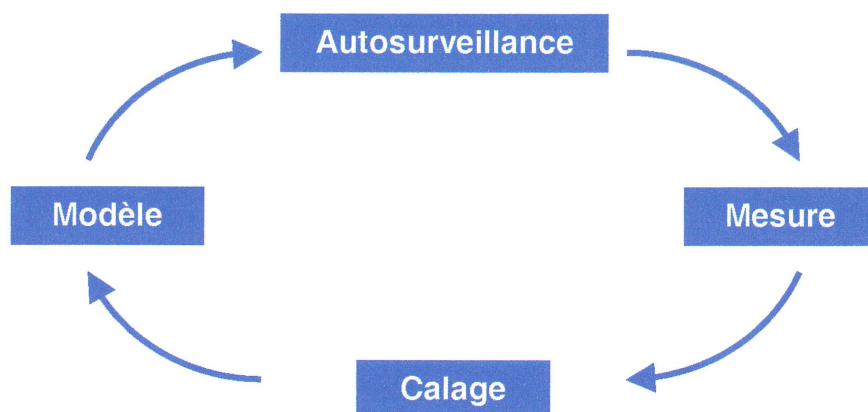
Toutes ces incertitudes sont explicitées en **Annexe 4**.

Il importe donc au vue de ces sources d'incertitudes de ne pas perdre de vue l'objectif fixé initialement afin d'identifier si le modèle actuel est capable d'y répondre.

Notre objectif pour cette première version est d'avoir un modèle permettant de définir les ouvrages responsables de 70% des rejets au milieu naturel. Ainsi, l'objectif n'est pas de fournir des volumes très précis des déversements de chaque ouvrage mais d'avoir un ordre de grandeur cohérent de chaque déversement les

uns par rapport aux autres afin de donner une classification des ouvrages. Au vu des premiers résultats obtenus, ce sont toujours les mêmes déversoirs d'orages responsables des rejets importants et l'on peut donc considérer que ce premier modèle répond de manière satisfaisante à notre objectif initial.

Il est important de rappeler que nous avons conçu notre démarche dans une logique d'amélioration continue par un processus itératif entre amélioration du calage du modèle grâce à de la métrologie d'une part et d'autre part l'utilisation de la modélisation pour le positionnement judicieux de nos stations de mesures en continue dans le cadre de l'autosurveillance :



2 Les résultats obtenus

2.1 Présentation du catalogue des déversoirs d'orages

Tous les déversoirs d'orages du territoire de la Communauté urbaine de Lyon ont été recensés et répertoriés dans une base de données afin de constituer un catalogue. Il contient environ 378 ouvrages.

Chaque déversoir d'orage est renseigné par :

- une fiche signalétique reprenant des informations sur sa localisation, ses caractéristiques géométriques, son environnement et son fonctionnement
- un plan de situation
- une délimitation du bassin versant raccordé sur ce déversoir d'orage (si l'ouvrage est modélisé)
- un schéma technique de l'ouvrage

Un extrait de ce catalogue est présenté en **Annexe 3**.

Dans le catalogue, le volume annuel déversé, le temps de déversement et le nombre de déversement annuel sont renseignés pour tous les déversoirs d'orages modélisés.

Dans un premier temps, les résultats sont estimés à partir d'une simulation de la chronique de pluies de l'année 2001.

A terme , les résultats seront fournis à partir de la simulation de la chronique de pluies de référence (niveau 4). Ils ne sont pas encore disponibles à ce jour car tous les tests de vérification restent à réaliser.

Les résultats de modélisation du catalogue seront modifiés dans les cas suivants :

- améliorations ou modifications de la chronique de référence
- modifications importantes sur le réseau (DO ou bassins versants raccordés)
- mise à jour importante du modèle (modification de calage,...)

Une fois par an, une simulation sur l'ensemble des déversoirs d'orages sera réalisée à partir des données réelles de pluviométrie tombées au cours de l'année précédente et du dernier modèle mis à jour. Les résultats ainsi obtenus permettront d'estimer les volumes et fréquences des déversements qui se sont produits sur une année réelle et pourront être comparés aux résultats fournis par la chronique de référence.

2.2 Résultats aux déversoirs d'orages

2.2.1 Présentation des résultats

Plusieurs résultats peuvent être présentés grâce au modèle général établi aujourd'hui.

Les résultats présentés ci-après permettent de répondre au premier objectif de la modélisation qui est de déterminer les déversoirs d'orages responsables de 70% des rejets au milieu naturel.

Pour cela, une chronique annuelle de pluies a été simulée sur les modèles calés afin de donner une classification des déversoirs d'orages en considérant les volumes annuels déversés, les temps de rejets et le nombre de déversements de chacun de ces ouvrages.

La pluie choisie est celle de l'année 2001, assez récente pour avoir une comparaison avec les données d'autosurveillance à la station d'épuration, et il s'agit en outre d'une année moyenne par rapport aux données pluviométriques disponibles depuis 1988.

Il est important de noter que ces résultats sont une partie de ce que permet de fournir l'outil de modélisation. D'autres résultats comme par exemple l'identification de mise en charge de réseau ou le diagnostic de fonctionnement de certains secteurs particuliers sont d'ores et déjà réalisés.

2.2.2 Classification des déversoirs d'orages

Résultats pour l'année 2001 :

Les résultats complets de volume déversé, nombre de déversements et durée de déversement de chacun des ouvrages modélisés pour la simulation de la pluviométrie de l'année 2001 sont disponibles en **Annexe 5**.

La comparaison de nos résultats de simulation avec les mesures issues de l'autosurveillance de nos stations d'épuration nous permet d'estimer sur l'année 2001 une erreur moyenne de 5% sur nos résultats à la station sur chacun de nos modèles sauf sur le bassin versant de Meyzieu qui est à 23%.

Une comparaison est faite entre le volume global déversé par les déversoirs d'orages et les volumes globaux rejetés par nos stations d'épuration :

Volume global déversé par les DO= 16 327 448 m³/an
Sur volume global traité en step = 187 836 645 m³/an

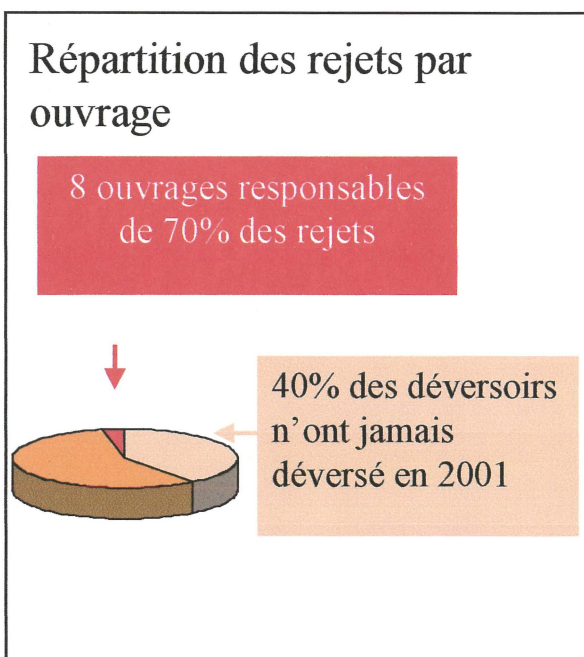
En terme de volume, les déversements directs au milieu naturel par nos déversoirs d'orages ne représentent donc que **8% de nos rejets globaux** dans le milieu. Il faut noter que les rejets en tête de station sont pris en compte dans ce résultat.

Deux éléments majeurs expliquent ces bons résultats : le dimensionnement important des réseaux maillés du centre ville qui fonctionne comme un grand bassin de rétention, et notre politique de déconnexion des eaux pluviales mise en œuvre depuis de nombreuses années à l'Est de l'agglomération.

Si l'on compare à présent ce que cela représente en terme de charge, on s'aperçoit que les rejets liés aux déversoirs d'orages sont responsables de **21% de la pollution totale de DCO** rejeté au milieu naturel ; **22% de DBO5** et **33% des MES**.

Nota : les estimations des charges déversées au niveau des déversoirs d'orages ont été faites en se basant sur les résultats d'autosurveillance par bassin versant de pollution en entrée de station d'épuration.

Si l'on observe les résultats en fonction des ouvrages :



Les premiers résultats obtenus montrent que sur les 245 déversoirs d'orages modélisés, **40% n'ont jamais déversés** (97 déversoirs) pour la simulation des pluies de l'année 2001. Cela ne signifie pas que pour des pluies de période de retour plus importantes que celles observées en 2001 ces ouvrages ne déverseront pas mais il est probable que bon nombre d'entre eux ne déversent jamais. Une simulation de l'événement pluvieux du 2 et 3 décembre 2003 (période de retour supérieure à 10 ans) pourra être faite pour identifier ces ouvrages.

Si l'on observe les volumes globaux déversés sur tout le territoire on remarque que seulement **3% des ouvrages** (soit 8 déversoirs) sont à l'origine de **plus de 70% des rejets** au milieu naturel. (cf annexe 5)

Voici la liste de ces 8 déversoirs d'orages :

Nom des déversoirs d'orages	volume annuel déversé (m3)	durée annuelle de déversement (min)	nb de déversements annuels	% du rejet par rapport au rejet total	Milieu récepteur
Saint Fons do371 (1)	4 177 010	24 610	55	25.6	Rhône canal de fuite
Saint Fons do302 (1)	2 211 110	15 642	43	13.5	Rhône canal de fuite
Oullins do377 (1)	1 778 678	41 820	56	10.9	rhône
Pierre Benite do 268 (1)	1 214 780	6 768	19	7.4	rhône
Feyzin do109 (1)	917 104	16 044	42	5.6	Rhône canal de fuite
Fontaines sur saone do122	481 429	19 884	53	2.9	Ruis des Ronzières
Feyzin do103 (1)	478 243	21 834	54	2.9	Rhône canal de fuite
Lyon4 do186 (1)	401 360	21 252	49	2.5	rhône

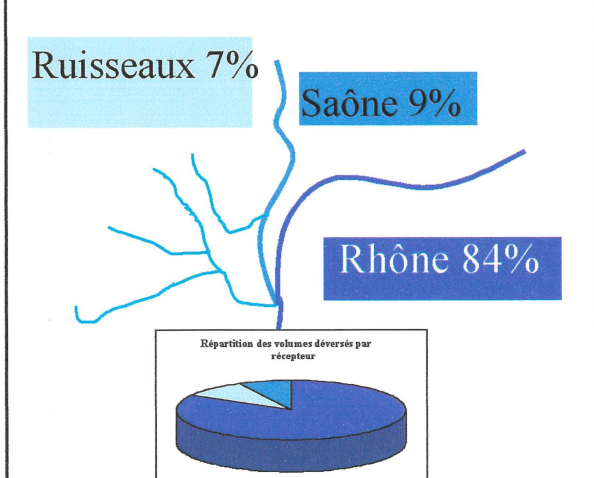
71.4

Sur ces 8 ouvrages, 4 sont déjà équipés de points de mesures en continue et 2 le seront prochainement suite notamment aux premiers résultats de la modélisation.

Un seul des rejets ne s'effectue pas dans le Rhône. Il s'agit du déversoir d'orage de la station d'épuration de Fontaines sur Saône qui a lieu dans un ruisseau périurbain mais qui est à une cinquantaine de mètres de la Saône.

En observant les résultats en fonction des milieux récepteurs :

Répartition des rejets des déversoirs en fonction des milieux récepteurs



84% des volumes globaux rejetés au niveau des déversoirs se font dans le Rhône,

9% dans la Saône et

7% dans des ruisseaux périurbains.

Les rejets dans les ruisseaux sont assez faibles mais ils doivent être suivis de plus près car c'est là où les impacts sur le milieu sont probablement les plus forts.

3 Les bilans et perspectives

3.1 Bilan

3.1.1 Bilan d'avancement

Voici ci-après un bilan de l'avancement du projet par bassin versant (et sous bassin) :

	2000	2001	2002	2003		2000	2001	2002	2003
Pierre Bénite					Saint Fons				
<i>sous Bv Presqu'île</i>					<i>sous Bv EPE</i>				
construction modèle de base					construction modèle de base				
calage niv 2					calage niv 2				
calage niv 3					calage niv 3				
<i>sous Bv Yzeron</i>					<i>sous Bv Collecteur latéral</i>				
construction modèle de base					construction modèle de base				
calage niv 2					calage niv 2				
calage niv 3					calage niv 3				
<i>sous Bv Vaise</i>					<i>sous Bv Grand collecteur</i>				
construction modèle de base					construction modèle de base				
calage niv 2					calage niv 2				
calage niv 3					calage niv 3				
<i>sous Bv Vernaison</i>					<i>sous Bv EPSE</i>				
construction modèle de base					construction modèle de base				
calage niv 2					calage niv 2				
calage niv 3					calage niv 3				
Meyzieu					Fontaines				
construction modèle de base					construction modèle de base				
calage niv 2					calage niv 2				
calage niv 3					calage niv 3				
Jonage					Neuville				
construction modèle de base					construction modèle de base				
calage niv 2					calage niv 2				
calage niv 3					calage niv 3				

3.1.2 Bilan financier

Des dépenses avaient déjà été engagées avant 1999, c'est à dire avant le lancement effectif du projet de modélisation générale. En effet, la Communauté urbaine de Lyon et INSAVALOR sont partenaires dans le domaine de la modélisation depuis de nombreuses années depuis notamment la réalisation des premiers logiciels CEDRE et CAREDAS. Les coûts présentés ci-après ne prennent pas en compte ces dépenses antérieures.

Le projet a été financé jusqu'aujourd'hui à hauteur de 60% par l'Agence de l'Eau.

Nota : Ce bilan financier ne prend pas non plus en compte le coût des points de métrologie en continu qui sont d'ores et déjà installés et des futurs points à venir qui serviront tous à améliorer le calage des modèles. A titre d'information, la mise en place de la première tranche de points de métrologie (14 points de mesures en continu) à coûté environ 480 000 € et la seconde tranche de points est estimée à environ 500 000 € (pour onze points).

Modélisation générale du réseau d'assainissement

Dépenses en développement et aides par INSA/SOGREAH

Année 1999	13 111 € HT	15 680 € TTC
Année 2000	16 769 € HT	20 056 € TTC
Année 2001	0 € HT	0 € TTC
Année 2002	5 750 € HT	6 877 € TTC
Année 2003	14 628 € HT	17 494 € TTC
TOTAL	50 258 € HT	60 108 € TTC

Dépenses campagnes de mesures

Année 1999	?	
Année 2000	?	
Année 2001	?	
Année 2002	34 143 € HT	40 835 € TTC
Année 2003	78 615 € HT	94 023 € TTC
TOTAL	112 758 € HT	134 859 € TTC

Dépenses en personnel

Année 1999	0 € HT	
Année 2000	121 929 € HT	
Année 2001	68 397 € HT	
Année 2002	170 459 € HT	
Année 2003	186 832 € HT	
TOTAL	547 617 € HT	

Prestations sous traitées

Année 2000	90 707 € HT	108 486 € TTC
------------	-------------	---------------

TOTAL DEPENSES	801 340 € HT	
-----------------------	---------------------	--

Caractérisation des déversoirs d'orages

Dépenses en personnel

Année 1999	53 751 € HT	
Année 2000	35 810 € HT	
Année 2001	15 012 € HT	
Année 2002	21 298 € HT	
Année 2003	59 157 € HT	
TOTAL	185 028 € HT	

Prestations sous traitées

Année 2000	25 611 € HT	30 631 € TTC
------------	-------------	--------------

TOTAL DEPENSES	210 639 € HT	
-----------------------	---------------------	--

3.2 Perspectives

Dès à présent, le modèle général est capable de fournir d'autres résultats que la classification des déversoirs d'orages. Ainsi le modèle général est utilisé comme base pour des études particulières afin de mieux comprendre certains fonctionnements du réseau comme par exemple sur un secteur de Neuville sur Saône ou sur l'Yzeron. Les résultats obtenus sont satisfaisants et très encourageants pour la suite.

Plusieurs pistes d'améliorations sont prévues et détaillées ci-après :

3.2.1 Amélioration des connaissances

- **Métérologie**

Des campagnes de mesures ponctuelles complémentaires vont être lancées dès 2004 pour améliorer notre connaissance du fonctionnement du réseau sur certains secteurs .

D'autre part, dans le cadre de l'autosurveillance réglementaire et dans le cadre de l'amélioration de notre connaissance du fonctionnement de notre réseau, des stations de mesures en continu ont déjà été installées en collecteur et sur des déversoirs d'orages. De nouveaux points seront également installés à partir de la fin de l'année 2004, notamment suite aux premiers résultats de la modélisation.

Les valeurs issues de ces points de mesures n'ont pas encore pu être utilisées car elles sont en cours de validation. L'exploitation de ces nouvelles données permettra de vérifier la cohérence du modèle actuel et de recalibrer plus précisément certains secteurs.

- **Pluviométrie**

Actuellement les données de pluviométrie sont connues grâce à notre réseau de 29 pluviomètres installés sur le territoire du Grand Lyon. Une étude a été lancée pour une possible acquisition de données radar à coupler avec nos pluviomètres afin d'améliorer notre connaissance surtout pour des pluies très localisées, souvent intenses.

- **Patrimoine**

Chaque jour nous connaissons un peu mieux notre patrimoine et le modèle sera remis à jour afin de prendre en compte certains oublis ou méconnaissances. Une procédure de mise à jour des modèles dans CANOE est en cours d'élaboration.

3.2.2 Amélioration de l'utilisation du logiciel CANOE

- **Types de simulations**

Actuellement deux types de simulations pour l'écoulement en réseau (modèles de propagation en réseau) sont disponibles dans CANOE : le modèle de Muskingum (appelé simulation simple) ou le modèle de Barré de St Venant.

Le modèle de Muskingum, est un modèle très stable et fiable et qui permet de donner de bons et rapides résultats pour représenter le fonctionnement d'un réseau d'assainissement. En revanche, contrairement au modèle de Barré de St Venant, il ne prend pas en compte les écoulements en charge et donc ne calcul pas les influences aval. Ceci peut être problématique pour les calculs de déversement lorsque la ligne d'eau au droit du déversoir est influencée par les conditions hydrauliques aval.

L'inconvénient du modèle de Barré de St Venant est l'instabilité des équations utilisées lorsque les débits sont faibles.

A l'heure actuelle, tous les résultats présentés dans ce document sont donnés à partir du modèle de Muskingum car les instabilités d'équations ne sont pas encore résolues pour tous les modèles avec Barré St Venant. L'objectif est de tout faire fonctionner avec Barré de St Venant afin d'avoir des résultats plus fiables et plus réalistes lors de mises en charge du réseau.

- **Simulation qualité**

Il est possible dans le logiciel d'effectuer des simulations qualitatives sur les paramètres de notre choix (DBO5, DCO, MES,...). Ce type de simulation sera à développer dans les années à venir notamment pour mieux évaluer l'impact de nos rejets sur le milieu naturel.

- **Evolutions logiciel**

Le logiciel lui même est en constante évolution. Notamment, il est prévu à terme d'intégrer dans le logiciel une interface SIG qui permettra d'améliorer nos rendus et l'intégration/exportation de données.

4 Lexique

Bassin versant	Ensemble constitué par le réseau d'évacuation des eaux pluviales, naturel et/ou artificiel, enterré et/ou de surface, qui potentiellement contribuent à l'alimentation de ce réseau, par ruissellement de surfaces des eaux pluviales.
CANOE	Logiciel de simulation d'aide au diagnostic, à la conception et à l'exploitation des systèmes d'assainissement.
CAREDas	Logiciel de simulation de fonctionnement hydraulique des réseaux d'assainissement. 'Ancêtre' de CANOE.
CEDRE	Logiciel d'aide au diagnostic de fonctionnement hydraulique et à la conception des réseaux d'assainissement. 'Ancêtre' de CANOE.
Chronique de pluie	Série chronologique de pluies.
DO ou Déversoir d'orage	Ouvrage permettant le rejet direct d'une partie des effluents au milieu naturel lorsque le débit à l'amont dépasse une certaine valeur.
Equivalent habitant	Notion utilisée en assainissement permettant d'associer une population équivalente aux masses de polluants journaliers parvenant à une station d'épuration ou transitant en un point quelconque du réseau d'assainissement.
SIG	Système d'information géographique.

ANNEXE 1

Mise en place de l'autosurveillance sur le réseau d'assainissement du
Grand Lyon

Construction d'un modèle informatique général – méthodologie

JANVIER 2001

Etape préliminaire : Prédécoupage du territoire du Grand Lyon en sous-réseaux.

Support de travail : documents papier.

- les plans au 1:10000 sur lesquels le découpage en sous bassins versants d'apport aux différents déversoirs d'orage aura été effectué.
- les plans GESICA du réseau à la même échelle, sur lesquels auront été reportés les réseaux considérés comme structurants.

Il s'agit de décomposer la totalité du territoire en unités sensiblement homogènes et surtout aussi indépendantes que possible les unes des autres. Ce découpage doit respecter les contraintes suivantes :

- surface totale comprise entre 1000 et 3000 hectares. Cette contrainte n'est pas stricte, des surfaces inférieures pourront être utilisées si elles correspondent à des sous-réseaux bien identifiés ; de même, il sera possible de considérer des surfaces plus grandes si le nombre de nœuds et de tronçons n'est pas trop important (voir contrainte suivante). Elle vise simplement à obtenir un nombre raisonnable d'entités homogènes, dont la difficulté de saisie ne sera pas excessive.
- Nombre de nœuds (points fil d'eau au sens GESICA) et de tronçons inférieurs à 2500. Cette contrainte est guidée par des considérations informatiques. Elle peut également être transgressée, sachant que les temps de traitement sous CANOE augmentent rapidement avec le nombre d'objets. En tout état de cause, une limite stricte de 5000 nœuds / tronçons devra être respectée.
- Tous les nœuds constituant un sous-réseau élémentaire devront être connectés entre eux. Cette contrainte n'est pas impérative au moment de l'extraction (étapes 1 et 2) mais elle le devient ultérieurement. Lors de l'étape 3 (nettoyage du réseau), tous les nœuds ou tronçons non connectés au sous-réseau principal choisi seront éliminés. Cette contrainte peut conduire à saisir plusieurs sous-réseaux dans une même zone géographique (par exemple dans le cas de réseaux séparatifs strictement indépendants).

Toutes les étapes suivantes sont effectuées par sous-réseau.

Etape 1 : Extractions des données réseau et transfert vers CANOE

Support de travail : GESICA-PC puis CANOE.

Il s'agit de constituer un fichier ASCII contenant les données relatives aux points fils d'eau et aux tronçons appartenant au sous réseau et de transférer ces données vers CANOE.

Dans SIGEAU

- Créer un polygone délimitant le secteur à exporter
- Choisir dans le menu GESICA export sur un polygone
- Choisir les composants à exporter et le répertoire où l'on veut stocker les deux fichiers :
 - Nœud.can
 - Troncons.can

Dans CANOE

- ouvrir l'utilitaire de CANOE, sélectionner importation .
- Rechercher le répertoire des fichiers nœuds.can et troncons.can, valider, puis lancer l'importation .
- Ouvrir CANOE, renseigner les caractéristiques du projet nouvellement importé et l'enregistrer .

Etape 2 : Extraction des données réseau et transfert vers autocad**Constitution du fond de plan**

Support de travail : GESICA (station de travail SUN) puis Autocad.

Il s'agit de constituer des fichiers ASCII contenant les données relatives au réseau d'assainissement (points fils d'eau et tronçons) et aux éléments du fond de plan nécessaire au projet (parcellaire, bâtiments courbes de niveau) appartenant au sous réseau et de transférer ces données vers autocad.

L'extraction de ces données est réalisée par G. Chuzeville, dans l'attente du développement d'une macro commmande utilisable directement par le projeteur, à partir d'une station. La liste des composants est définie dans le tableau ci-dessous.

Structure et mise en forme des plans issus de la base GESICA

Ouvrir sous autocad un fichier au gabarit « modélisation »

- créer un fichier autocad par sous réseau contenant les couches définies dans le gabarit
- attacher en xref les 5 fichiers issus de GESICA
 - Assainissement
 - Bâtiments
 - Topo
 - Détails fond de plan
 - parcelles
- redéfinir le bloc asdevers (ech 15)
- redéfinir le bloc aspfildo (ech 10)
- définir les couleurs de calques de tous les plans

Nom	Couleur	Type de ligne
Assainissement		
Ascanap	Rouge	Continuous ep 0.35
Ascanap2za	noir	Continuous ep 0.20
Ascanap2zd	Noir	Continuous ep 0.20
Asdevers	20	Continuous ep 0.25
Aspfildo	Noir	Continuous ep 0.20
Aspfildo2ncod	Noir	Continuous ep 0.20
Aspfildo2struct	Noir	Continuous ep 0.20
Aspfildo2zrad	Noir	Continuous ep 0.20
Batiment		
Batidur	150	Continuous ep 0.20
Topo		
Cnalti	41	Continuous ep 0.13
Cnalti2altitude	Noir	Continuous ep 0.20
Cncourbe	41	Continuous ep 0.13
Détail fond de plan		
Commune	252	Continuous ep 0.60
Commune2nom	Noir	Continuous ep 0.20
Rlhadli	253	Continuous ep 0.15
Rlnomm	Noir	Continuous ep 0.20
Rlnomm2nom	Noir	Continuous ep 0.20
Rlsitlin	Bleu	Continuous ep 0.60
Surfdeau	Bleu	Continuous ep 0.60

Topoline	253	Continuous ep 0.15
Parcelles		
Paractu	253	Continuous ep 0.15
Sous réseau		
Bassin versant	82	Continuous ep 0.70
Bassins versants nom	Noir	Continuous ep 0.15
Grille	Noir	Continuous ep 0.15
Parcelle point	Vert	Continuous ep 0.15
Point bat	150	Continuous ep 0.15
Point voie	Jaune	Continuous ep 0.15
Plus long parcours	cyan	Continuous ep 0.20
Sous réseau ²	Magenta	Polyligne ep 10

Créer un style de texte pour l'écriture des bassins versants hauteur 40 style garamont

Créer un style de texte pour l'écriture des communes hauteur 30 style garamont

Dénomination des OS et des BV

L'OS aura la dénomination du point filido ; la branche déversante sera nommée ainsi

-nom de commune+do1,2,3 etc...

Les bassins versants seront nommé ainsi

-nom de communes+01,02,03 etc...

Editer le plan à l'échelle du 1/10 000

étape 3 : Préparation de la saisie

Support de travail : documents papier.

- Plan papier au 1:10000 sur lequel le découpage en sous bassins versants d'apport aux différents déversoirs d'orage aura été effectué et sur lequel les réseaux considérés comme structurant auront été reportés.

Cette étape se décompose en cinq tâches élémentaires :

1. Repérer les tronçons structurants du sous-réseau ainsi que les nœuds à conserver impérativement (confluence, présence d'ouvrage spécial, changement de forme de section, changement important de pente, etc..).
2. Identifier les points de coupure limitant le sous-réseau (en distinguant les points aval = exutoires et les points amont).
3. Repérer l'ensemble des nœuds significatifs du réseau. Il s'agit :
 - des nœuds portant des déversoirs d'orage que l'on souhaite conserver,
 - des nœuds portant des ouvrages spéciaux que l'on souhaite modéliser,
 - des nœuds d'où partent ou arrivent plusieurs conduites importantes que l'on souhaite conserver,
 - des nœuds qui doivent obligatoirement être exutoire d'un bassin versant.
4. Constituer un dossier contenant l'ensemble des informations utiles à la description des ouvrages spéciaux contenus dans la zone.
5. Limiter la surface d'apport totale correspondant au bassin versant étudié. Pour ceci, utiliser en premier lieu le plan GESICA du réseau (il est peu probable qu'une zone située à plus d'une centaine de mètres d'un réseau d'assainissement contribue effectivement aux écoulements dans ce dernier), et en second lieu les lignes de niveau (recherche des lignes de crêtes). Faire attention aux limites entre sous réseaux adjacents qui ne seront pas nécessairement saisis en même temps (de façon à éviter de compter deux fois les mêmes sous-bassins).

étape 4 - Nettoyage des données réseau sous CANOE

Support de travail : CANOE et documents papier.

- Plan papier au 1:10000 sur lequel le découpage en sous bassins versants d'apport aux différents déversoirs d'orage aura été effectué, sur lequel les réseaux considérés comme structurant auront été reportés et complétés selon étape 3.

Cette étape vise à constituer un sous réseau unique (tous les nœuds connectés entre eux), aussi simple que possible (nombre de nœuds et de tronçons normalement inférieur à la centaine). Elle utilisera des outils automatiques développés sous CANOE et un affinage manuel. Elle suppose que le sous-réseau ait été récupéré sous CANOE et se décompose elle-même en cinq phases successives :

phase 1 : Recherche de circuit fermé :

Un circuit fermé est une succession de tronçons qui forme une boucle lorsqu'on les décrit de l'amont vers l'aval : par exemple le tronçon A coule vers le tronçon B qui coule lui même vers le tronçon A. Ce type de structure est bien évidemment illogique (l'eau tourne en rond) et n'est pas tolérée par le logiciel. Pour détecter les circuits fermés utiliser la commande :

Analyse

Nettoyage des données du réseau

Recherche d'un circuit fermé

dans l'appli de simulation.

Le logiciel fait un diagnostic, puis, en cas de détection d'un circuit, indique le nom des tronçons qui le constitue.

La modification du réseau doit être faite manuellement dans l'appli de gestion des données.

phase 2 : Elimination des têtes multiples

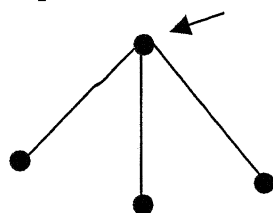
Dans GESICA, un point fil d'eau où n'arrive aucun tronçon peut être à l'amont de plusieurs tronçons. Cette structure n'est pas tolérée par le modèle de simulation simplifiée de CANOE. Pour éliminer les têtes multiples, utiliser la commande :

Analyse

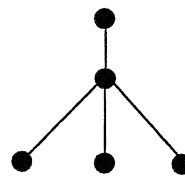
Nettoyage des données du réseau

Elimination des têtes multiples

dans l'appli de simulation. La modification est entièrement automatique mais ne va pas dans le sens d'une simplification car le logiciel rajoute un nouveau tronçon à l'amont de la tête multiple.



Une tête multiple



La tête multiple corrigée par rajout de faible longueur

phase 3 : Détection et élimination des sous-réseaux multiples

Il peut arriver que dans une zone géographique donnée coexistent plusieurs réseaux sans connexion entre eux . De plus, lors de l'extraction, il est également possible que certaines parties du réseau extérieure au réseau traité ait été conservées. Ces sous-réseaux parasites doivent impérativement être éliminés. Pour ceci utiliser les commandes :

Analyse

Nettoyage des données du réseau

Détection de réseaux multiples

Conservation d'un réseau unique

dans l'applicatif de simulation.

Avec l'option "détection des réseaux multiples", le logiciel établit un diagnostic.

Avec l'option "conservation d'un réseau unique", le logiciel établit le diagnostic et demande de désigner un des nœuds (n'importe lequel) du sous réseau à conserver. Tous les objets non connectés à ce nœud sont éliminés.

phase 4 : Définition des nœuds à conserver

Il s'agit de spécifier dans CANOE l'ensemble des nœuds qui ont été considérés comme significatifs lors de l'étape 3 et que l'on veut obligatoirement conserver lors du compactage. Il s'agit :

- des nœuds portant des déversoirs d'orage que l'on souhaite conserver,
- des nœuds portant des ouvrages spéciaux, ou relatifs à des bassins de retenue, que l'on souhaite modéliser,
- des nœuds d'où partent ou arrivent plusieurs conduites importantes que l'on souhaite conserver,
- des nœuds qui doivent obligatoirement être exutoire d'un bassin versant.

Pour ceci utiliser la commande

Gestion des nœuds

Dans l'applicatif « données »

phase 5 : Simplification automatique du réseau

Cette phase a pour but de diminuer le nombre de nœuds et de tronçons constituant le sous réseau. Elle utilise deux fonctions de l'applicatif simulation CANOE et lance automatiquement la recherche de circuit fermé

Projet

Regroupement des bassins versants

Regroupement des tronçons

Ces outils permettent de regrouper des éléments entre eux afin de construire, à partir du projet initial, un modèle structurellement plus simple et autorisant des simulations plus rapides et plus stables. Les règles utilisées doivent également faire en sorte que le modèle ainsi construit soit le plus similaire possible du projet initial quant à sa forme générale et aux résultats de la simulation.

La réduction du nombre d'objets s'effectue en deux temps :

- regroupement des bassins versants de façon à former des bassins versants plus grands équivalents à la somme des bassins versants initiaux. Ce traitement supprime, de plus, les tronçons et les nœuds inclus dans ces zones ;
- regroupement de tronçons consécutifs ayant des caractéristiques similaires (pente, forme de conduite, rugosité, etc.).

Regroupement des bassins versants

Dans le cas traité où les bassins versants n'ont pas encore été saisis, le regroupement des bassins versants a pour seul objectif d'éliminer les tronçons les plus à l'amont (ceux de plus petite dimension).

Plusieurs possibilités de regroupement existent :

- conserver tous les bassins versants présents dans le projet ;
- sélectionner les tronçons à l'aval desquels il n'y aura aucun regroupement ;
- ne regrouper que les bassins versants situés à l'amont de tronçons dont la débitance est inférieure ou égale à une débitance préalablement choisie.

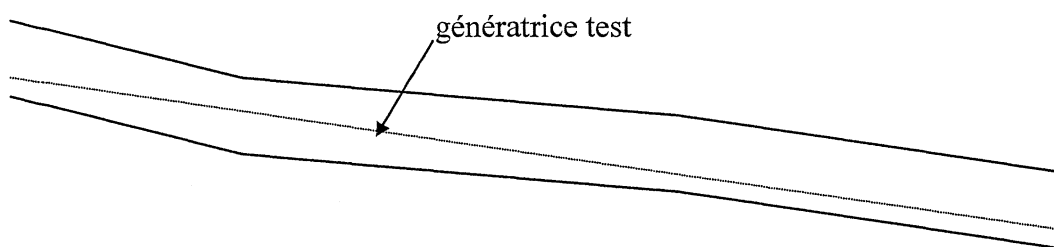
Le réseau interne à la zone à regrouper ne doit pas contenir de bassin de retenue. En revanche, il peut contenir des mailles, à la condition que celles-ci soient fermées à l'intérieur de la zone à compacter (une seule sortie).

Regroupement des tronçons

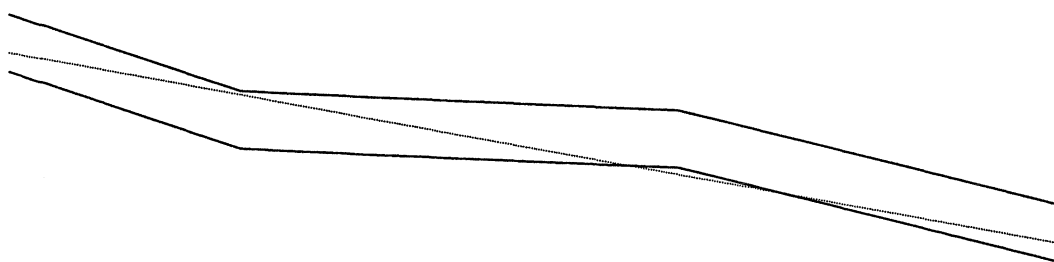
Le regroupement des tronçons a pour but de limiter le nombre de tronçons et d'homogénéiser leurs pentes. Ce regroupement est effectué en utilisant différentes règles expertes paramétrables. En particulier :

- la longueur des tronçons équivalents ne peut pas dépasser une longueur donnée paramétrable.
- deux tronçons successifs ne sont pas regroupés s'il existe une différence de niveau trop forte entre leurs extrémités (chute, décrochement de radier ou seuil).
- L'écart entre les débitances de deux tronçons successifs est inférieur à une tolérance paramétrable (la valeur de la rugosité utilisée pour évaluer la débitance d'un tronçon correspond au type de la conduite).

- deux tronçons successifs ne seront pas regroupés si la différence de pente est trop forte. Le critère numérique utilisé pour l'application de cette règle utilise une génératrice droite, dont la pente est égale à la pente moyenne de l'ensemble des tronçons à regrouper (différence de cote divisée par la longueur) et dont la position de départ et d'arrivée dans la conduite est paramétrable (en pourcentage de la hauteur totale). Les exemples ci-dessous illustrent le mode d'utilisation de cette génératrice test.



La génératrice test est entièrement dans les conduites, les trois tronçons peuvent être regroupés.



La génératrice test traverse le radier de l'une des conduites, les trois tronçons ne peuvent pas être regroupés.

Détail des calculs

La position de la pente moyenne permet d'autoriser ou d'interdire le regroupement de tronçons consécutifs. Cette valeur permet de tracer une ligne de pente moyenne entre le point amont et le point aval d'une série de tronçons à regrouper. Les altitudes de ces points sont calculées à l'aide de cette valeur F (fraction des hauteurs des conduites).

Hamont = cote radier nœud amont + F x hauteur de la conduite amont

Haval = cote radier nœud aval + F x hauteur de la conduite aval

On trace la droite entre ces deux points. Le regroupement des tronçons est accepté si cette ligne de test reste en permanence à l'intérieur des conduites c'est à dire si elle ne coupe ni la ligne du bas des conduites, ni celle du haut des conduites. Sinon, le test est effectué en partant du même nœud amont et pour un nombre de tronçons égal à la moitié du nombre de tronçons précédent, ainsi de suite jusqu'à ce que la ligne de test reste à l'intérieur de la conduite.

La valeur par défaut de F est 0.5. Elle correspond au milieu des conduites. Une valeur supérieure à 0.5 rend le logiciel plus exigeant pour des formes concaves. Une valeur inférieure à 0.5 rend le logiciel plus exigeant pour des formes convexes.

Règles de regroupement

En partant des têtes du réseau on parcourt les tronçons consécutifs vers l'aval.

on regroupe un tronçon avec son tronçon aval si :

- il ne possède pas plus d'un tronçon amont
- il ne possède qu'un tronçon aval
- si ce tronçon et son unique tronçon aval
 - ont un écart de débitance inférieur à une tolérance choisie
 - ont une différence de cote radier inférieure à une borne choisie
- si la longueur cumulée est inférieure à la longueur maximum choisie

Paramètres d'un bassin équivalent

Les nœuds et les tronçons situés entre le nœud le plus en amont et le nœud le plus en aval sont détruits, les bassins versants attachés à ces nœuds sont sommés sur l'amont du nouveau tronçon créé.

nom du tronçon : # nœud amont - nœud aval

nom des bassins créés : §BV type de bassin -> nom du nœud

phase 6 : Simplification manuelle

Le sous-réseau obtenu à la suite de ces diverses modifications peut être encore trop compliqué et il est nécessaire d'affiner manuellement la simplification. Pour ceci revenir dans l'appliquatif de gestion des données et utiliser les commandes :

Projet

Zone

Sélection d'une zone

Conserver une zone

Enlever une zone

La sélection d'une zone s'effectue en entourant cette zone sur l'écran (souris) par un polygone quelconque (les tronçons traversés par la frontière sont supposés inclus dans la zone).

La suppression de certains des éléments d'un réseau existant peut ensuite se faire en utilisant deux démarches distinctes.

- en spécifiant les éléments que l'on souhaite conserver : pour ceci cliquer sur la commande "*Conserver une zone*" ; le logiciel efface tous les éléments qui ne sont pas entièrement compris dans la zone visualisée.
- En spécifiant les éléments que l'on souhaite enlever : pour cliquer sur la commande "*Enlever une zone*" ; le logiciel efface tous les éléments qui sont entièrement compris dans la zone visualisée.

Nota : Un nouvel outil est en cours de développement, permettant la fusion de plusieurs tronçons successifs constituant un parcours pour constituer un tronçon unique.

étape 5 : Préparation de la saisie des bassins versants

Support de travail : Autocad et documents papier.

- Plan papier au 1:10000 sur lequel le découpage en sous bassins versants d'apport aux différents déversoirs d'orage aura été effectué, sur lequel les réseaux considérés comme structurant auront été reportés et complétés selon étape 3.
- Plan autocad.
- Ensemble des documents disponibles sous Autocad (photographies aériennes, courbes de niveau, etc.).

Cette étape est constituée de 8 phases successives.

1. Décomposer la zone en sous-bassins versants. Ce découpage doit être effectué en tenant compte à la fois du réseau (identification des zones drainées vers un exutoire donné) et de la surface (homogénéité de la couverture des sols et des modes de raccordement). Définir l'exutoire de chacun des bassins versants. Il sera indispensable d'avoir au moins un bassin versant à l'amont de chacun des nœuds significatifs. Le contour de ces bassins versants sera déterminé en utilisant les mêmes règles que celles mises en œuvre pour limiter la zone : utilisation en priorité du réseau extrait de GESICA, et en second lieu des courbes de niveau. Si les bassins versants définis lors de cette étape sont trop grands (surface supérieure à 100 hectares) ou s'ils sont très hétérogènes en type de couverture des sols ou en pente, il sera nécessaire de les redécouper en unités plus petites, toujours selon les mêmes principes. On évitera cependant d'avoir des bassins versants de surface inférieure à une vingtaine d'hectares. Dessiner le contour du bassin versant sous autocad.
2. Pour chaque bassin versant défini lors de cette étape, préciser le tracé du plus long parcours de l'eau (en utilisant le réseau interne au sous bassin). Dessiner le tracé du plus long parcours de l'eau sous Autocad.
3. Noter la cote du point fil d'eau situé le plus à l'amont (cote radier) et le nom du nœud servant d'exutoire au bassin versant.
4. Evaluer le pourcentage de surface imperméable directement et indirectement connectées en utilisant la méthode statistique. Avec la grille utilisée, le nombre total de points comptés par bassin versant doit être compris entre 200 et 300 si la surface des bassins versant est comprise entre 25 et 40 hectares. Ce nombre de points est suffisant pour assurer une précision acceptable. Pour des bassins plus petits, on peut admettre une précision moins bonne, donc un nombre de points plus faible. Pour des bassins plus grands, compter quand même la totalité des points (même si supérieur à 300), pour éviter des erreurs systématiques.
5. Choisir le type de raccordement (ce qui permettra de définir le pourcentage de l'eau précipitée sur les différents types de surface : imperméable directement connectée, imperméable non directement connectée et perméable) qui rejoint le réseau d'assainissement pour chaque catégories de pluies (faible, moyenne ou forte). Voir la notice de CANOE. Le nombre de types de raccordement est de 50.
6. Pour les bassins versants équipés de déversoirs d'orage non représentés individuellement, choisir les paramètres de la fonction filtre à utiliser Q1, Q2 et pente de la droite (Voir la notice spécifique).
7. Estimer la population équivalente en tenant compte des rejets industriels (comptés en nombre d'équivalents-habitants : volume journalier divisé par le rejet journalier moyen).

8. Exporter le plan Autocad avec le tracé du contour des bassins versants et de leur plus long parcours de l'eau au format .bmp (éventuellement en plusieurs parties si la surface totale est importante).

étape 6 : Saisie des bassins versants

Support de travail : CANOE et compléments d'information sur les bassins versants (cs1, cs2, cote point amont, type raccordement, etc.).

Cette étape est constituée de 2 phases successives.

1. Importer le fond de plan (ou l'un des fonds de plan) constitué sous Autocad et sur lequel le dessin des contours et des plus longs parcours de l'eau des bassins versants a été effectué, le superposer au plan du réseau CANOE.
2. Saisir chaque sous-bassin versant en utilisant le fond de plan et les données alphanumériques obtenues lors de l'étape 5.

étape 7 : Saisie des ouvrages spéciaux

Support de travail : CANOE, plan papier représentant le réseau structurant et fiches descriptives des ouvrages spéciaux.

Cette étape est constituée de 2 phases successives.

1. Saisir les nœuds et les tronçons complémentaires non présents dans la base GESICA (branches déversantes des déversoirs).
2. Saisir chaque ouvrage spécial en utilisant sa fiche descriptive. Essayer d'obtenir le modèle le plus simple possible en évitant les connexions inutiles et en ne représentant que les composants les plus significatifs dans le fonctionnement hydraulique.

étape 8 : Assemblage des sous-réseaux

Une fois que tous les sous-réseaux associés à un sous-bassin versant particulier ont été saisis, il est nécessaire de les assembler.

Cette opération se fait dans CANOE en utilisant la commande fusionner deux projets de l'applicatif de gestion de données

Projet
Fusionner

Elle permet de rajouter aux objets du réseau courant des données provenant d'un autre projet qui doit être défini par son nom.

Les règles utilisées par CANOE sont les suivantes :

- tout objet existant dans le projet courant et n'existant pas dans le projet à fusionner est conservé ;
- tout objet qui existe dans le projet à fusionner et qui n'existe pas dans le projet courant est rajouté ;
- tout objet qui existait dans le projet courant et qui existe également (même nom) dans le projet à fusionner est remplacé par l'objet provenant du projet à fusionner ;
- toutes les relations sont recréées dans la mesure où les nœuds nécessaires existent, elles sont recréées après mise à jour de la table des nœuds ;

Une fois la fusion réalisée, le logiciel édite une table récapitulative des opérations réalisées.
Nota : Ne pas oublier de sauvegarder le projet sous un autre nom, si l'on souhaite conserver le projet originel.

Pour terminer l'opération, il est nécessaire de vérifier que les tronçons connectant des objets appartenant à des sous-réseaux différents ont bien tous été saisis.

étape 9 : Assemblage du sous réseau et présentation

_Dénomination des fichiers autocad et canoe

Après la fusion de tous les sous réseaux formant le secteur, une procédure est à respecter pour la dénomination des fichiers, tant pour autocad de que pour canoe .

_CANOE

Le projet issue de la fusion, après la simulation de niveau 1 est à nommé ainsi .

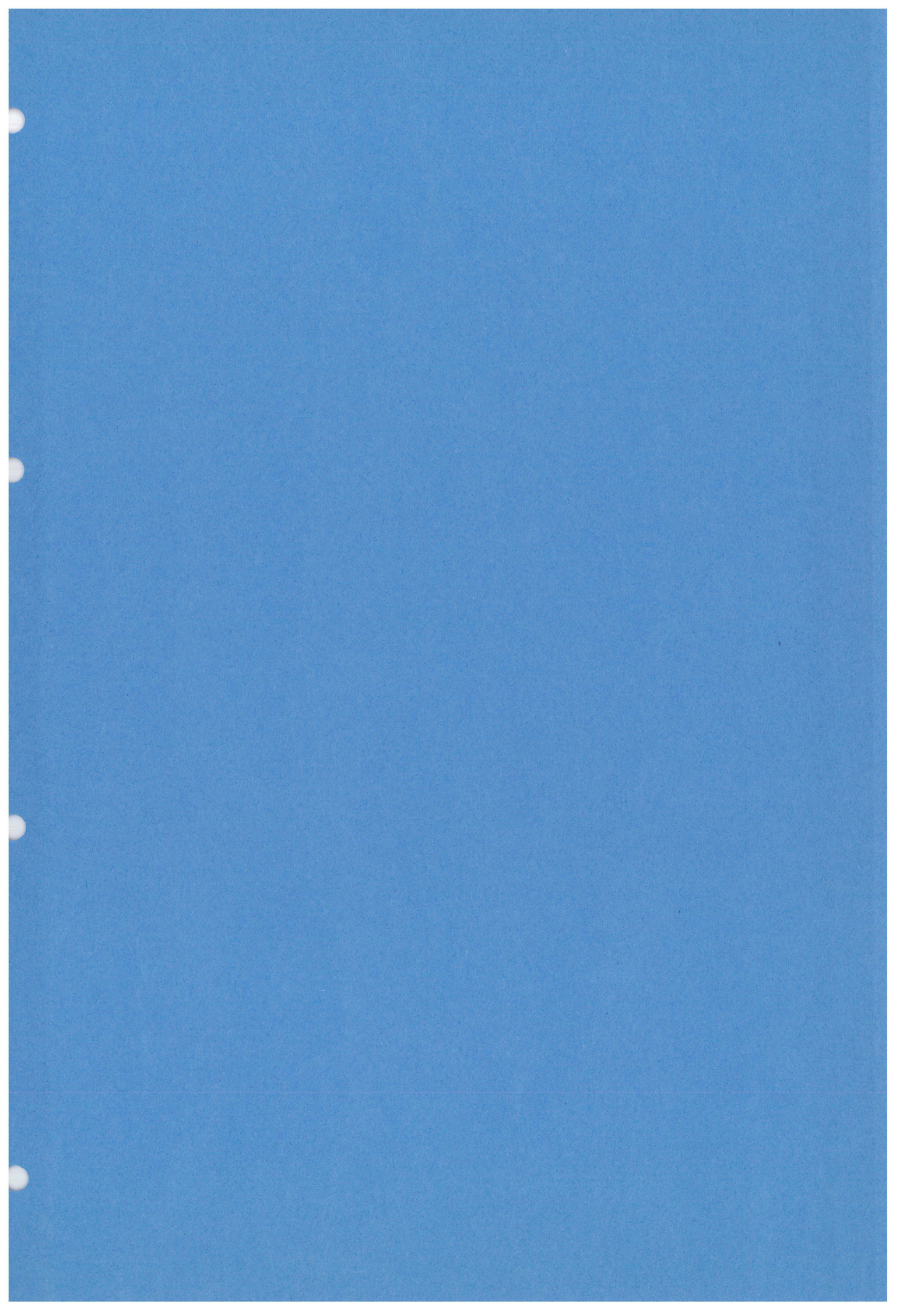
Les 6 premières lettres du nom du secteur plus l'extension ex : Yzeron.mdb

_AUTOCAD

Les fonds plans seront simplifiés et renommés ainsi la première lettre désignera le type de plan, les 4 suivantes seront les 4 premières les lettres du nom du secteur plus l'extension .

ex : Ayzer.dwg .

Fond de plans	Nom du fichier	Calques
Assainissement	Ayzer.dwg	ascanap
		asdevers
		aspfildo
Batiment	Byzer.dwg	batidur
Réseau CANOE	Cyzer.dwg	do00pc
		do30pc
		do70pc
		noeud
		tronçon poly ep 10
Plan de saisie des BV	Syzer.dwg	bassins_hachures
		bassins_versants
		bassins_noms
		sous_réseau
Parcelles	Pyzer.dwg	parcactu
Topographie	Tyzer.dwg	commune
		commune2nom
		rlsitlin
		surfdeau



ANNEXE 2

**Modélisation générale du réseau d'assainissement de la
Communauté Urbaine de Lyon**

Etablissement de la chronique de référence

**Mise en place de l'autosurveillance :
Modélisation générale du réseau
d'assainissement Grand Lyon**

**Définition d'entrées pluvieuses
standardisées**

rapport final

avril 2002

B. Chocat / J.P. Bardin

URGC - HU

INSA de LYON

Sommaire

1	Introduction	5
1.1	Rappel des objectifs	5
1.2	Méthode utilisée	5
2	Etape 1 : construction et analyse préalable des événements pluvieux	7
2.1	Mode de représentation des pluies	7
2.2	Paramétrage du modèle	8
2.3	Analyse statistique des pluies.....	9
3	Etape 2 : sélection des réseaux et simulation de l'ensemble des pluies.....	17
4	Etape 3 : Construction et test des chroniques, comparaison à la solution de référence ...	22
5	Etape 4 : Sélection de la chronique la mieux adaptée	24
5.1	Démarche et critères utilisés	24
5.2	Résultats obtenus.....	25

1 Introduction

1.1 Rappel des objectifs

Le but de cette étude est de définir des chroniques de pluies susceptibles de servir d'entrée à CANOE pour évaluer les rejets par les déversoirs d'orage. De façon plus précise, ces chroniques doivent être construites de façon à atteindre trois sous objectifs :

- permettre de hiérarchiser les déversoirs d'orage de la Communauté urbaine de Lyon en fonction du volume moyen annuel d'effluent (ou de la masse moyenne annuelle de polluant) qu'ils rejettent et en particulier permettre d'identifier le sous-ensemble de déversoirs qui est responsable de 70% des rejets ;
- permettre d'évaluer l'ordre de grandeur du volume ou de la masse rejetée par déversoir d'orage ou par sous-groupes de déversoirs d'orage pour différentes bases de temps : événementielle ou journalière (en association avec une période de retour), saisonnière, annuelle ;
- permettre d'évaluer le nombre moyen annuel de rejets par déversoir.

Les contraintes prises en compte pour construire ces chroniques de pluies ont été les suivantes :

- le Grand Lyon dispose de mesures sur un réseau dense de pluviomètres depuis 1985, ces données peuvent être considérées comme fiables depuis 1988,
- la variabilité inter-annuelle des précipitations est importante,
- les bassins versants étudiés ont, pour certains d'entre eux des surfaces grandes, ce qui nécessite la prise en compte de la répartition spatio-temporelle des précipitations,
- les pluies utilisées doivent être définies à l'échelle du territoire du Grand Lyon de façon à pouvoir comparer les résultats entre les bassins versants,
- le temps de calcul (fonction du nombre de simulations réalisées) doit être acceptable, ce qui impose de choisir des chroniques de pluies comprenant le moins possible d'événements.

1.2 Méthode utilisée

La méthode utilisée pour construire les chroniques de pluies a été la suivante :

- étape 1 Construction d'un modèle d'évolution spatio-temporelle (grille d'espace de 2km par 2 km et pas de temps de 6 minutes) pour toutes les pluies observées sur l'agglomération entre début 1988 et fin 2000 ; élimination des pluies ne dépassant pas un seuil minimum de lame d'eau totale précipitée ou d'intensité moyenne maximum sur un poste au moins ; analyse statistique des pluies en fonction de différents critères de répartition spatio-temporelle (durée, lame d'eau totale, lame d'eau par unité de temps, intensité moyenne maximum sur différents postes, ...) ; répartition des pluies en un nombre limité de classes de pluies.
- étape 2 Simulation de l'ensemble des pluies sur deux bassins versants jugés représentatifs (Meyzieu et Fontaines sur Saône) et calcul des volumes rejetés en 12 ans pour tous les déversoirs d'orage de ces deux réseaux (constitution d'une solution de référence).
- étape 3 Constitution de chroniques virtuelles constituées en tirant au hasard une pluie représentative de chacune des classes (1000 tirages aléatoires réalisés) ; calcul des volumes rejetés en 12 ans pour tous les déversoirs d'orage de ces deux réseaux pour chacune des chroniques virtuelles, en multipliant le volume rejeté pour

Modélisation générale du réseau d'assainissement Grand Lyon : Définition d'entrées pluvieuses standardisées
chacune des pluies de la chronique par le nombre de pluies de la classe représentée par cette pluie ; analyse de la distribution des valeurs et évaluation des incertitudes ; comparaison avec la solution de référence.

étape 4 Sélection, parmi les mille chroniques testées, de celles qui minimisent différents critères d'écart préétablis entre les volumes calculés pour la chronique et la solution de référence.

Le rapport détaille successivement chacune de ces quatre étapes.

2 Etape 1 : construction et analyse préalable des événements pluvieux

Les données utilisées sont celles de la période 1988 – 2000 (soit 12 ans). Les données observées avant 1988 ont été considérées comme insuffisamment fiables (de plus le nombre de pluviomètres déployés étaient moins important). L'année 2001 n'a pas été utilisée car elle était incomplète au début du travail¹.

2.1 Mode de représentation des pluies

Le modèle utilisé pour représenter la variabilité spatio-temporelle des pluies est le modèle dit "événement 3D". Ce modèle est disponible dans le logiciel CANOE, utilisé par le Grand Lyon.

Un événement 3D est un événement pluvieux spatialement distribué, défini par les hyétogrammes sur chacune des mailles d'un quadrillage régulier de l'espace (voir Figure 1).

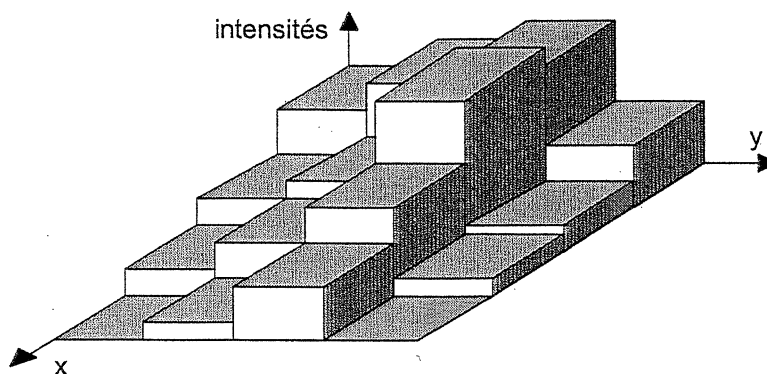


Figure 1 : représentation d'un événement 3D au sens de CANOE.

La taille des mailles est paramétrable. Elle doit cependant être cohérente, d'une part avec la variabilité spatio-temporelle du phénomène représenté, d'autre par avec la densité des informations disponibles. Nous avons utilisé ici des mailles de 2x2 km. Un réseau de 15*15 mailles permet de recouvrir la totalité de l'agglomération.

La Figure 2 illustre ce modèle pour l'une des pluies observées.

¹ Il est important de travailler sur des années complètes pour tenir compte de la variabilité saisonnière des précipitations.

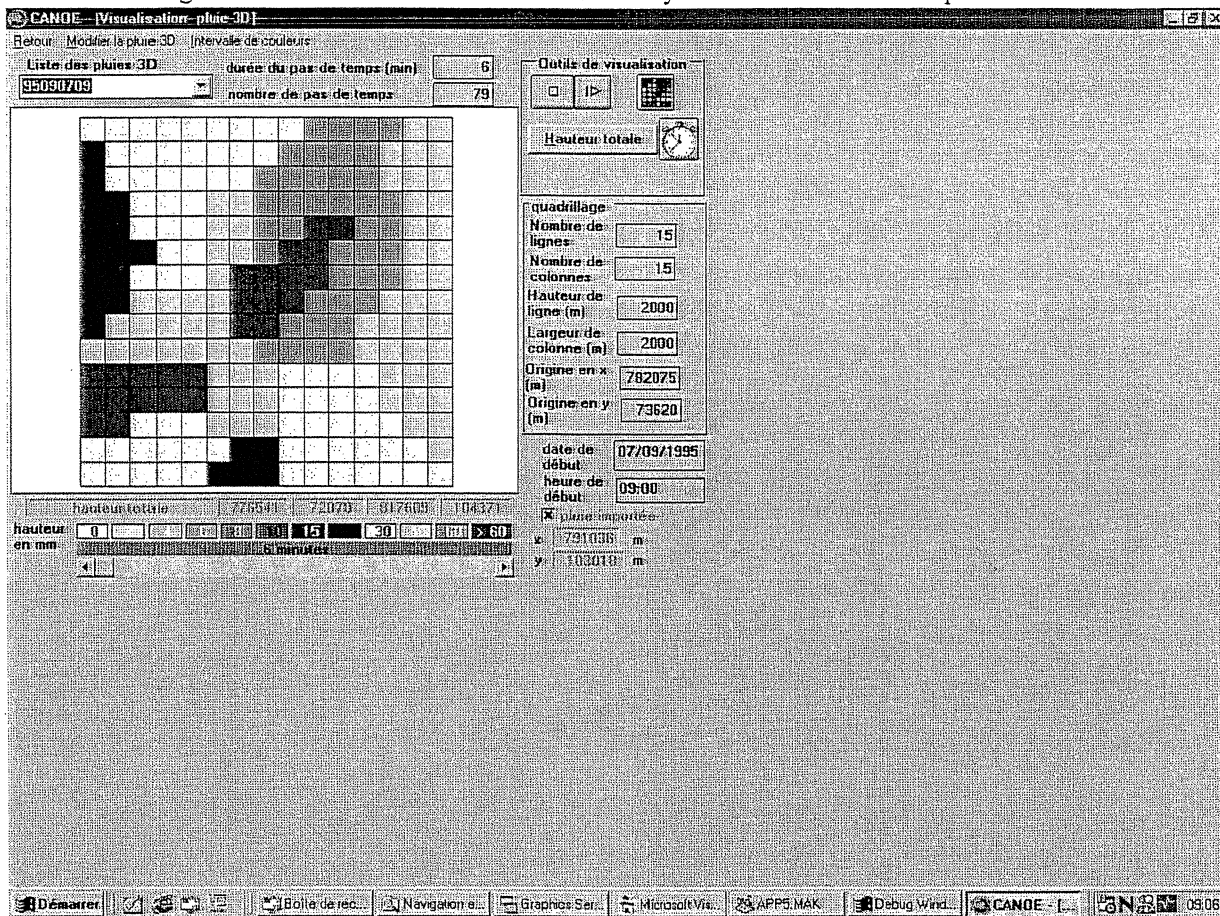


Figure 2 : Exemple de pluie 3D sur le Grand Lyon.

2.2 Paramétrage du modèle

Le logiciel CANOE proposait un outil manuel de construction des pluies 3D. Cet outil était extrêmement lourd à utiliser du fait du très grand nombre de données à manipuler. Nous avons donc choisi de développer un programme spécifique permettant une construction automatique rapide de l'ensemble des événements 3D de la période considérée.

Les règles utilisées pour construire ces événements sont les suivantes :

- ok* - pas de temps fixe de 6 minutes ; *d*
- ok* - détection d'un possible début de pluie si on mesure une intensité moyenne en 18 mn supérieure ou égale à 2 mm/h sur au moins un poste pluviométrique ;
- d* - détermination de la fin de la pluie lorsque l'on observe une période minimum de quatre heures pendant laquelle on mesure moins de 4 basculements d'auge sur l'ensemble des postes pluviométriques ;
- élimination des "fins de pluies" correspondant à périodes où l'intensité moyenne reste inférieure à 2 mm/h pendant 18 mn sur la totalité des postes pluviométriques ;
- élimination de la pluie si la lame d'eau moyenne sur l'ensemble de la grille est inférieure à 2 mm ;
- élimination de la pluie si l'intensité moyenne maximum observée en 18 mn est inférieure à 4 mm/h sur la totalité des postes ;

Modélisation générale du réseau d'assainissement Grand Lyon : Définition d'entrées pluvieuses standardisées

- affectation sur chaque grille des intensités mesurées sur le pluviomètre le plus proche en fonctionnement pour la totalité de l'événement pluvieux² (ou moyenne des intensités mesurées sur le ou les pluviomètres situés dans la maille).

Ce travail a été effectué une première fois au printemps 2001. La visualisation des résultats a permis de diagnostiquer de nombreuses erreurs (pannes non diagnostiquées de pluviomètres). Après corrections, il a été refait pendant l'été 2001.

Un premier résultat important de cette étude est donc de disposer d'un catalogue complet et directement exploitable de toutes les pluies observées sur le Grand Lyon entre janvier 1988 et décembre 2000.

2.3 Analyse statistique des pluies

En utilisant les règles précédentes, 829 pluies 3D ont été retenues, dont les caractéristiques moyennes sont rappelées dans le Tableau 1 :

année	nombre pluies	imax18 moyen (mm/h)	Htotal (mm)	durée totale (h)	hauteur moyenne (mm)	durée moyenne (h)
1988	69	24.6	592	500	8.6	7.2
1989	54	18.5	468	341	8.7	6.3
1990	67	21.7	509	350	7.6	5.2
1991	47	21.0	494	291	10.5	6.2
1992	67	21.3	613	390	9.1	5.8
1993	70	30.2	904	405	12.9	5.8
1994	59	23.1	572	346	9.7	5.9
1995	69	20.4	642	432	9.3	6.3
1996	61	19.8	701	418	11.5	6.8
1997	63	20.3	484	385	7.7	6.1
1998	65	17.8	554	337	8.5	5.2
1999	70	23.4	691	424	9.9	6.1
2000	68	19.5	644	388	9.5	5.7
total	829		7866	5007		
moyenne	64	21.7	605	385	9.5	6.0

Tableau 1 : Caractéristiques principales de la pluviosité observée sur Lyon entre 1988 et 2000.

On peut noter que la variabilité inter-annuelle est forte, quel que soit le critère pris en compte :

- le nombre annuel de pluies varie entre 46 en 1991 et 70 en 1995 ;
- la hauteur totale annuelle³ varie entre 227 mm en 1997 et 499 mm en 1988 ;
- etc..

Si l'on s'intéresse aux valeurs extrêmes, la variabilité est encore plus notable.

² l'intérêt de cette approche est de disposer de la meilleure image spatio-temporelle possible, quels que soient les appareils en fonctionnement.

³ il ne s'agit pas de la hauteur précipitée totale annuelle, mais de la hauteur précipitée en un an au cours d'événement pluvieux susceptibles de générer des ruissellements un peu importants sur l'agglomération.

Modélisation générale du réseau d'assainissement Grand Lyon : Définition d'entrées pluvieuses standardisées
 Les Tableau 2 et Tableau 3 recensent les 10 plus fortes pluies observées au cours des 12 années étudiées en fonction de deux critères :

- l'intensité moyenne maximum en 18 mn sur un poste pour le premier tableau ;
- la lame d'eau totale pour le deuxième tableau.

Pluie	H. totale (mm)	Durée (h)	Imax18 (mm/h)
05/07/93 15:24	23,8	6,4	140,7
29/06/93 15:06	11,7	1,3	112,7
01/07/93 15:18	13,3	1,9	112
14/05/88 22:06	7,5	1,6	111,3
31/07/94 20:36	7,9	3,6	108,7
08/08/95 04:36	42,9	17,3	108
10/06/00 18:30	39,9	6,8	104
30/06/97 12:42	16,7	7,1	98
07/09/95 09:00	37,6	7,9	95,3
12/05/93 12:06	6,9	2,7	92

Tableau 2 : Caractéristiques des 10 pluies les plus intenses en 18 minutes observées à Lyon entre 1988 et 2000.

Pluie	H.totale (mm)	Durée (h)	Imax18 (mm/h)
22/09/93 10:30	91,8	19,1	20
12/11/96 15:48	83,5	13,1	40,7
28/09/91 20:00	81,6	29,2	24
22/10/99 18:24	79,5	12,1	55,3
25/04/89 01:18	62,9	33,8	23,3
07/10/93 05:48	61,1	36,6	24,0
03/11/89 00:00	60,3	24,7	28,7
04/10/95 22:42	60,0	13,8	32,7
21/06/97 14:00	56,9	27,1	38,7
10/10/88 23:24	54,4	24,9	10,7

Tableau 3 : Caractéristiques des 10 pluies les plus fortes en lame d'eau observées à Lyon entre 1988 et 2000.

On peut en particulier noter que par rapport au premier critère, les trois pluies les plus violentes observées en 12 ans ont eu lieu en moins d'une semaine entre le 29 juin et le 5 juillet 1993, elles ont également commencé presqu'à la même heure.

Une analyse en composantes principales portant sur 7 variables (durée, hauteur totale précipitée, intensités moyennes maximales en 6, 18, 30, 60 et 120 minutes) a permis de retenir

Modélisation générale du réseau d'assainissement Grand Lyon : Définition d'entrées pluvieuses standardisées
 3 variables de répartition : la hauteur totale et la durée qui, sur la Figure 3, sont positionnées sur un axe horizontal, et imax18 (intensité moyenne maximum en 18 minutes), qui s'aligne avec les précédentes sur un axe vertical. Les variables composites définissant ces deux axes expliquent à elles seules près de 95% de la variance totale, et cette analyse permet de supposer que deux ou trois critères de répartition seront suffisants pour classer les pluies.

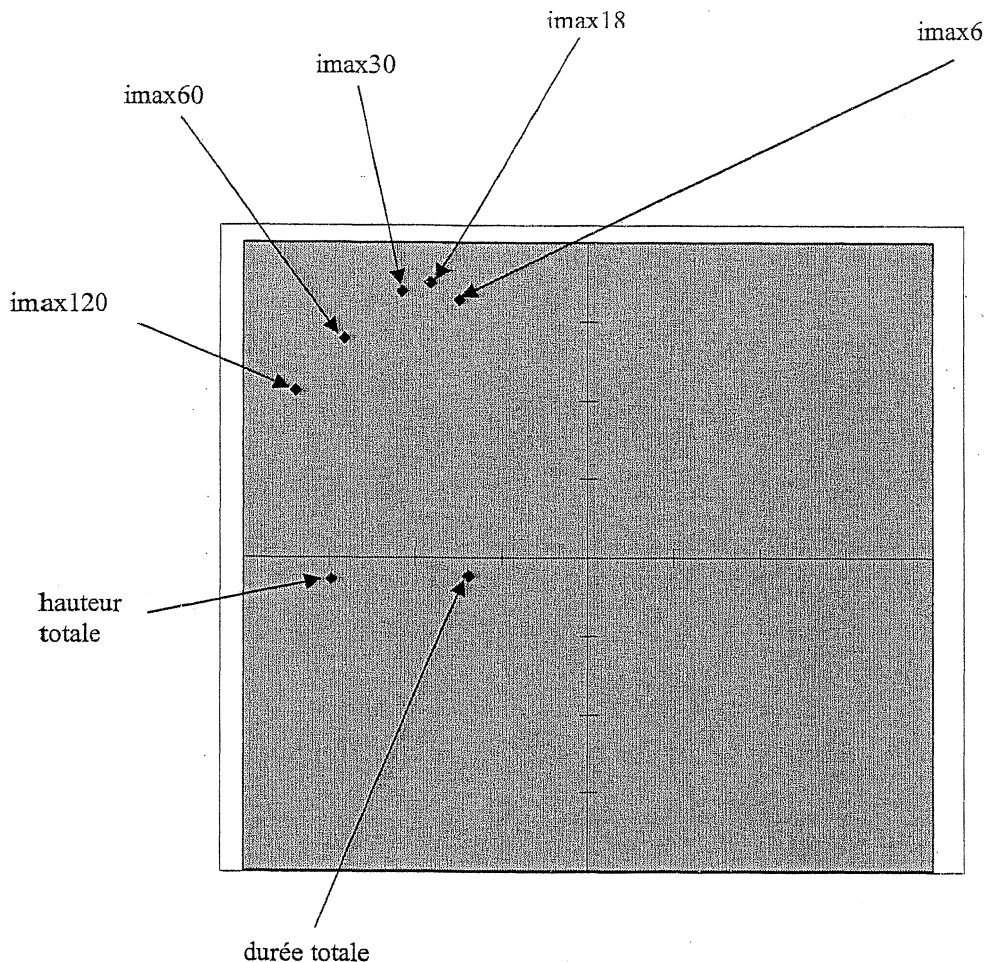


Figure 3 : Analyse en composantes principales des pluies observées à Lyon entre 1988 et 2000.

Nous avons ensuite retiré de l'échantillon les 15 événements les plus forts par rapport à chacune de ces variables (les 15 pluies les plus longues, les 15 pluies les plus fortes en terme de lame d'eau totale précipitée et les 15 pluies les plus fortes en terme d'intensité moyenne maximum en 18 minutes). L'analyse bibliographique montre en effet que les événements extrêmes :

- sont trop atypiques pour pouvoir les classer facilement avec les événements plus courants,
- sont à eux seuls responsables d'une proportion importante des rejets.

Les pluies restantes ont ensuite été réparties en 8 classes de même effectif (98 pluies par classe) en fonction de leur durée.

Puis, pour chacune de ces classes, nous avons calculé la moyenne et l'écart type de chacune des trois variables principales. Le Tableau 4 synthétise les résultats obtenus.

	imax18		lame d'eau		durée		imoyenne	
	moyenne	ecart-type	moyenne	ecart-type	moyenne	ecart-type	moyenne	ecart-type
Classe 1	10.94	12.88	1.17	0.94	0.61	0.25	1.76	1.01
Classe 2	17.85	17.90	2.93	1.25	1.35	0.20	2.19	0.89
Classe 3	18.51	14.69	4.55	2.85	2.15	0.31	2.13	1.37
Classe 4	20.06	15.70	5.52	3.57	3.31	0.41	1.68	1.09
Classe 5	18.72	17.03	6.98	5.65	4.76	0.43	1.50	1.24
Classe 6	25.91	21.47	10.85	8.67	6.33	0.55	1.69	1.32
Classe 7	24.20	17.98	13.66	10.22	9.40	1.18	1.48	1.11
Classe 8	23.69	17.12	21.31	15.71	16.31	4.88	1.36	1.11

Tableau 4 : Caractéristiques des distributions des pluies observées à Lyon entre 1988 et 2000, analyse par classes de durée à effectif identique.

Ce tableau montre que, contrairement à ce que l'on pouvait attendre, les moyennes de l'intensité moyenne⁴ (imoyen) et de l'intensité moyenne maximum en 18 minutes (imax18) varient peu avec la durée de la pluie (pas plus d'ailleurs que leurs écarts types).

Ce résultat est illustré par la Figure 4, qui représente les variations de la lame d'eau moyenne par classe (en mm) en fonction de la durée moyenne des pluies de la classe (en heures). Le coefficient de détermination est de 0,98.

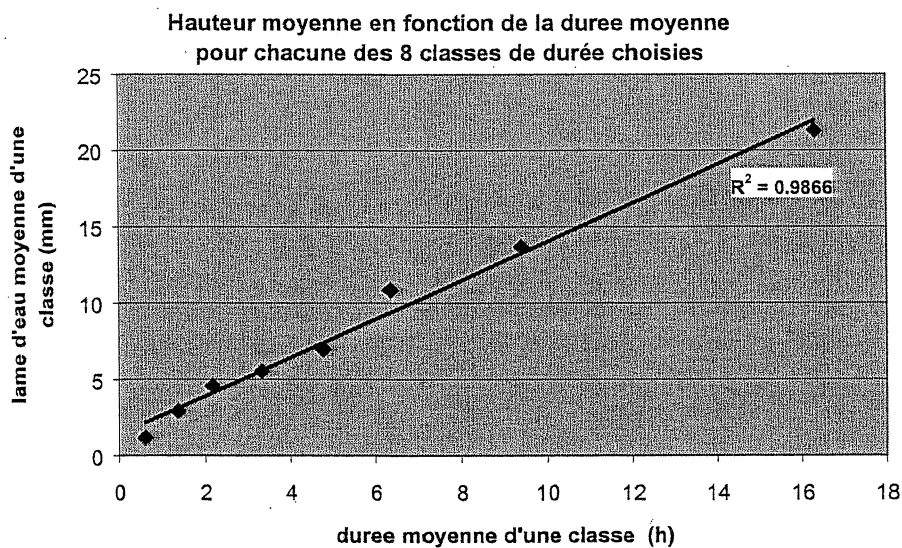


Figure 4 : Relation entre la lame d'eau moyenne et la durée moyenne de chaque classe.

Ce résultat justifie la procédure de classification, que nous avons utilisé et dont le principe est le suivant :

- conservation des 15 pluies les plus longues, des 15 pluies les plus fortes en terme de lame d'eau totale précipitée et des 15 pluies les plus fortes en terme d'intensité moyenne maximum en 18 minutes ;

⁴ Hauteur totale précipitée pendant la pluie divisée par la durée de la pluie

Modélisation générale du réseau d'assainissement Grand Lyon : Définition d'entrées pluvieuses standardisées

- classement des pluies restantes en 8 classes de durée d'effectif identique (98 pluies par classe) et répartition des pluies de chacune des classes précédentes en sous-classes d'effectif variable en fonction :
 - soit de la hauteur totale précipitée (choix arbitraire de classes de même largeur 10 mm : 0 à 10 mm, 10 à 20 mm, 20 à 30 mm, etc.) ;
 - soit de l'intensité maximum sur 18 minutes (choix arbitraire de classes de même largeur 10 mm/h : 0 à 10 mm/h, de 10 à 20 mm/h, de 20 à 30 mm/h, etc.).

On obtient ainsi 26 classes si l'on classe les pluies non exceptionnelles en fonction de la hauteur totale, soit 71 pluies au total, et 62 classes si l'on classe les pluies non exceptionnelles en fonction de l'intensité moyenne maximum sur 18 minutes, soit 107 pluies au total.

Les Tableau 5, Tableau 6, et Tableau 7 ci-dessous résument quelques unes des caractéristiques des pluies envisagées.

pluie	Hauteur totale (mm)	Durée (heures)	Imax18 (mm/h)
14/05/88 22:06	7.5	1.6	111.3
16/06/88 16:12	6.1	4.1	86
29/09/88 11:00	22.1	28.7	22
10/10/88 23:24	54.4	24.9	10.7
25/04/89 01:18	62.9	33.8	23.3
10/05/89 11:54	19.1	28.6	46
03/11/89 00:00	60.3	24.7	28.7
29/07/90 14:06	27.9	3	86.7
28/10/90 20:18	22.4	25.2	10
20/11/90 21:06	12.2	25.2	4
28/09/91 20:00	81.6	29.2	24
10/06/92 14:30	24.9	25.1	64.7
21/08/92 16:12	10	1.7	91.3
12/05/93 12:06	6.9	2.7	92
29/06/93 15:06	11.7	1.3	112.7
01/07/93 15:18	13.3	1.9	112
05/07/93 15:24	23.8	6.4	140.7
22/09/93 10:30	91.8	19.1	20
07/10/93 05:48	61.1	36.6	24
31/07/94 20:36	7.9	3.6	108.7
12/09/94 07:36	52.4	17	65.3
05/11/94 05:30	52.2	15.7	14
08/08/95 04:36	42.9	17.3	108
24/08/95 13:36	4.5	1.1	88
07/09/95 09:00	37.6	7.9	95.3
12/09/95 02:30	51.8	31.2	34.7
18/09/95 07:54	27.5	24.8	8
04/10/95 22:42	60	13.8	32.7
18/05/96 20:48	51.7	10.3	40.7
08/06/96 17:24	4.9	1.1	89.3
07/07/96 09:18	51.3	32.6	14
29/07/96 20:36	16.1	6.2	84.7
15/10/96 01:00	25.3	30.3	9.3
12/11/96 15:48	83.5	13.1	40.7
25/11/96 05:54	17.4	27.5	8
21/06/97 14:00	56.9	27.1	38.7
30/06/97 12:42	16.7	7.1	98
07/08/97 12:12	4	1.3	84
26/03/99 06:30	21.4	32.4	14
05/07/99 14:30	53	11.5	49.3
22/10/99 18:24	79.5	12.1	55.3
24/10/99 13:36	29.4	25.6	47.3
10/06/00 18:30	39.9	6.8	104
20/08/00 20:18	13.1	4.3	82
12/10/00 12:48	46.4	12.8	16.7

Tableau 5 : Caractéristiques des 45 pluies les plus exceptionnelles en termes de hauteur totale précipitée, durée, intensité maximum sur 18 minutes.

Classe de durée	Sous-classe imax18	effectif	Amplitude (mm/h)	Moyenne (mm/h)	écart type (mm/h)
1	1	73	0 - 10	4,87	1,50
	2	9	10 - 20	14,14	3,22
	3	6	20 - 30	26,45	1,94
	4	5	30 - 40	33,88	2,86
	5	2	40 - 50	42,00	0,99
	6	2	50 - 60	55,00	5,23
	7	1	60 - 70	66,70	0,00
2	1	46	0 - 10	6,79	1,49
	2	23	10 - 20	13,16	2,44
	3	15	20 - 30	24,97	2,96
	4	5	30 - 40	33,32	1,23
	5	3	40 - 50	43,77	2,66
	6	3	50 - 60	53,57	3,89
	7	2	60 - 70	67,65	0,49
	8	1	70 - 80	75,30	0,00
3	1	35	0 - 10	6,44	1,56
	2	28	10 - 20	13,00	2,75
	3	13	20 - 30	23,68	3,02
	4	11	30 - 40	33,95	3,79
	5	5	40 - 50	45,86	3,11
	6	4	50 - 60	55,33	1,47
	7	1	60 - 70	65,30	0,00
	8	1	70 - 80	82,00	0,00
4	1	28	0 - 10	7,03	1,67
	2	39	10 - 20	14,29	3,02
	3	11	20 - 30	24,37	3,65
	4	5	30 - 40	33,86	2,28
	5	6	40 - 50	42,12	2,58
	6	6	50 - 60	54,77	3,68
	7	3	60 - 70	64,23	3,66
5	1	39	0 - 10	6,45	1,38
	2	25	10 - 20	13,66	3,06
	3	11	20 - 30	22,55	2,57
	4	11	30 - 40	33,33	2,44
	5	2	40 - 50	42,70	0,00
	6	5	50 - 60	53,08	3,34
	7	2	60 - 70	66,00	1,84
	8	3	70 - 80	72,35	1,40
6	1	35	0 - 10	5,50	7,50
	2	30	10 - 20	14,38	2,72
	3	13	20 - 30	23,85	2,36
	4	9	30 - 40	33,70	2,82
	5	10	40 - 50	44,01	3,08
	6	6	50 - 60	54,12	2,99
	7	4	60 - 70	64,53	2,99
	8	1	70 - 80	77,30	0,00
7	1	18	0 - 10	7,22	1,74
	2	37	10 - 20	13,83	2,81
	3	18	20 - 30	24,29	2,31
	4	5	30 - 40	35,22	4,46
	5	8	40 - 50	44,50	3,21
	6	7	50 - 60	54,09	2,18
	7	5	60 - 70	66,40	2,83
8	1	23	0 - 10	7,50	1,38
	2	26	10 - 20	15,10	3,12
	3	16	20 - 30	23,49	2,43
	4	14	30 - 40	33,95	3,07
	5	11	40 - 50	43,56	2,55
	6	5	50 - 60	55,04	3,10
	7	1	60 - 70	62,00	0,00
	8	1	70 - 80	73,30	0,00
	9	1	80 - 90	83,30	0,00

Tableau 6 : Caractéristiques statistiques des pluies restantes rangées dans chaque classe de durée d'effectif identique en sous-classes fonction de l'intensité maximum sur 18 minutes

Classe de durée	Sous-classe htotale	Amplitude (mm)	effectif	Moyenne (mm)	Ecart-type (mm)
1	1	0 - 10	98	1,17	0,94
2	1	0 - 10	98	2,92	1,28
3	1	0 - 10	92	4,10	2,15
	2	10 - 20	6	12,43	1,54
4	1	0 - 10	89	4,66	2,16
	2	10 - 20	9	14,07	3,64
5	1	0 - 10	72	4,42	2,40
	2	10 - 20	22	13,50	3,04
	3	20 - 30	3	22,37	1,39
	4	30 - 40	1	32,60	0,00
6	1	0 - 10	62	5,58	2,69
	2	10 - 20	24	14,70	3,00
	3	20 - 30	5	25,60	3,38
	4	30 - 40	6	34,50	3,14
	5	40 - 50	1	43,60	0,00
7	1	0 - 10	51	6,27	2,49
	2	10 - 20	27	14,71	3,49
	3	20 - 30	15	23,98	1,98
	4	30 - 40	4	33,15	0,31
	5	40 - 50	1	42,60	0,00
8	1	0 - 10	23	6,99	2,19
	2	10 - 20	38	13,94	2,78
	3	20 - 30	18	23,95	2,24
	4	30 - 40	11	35,07	3,24
	5	40 - 50	7	43,19	2,59
	6	50 - 60	1	51,30	0,00

Tableau 7 : Caractéristiques des pluies restantes rangées dans chaque classe de durée d'effectif identique en sous-classes fonction de la hauteur totale.

3 Etape 2 : sélection des réseaux et simulation de l'ensemble des pluies

En accord avec le bureau d'étude de la Direction de l'eau et de l'assainissement, deux réseaux ont été sélectionnés : le réseau de Fontaines sur Saône et le réseau de Meyzieu. Il s'agit de deux réseaux relativement petits, de taille identique mais de caractéristiques très différentes (l'un plat et compact et l'autre pentu et allongé) et situés l'un à l'est et l'autre à l'ouest de l'agglomération. Quelques unes des caractéristiques de ces réseaux sont données ci-après.

Réseau	Nombre de déversoirs	Nombre de pompes	Nombre de tronçons	Nombre de nœuds	Population	surface totale
FONTAINE	21	5	240	240	51 000	1270 ha
MEYZIEU	6	3	125	130	55 000	1090 ha

Tableau 8 : Caractéristiques générales des réseaux testés.

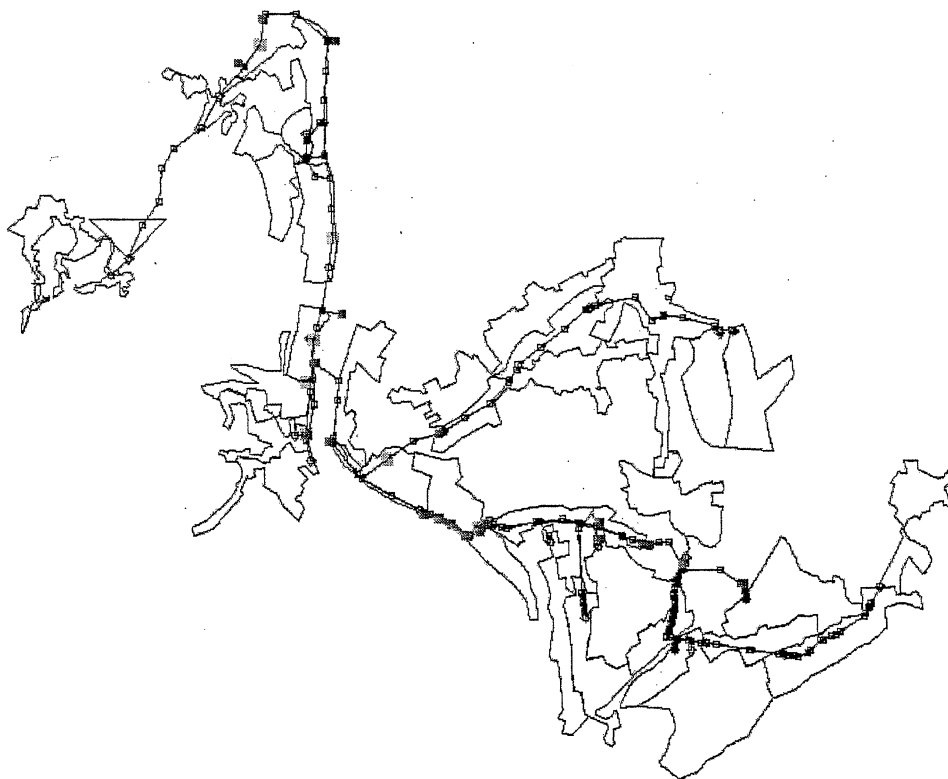


Figure 5 : Plan du réseau de Fontaine sur Saône.

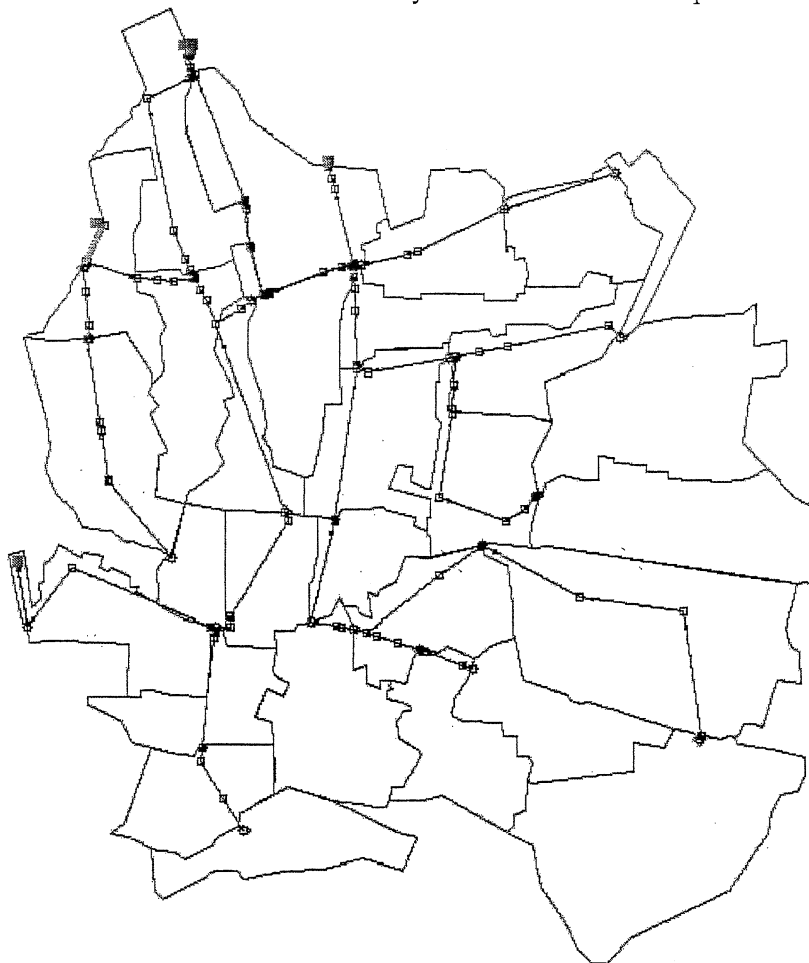


Figure 6 : Plan du réseau de Meyzieu.

Les modèles décrivant ces deux réseaux ont fait l'objet d'un calage réalisé par la Direction de l'eau de la Communauté urbaine de Lyon.

Ces deux réseaux ont été simulés pour la totalité des 829 pluies observées, en utilisant l'option simulation simplifiée. Les résultats obtenus sont résumés dans les tableaux suivants.

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	moyenne	écart type
<i>Bassin versant de Fontaine</i>															
STEP	1149	822	901	698	971	1020	856	1065	988	918	879	1024	972	943	116
48191	726	524	619	508	643	904	582	741	737	586	591	729	699	661	109
48263BIS	425	334	363	327	391	627	372	487	493	340	365	462	441	417	85
48047do	77	70	63	79	69	148	92	88	96	62	68	91	100	85	23
40637	40	44	31	52	46	152	55	78	128	28	52	100	72	68	38
76680	3	2	7	4	10	30	8	15	13	5	7	19	11	10	8
94904	2	1	2	1	4	21	6	14	11	0	3	14	10	7	7
67641	3	2	5	3	6	14	5	9	6	4	4	11	6	6	3
exutdo6	2	1	3	2	4	12	3	5	6	2	3	7	4	4	3
76670	1	0	1	0	2	4	2	5	1	1	1	4	3	2	2
48056do	0	0	0	0	1	3	1	2	2	0	0	3	1	1	1
40641	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
76625	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
76694	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
94312	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
albi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
do1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
do2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
do3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
exutdo5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
exut1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
total	2428	1800	1995	1674	2147	2935	1982	2509	2481	1946	1973	2464	2319	2204	
<i>Bassin versant de Meyzieu</i>															
108244	869	588	669	568	695	1062	673	1608	785	574	649	802	723	790	281
108245A	371	232	252	209	276	303	245	586	285	266	246	291	278	295	96
108241	274	132	171	193	246	462	243	567	270	204	235	323	250	275	119
6033	218	95	129	158	226	465	222	490	245	194	210	322	245	248	117
57362	117	120	132	77	94	149	89	201	104	81	87	112	99	113	34
56513	79	91	101	54	66	128	65	134	73	56	66	93	75	83	25
total	2007	1348	1555	1313	1670	2697	1602	3720	1836	1431	1559	2035	1744	1886	

Tableau 9 : Volumes annuels rejetés par chacun des déversoirs (en milliers de m³).
Les déversoirs sont classés par ordre de volume annuel moyen décroissant

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	moyenne	écart type
<i>Bassin versant de Fontaine</i>															
STEP	69	54	67	47	67	70	59	69	61	63	65	70	68	64	7
48263BIS	68	53	66	46	67	69	59	69	59	60	65	69	68	63	7
48191	68	51	65	45	67	69	58	69	59	60	63	68	68	62	8
48047do	24	17	22	15	23	35	22	19	20	19	23	26	24	22	5
67641	15	16	18	15	20	32	14	17	19	18	21	26	23	20	5
40637	17	15	12	11	12	26	15	12	16	11	10	11	17	14	4
exutdo06	8	9	10	9	12	22	7	12	8	10	10	13	12	11	4
76680	5	7	8	8	11	18	5	8	8	5	7	11	8	8	3
94904	4	4	8	7	7	15	4	10	6	2	7	10	8	7	3
76670	1	0	5	1	3	9	3	5	4	2	3	6	4	4	2
48056do	1	0	1	0	1	6	2	5	3	0	3	3	3	2	2
40641	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
76625	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
76694	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
94312	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
albi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
do1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
do2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
do3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
exutdo05	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	2	0	0	1
exut1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
total	280	226	282	204	291	371	250	295	263	250	277	315	305	277	
<i>Bassin versant de Meyzieu</i>															
108245A	69	54	67	47	67	70	59	69	61	63	65	70	68	64	7
57362	69	54	67	47	67	70	59	69	61	63	65	70	68	64	7
108244	51	39	47	39	53	55	48	58	46	44	52	56	55	49	6
108241	45	37	40	34	47	50	40	50	38	33	47	49	45	43	6
56513	41	29	36	29	40	49	38	48	39	33	43	44	45	40	6
6033	35	25	34	27	34	46	36	39	37	26	40	42	36	35	6
total	310	238	291	223	308	340	280	333	282	262	312	331	317	305	

Tableau 10 : Nombre annuel de rejets pour chacun des déversoirs.
Les déversoirs sont classés par ordre de nombre annuel moyen décroissant.

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	moyenne	écart type
<i>Bassin versant de Fontaine</i>															
48191	62	65	46	81	36	82	55	61	59	48	34	52	43	56	15
STEP	53	60	47	53	45	65	36	57	59	50	34	48	44	50	9
48263BIS	37	46	30	58	31	81	47	47	67	32	30	57	34	46	16
40637	11	12	13	9	15	39	17	20	47	13	16	42	20	21	13
48047do	12	15	8	21	8	20	15	13	16	10	9	13	9	13	4
76680	2	1	2	1	4	8	4	8	6	3	3	8	7	4	3
94904	1	1	1	1	3	6	3	5	7	0	2	8	7	3	3
67641	1	0	1	1	2	3	2	4	2	2	1	3	3	2	1
exutdo06	1	1	1	1	1	3	1	2	3	1	1	3	2	1	1
76670	0	0	0	0	1	1	1	4	1	1	0	2	3	1	1
48056do	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	2	1	1	1
40641	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
76625	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
76694	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
94312	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
albi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
do1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
do2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
do3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
exutdo05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
exut1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
total	179	200	150	226	148	309	180	223	268	160	131	239	172	199	
<i>Bassin versant de Meyzieu</i>															
108244	87	71	43	89	41	91	74	83	71	76	49	81	57	70	17
6033	26	17	35	33	29	59	42	59	46	39	39	83	37	42	17
108241	32	23	29	35	26	42	39	55	32	34	33	67	26	36	12
108245A	16	20	15	17	12	21	11	18	19	16	10	18	13	16	4
56513	9	6	8	11	7	15	9	13	12	11	9	18	10	11	3
57362	12	9	7	12	6	13	9	12	10	11	8	14	9	10	2
total	181	145	136	197	122	242	184	241	191	188	148	281	151	185	

Tableau 11: Plus fort rejet annuel pour chacun des déversoirs (en milliers de m3).
Les déversoirs sont classés par ordre de rejet maximum décroissant.

Ces résultats constituent la solution de référence. On peut noter que si les valeurs changent d'une année sur l'autre, les ordres de grandeur restent cependant relativement constants, de même que l'importance relative de chacun des points de rejets (sauf, ce qui est assez logique, pour le plus fort rejet annuel). Ces éléments sont plutôt favorables.

4 Etape 3 : Construction et test des chroniques, comparaison à la solution de référence

L'objectif de cette étape est de déterminer les incertitudes associées à la représentation de la totalité des pluies par un échantillon dont la taille est la plus faible possible.

Deux familles d'échantillons ont été retenues pour être étudiées :

- l'ensemble des pluies exceptionnelles, plus une pluie pour chacune des classes de pluies par durée et intensité moyenne maximum en 18 minutes, soit 107 pluies ;
- l'ensemble des pluies exceptionnelles, plus une pluie pour chacune des classes de pluies par durée et hauteur totale, soit 71 pluies ;

Dans les deux cas, les volumes rejetés en 12 ans pour tous les déversoirs d'orage des deux réseaux, pour chacune des chroniques virtuelles, ont été obtenus en multipliant le volume rejeté pour chacune des pluies de la chronique par le nombre de pluies de la classe représentée par cette pluie. Les critères retenus dans cette étape sont :

- le volume total rejeté par chacun des déversoirs en 12 ans,
- l'identification des déversoirs responsables à eux seuls de 70% des rejets,
- le nombre moyen annuel de rejets.

Pour chacune des 2 familles, 1000 échantillons ont été tirés au sort de façon à obtenir une bonne estimation des incertitudes.

Les résultats sont synthétisés sur les figures Figure 7 et Figure 8 ci-dessous.

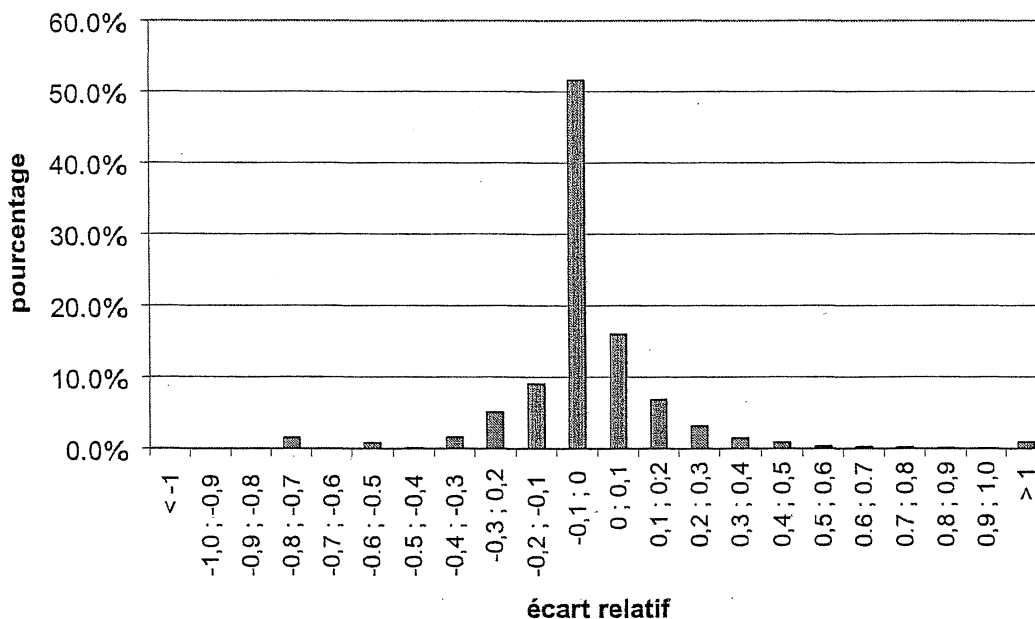


Figure 7 : Distribution globale des écarts (tous déversoirs confondus) entre les volumes déversés simulé et de référence : cas des 1000 chroniques de pluies construites en tirant au hasard les pluies dans les sous-classes de hauteur totale (cas a).

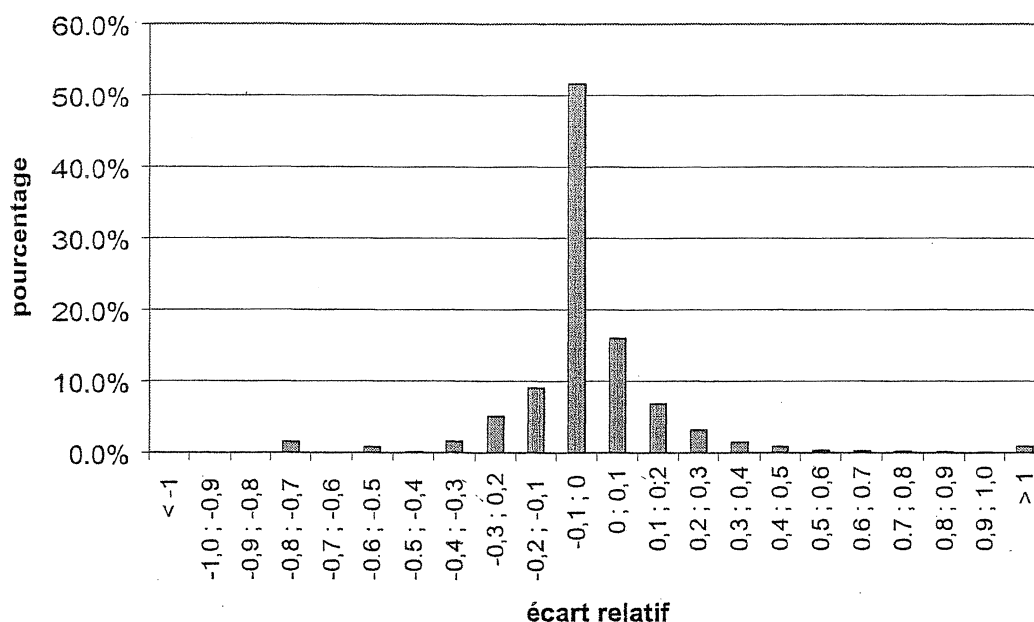


Figure 8 : Distribution globale (tous déversoirs confondus) des écarts entre les volumes déversés simulé et de référence : cas des 1000 chroniques de pluies construites en tirant au hasard les pluies dans les sous-classes d'intensité maximum sur 18 minutes (cas b).

L'analyse des résultats obtenus montre que en raisonnant globalement sur l'ensemble des déversoirs des deux bassins versants, à l'échelle de 12 années de pluie, les deux types de chroniques testées fournissent des résultats voisins.

Tous déversoirs et chroniques confondues, on observe ainsi que :

- pour 68% des chroniques, le volume total pluriannuel simulé approche le volume de référence à moins de 10% près (cet écart correspond à l'écart type, c'est à dire à la valeur habituellement retenue pour l'incertitude) ;
- pour 84% des chroniques, le volume total pluriannuel simulé approche le volume de référence à moins de 20% près ;
- pour 92% des chroniques, le volume total pluriannuel simulé approche le volume de référence à moins de 30% près.

De plus, de façon quasi systématique et indépendamment de la chronique choisie, le sous-groupe de déversoirs qui, à lui seul, rejette 70% du volume moyen annuel, reste le même (même si la hiérarchie des déversoirs à l'intérieur de ce sous-groupe, par volume rejeté décroissant, est parfois différente selon la chronique considérée) : ce sous-groupe correspond au sous-groupe identifié à partir de la solution de référence.

Enfin, les incertitudes sont d'autant plus faibles que les volumes rejetés sont importants.

Au vu de ces résultats, nous pouvons conclure que des chroniques constituées comme nous l'avons fait et comprenant un nombre réduit de pluies sont susceptibles de fournir de bons résultats. Comme il n'y a pas de différences significatives entre la série comprenant 71 pluies et celle qui en comprend 107, nous avons choisi de continuer sur la série la plus courte en nombre de pluies.

5 Etape 4 : Sélection de la chronique la mieux adaptée

5.1 Démarche et critères utilisés

Les résultats précédents montrent qu'une chronique constituée de 71 pluies tirées au sort est généralement susceptible de fournir des résultats satisfaisants. Toutefois, selon le choix effectué, les écarts peuvent être importants par rapport à la solution de référence. Nous nous sommes donc posé la question de l'optimisation du choix de la chronique.

La méthode retenue consiste à choisir un critère d'écart entre les résultats fournis par une chronique particulière et la solution de référence, puis à choisir la chronique qui minimise ce critère. Trois critères d'écart ont été testés :

1. la somme des carrés des écarts, exprimés en pourcentage, entre les volumes totaux déversés pour les 12 ans, par chacun des DO, pondérés par le volume total rejeté, calculé pour la solution de référence, soit l'expression mathématique suivante :

$$E_{1i} = \frac{\sum_{j=1}^{ndo} V_{totdo_{j,ref}} [V_{totdo_{j,i}} - V_{totdo_{j,ref}}]^2}{\sum_{j=1}^{ndo} V_{totdo_{j,ref}}^3}$$

avec :

- ndo : nombre de déversoirs du bassin versant considéré
 - $V_{totdo_{j,ref}}$: volume total "de référence" déversé du déversoir j sur la période 1988-2000 (résultat de simulation simple sous CANOE du fonctionnement du réseau d'assainissement soumis à toutes les pluies 3D recensées pendant cette période)
 - $V_{totdo_{j,i}}$: volume total déversé du déversoir j obtenu en simulant une chronique de pluies i représentative de la période 1988-2000
 - $V_{do_{j,max,ref}}$: volume événementiel maximum "de référence" déversé du déversoir j pendant la période 1988-2000 (résultat de simulation simple du fonctionnement du réseau d'assainissement soumis à toutes les pluies 3D recensées pendant cette période)
 - $V_{do_{j,max,i}}$: volume événementiel maximum déversé du déversoir j obtenu par simulation d'une chronique de pluies i représentative de la période 1988-2000
 - $ndo_{j,ref}$: nombre de déversements "de référence" du déversoir j pendant la période 1988-2000 (résultat de simulation simple sous CANOE du fonctionnement du réseau d'assainissement soumis à toutes les pluies 3D recensées pendant cette période)
 - $ndo_{j,i}$: nombre de déversements du déversoir j obtenu par simulation d'une chronique de pluies i représentative de la période 1988-2000
2. la somme des carrés des écarts, exprimés en pourcentage, entre les volumes événementiels maximum déversés par chacun des DO, pondérés par le volume total rejeté, calculé pour la solution de référence, soit, avec les mêmes notations, l'expression mathématique suivante :

$$E_{2i} = \frac{\sum_{j=1}^{ndo} V_{totdo_{j,ref}} [V_{do_{j,max,i}} - V_{do_{j,max,ref}}]^2}{\sum_{j=1}^{ndo} V_{totdo_{j,ref}} \times V_{do_{j,max,ref}}^2}$$

3. la somme des carrés des écarts, exprimés en pourcentage, entre le nombre total de rejets pour l'ensemble des DO, pondéré par le volume total rejeté, calculé pour la solution de référence, soit, toujours avec les mêmes notations, l'expression mathématique suivante :

$$E_{3i} = \frac{\sum_{j=1}^{ndo} V_{totdo_{j,ref}} [ndo_{j,i} - ndo_{j,ref}]^2}{\sum_{j=1}^{ndo} V_{totdo_{j,ref}} \times ndo_{j,ref}^2}$$

5.2 Résultats obtenus

Les résultats obtenus sont rassemblés dans le Tableau 12.

	Pour la chronique minimisant le critère E1	Pour une ⁵ chronique minimisant le critère E2	Pour la chronique minimisant le critère E3
valeur du critère E1	2,90*10 ⁻⁵	6,33*10 ⁻⁴	1,69*10 ⁻³
valeur du critère E2	8,13*10 ⁻¹²	0	8,13*10 ⁻¹²
valeur du critère E3	2,15*10 ⁻²	1,20*10 ⁻³	2,27*10 ⁻⁴

Tableau 12 : valeurs des critères pour chacune des trois chroniques, selon le critère de minimisation choisi.

Ces résultats montrent que les trois chroniques donnent de bons résultats.

Comme notre objectif est plutôt de travailler sur les volumes annuels nous ne retenons ici que la chronique qui minimise le critère E1. La liste et les caractéristiques des 71 pluies de cette chronique sont récapitulées dans le Tableau 13.

Le Tableau 14 fournit, pour chaque point de rejet, le volume moyen annuel et le nombre moyen de rejets annuels calculés pour cette chronique particulière et compare ces valeurs à celles de la solution de référence⁶.

Cette chronique apparaît comme tout à fait satisfaisante en ce qui concerne le volume-moyen annuel rejeté. Les écarts entre les résultats pour la chronique et les résultats de référence sont en effet probablement inférieurs aux écarts que l'on pourrait obtenir en choisissant différentes séries complètes de 12 années de précipitations comme référence.

Les résultats sont cependant moins bons en ce qui concerne le nombre moyen annuel de rejets, et peut-être faudrait-il utiliser une autre chronique pour ce critère.

Même si cela n'a pas été testé, du fait de sa composition (sélection des pluies les plus longues, les plus intenses en 18 minutes et les plus fortes en hauteur totale précipitée), cette chronique est également bien adaptée pour étudier les aspects hydrauliques (en se limitant cependant aux

⁵ Il n'existe qu'une seule chronique minimisant la valeur de E1 et qu'une seule chronique minimisant la valeur de E3 mais 161 chroniques qui minimisent la valeur de E2 (égale à zéro).

⁶ Les volumes maximum annuels (ou les volumes de périodes de retour un an), n'ont pas été représentés, car ils sont très proches dans les deux cas, car provoqués par les pluies les plus fortes qui seront les mêmes dans les deux cas.

Modélisation générale du réseau d'assainissement Grand Lyon : Définition d'entrées pluvieuses standardisées crues moyennes, de période de retour inférieure à 5 ans du fait de la faible durée de la série pluvieuse).

Des études ultérieures pourraient éventuellement permettre de construire des chroniques différenciées, plus courtes, permettant de faire des calculs plus rapides ainsi que des chroniques mieux adaptées pour les calculs hydrauliques. Concernant ce dernier point, on pourrait par exemple essayer de déplacer de quelques km les pluies observées les plus fortes de façon à générer des pluies fictives dont l'épicentre serait positionné en différents points de l'agglomération.

Modélisation générale du réseau d'assainissement Grand Lyon : Définition d'entrées pluvieuses standardisées

N° CANOE	date de début	Hauteur totale (mm)	Durée (heures)	I _{max} 18 (mm/h)	poids	N° CANOE	date de début	Hauteur totale (mm)	Durée (heures)	I _{max} 18 (mm/h)	poids
88051422	14/05/88 22:06	7.5	1.6	111.3	1	95080804	08/08/95 04:36	42.9	17.3	108	1
88051612	16/05/88 12:06	5.5	8.5	55.3	51	95082413	24/08/95 13:36	4.5	1.1	88	1
88061616	16/06/88 16:12	6.1	4.1	86	1	95090709	07/09/95 09:00	37.6	7.9	95.3	1
88090117	01/09/88 17:30	22	6.1	37.3	5	95091202	12/09/95 02:30	51.8	31.2	34.7	1
88092911	29/09/88 11:00	22.1	28.7	22	1	95091807	18/09/95 07:54	27.5	24.8	8	1
88101023	10/10/88 23:24	54.4	24.9	10.7	1	95092012	20/09/95 12:30	5.4	3.9	18	89
89042501	25/04/89 01:18	62.9	33.8	23.3	1	95100422	04/10/95 22:42	60	13.8	32.7	1
89051011	10/05/89 11:54	19.1	28.6	46	1	96051820	18/05/96 20:48	51.7	10.3	40.7	1
89091102	11/09/89 02:30	9.2	15.6	36	23	96060817	08/06/96 17:24	4.9	1.1	89.3	1
89110300	03/11/89 00:00	60.3	24.7	28.7	1	96070504	05/07/96 04:06	38.3	10.7	51.3	4
90052015	20/05/90 15:00	5	1.8	25.3	92	96070709	07/07/96 09:18	51.3	32.6	14	1
90072914	29/07/90 14:06	27.9	3	86.7	1	96072920	29/07/96 20:36	16.1	6.2	84.7	1
90102820	28/10/90 20:18	22.4	25.2	10	1	96101501	15/10/96 01:00	25.3	30.3	9.3	1
90112021	20/11/90 21:06	12.2	25.2	4	1	96111215	12/11/96 15:48	83.5	13.1	40.7	1
91092820	28/09/91 20:00	81.6	29.2	24	1	96112505	25/11/96 05:54	17.4	27.5	8	1
91101110	11/10/91 10:36	13.3	5.4	10.7	22	96121909	19/12/96 09:48	33.4	6.7	16	6
92042808	28/04/92 08:24	12.1	11.6	17.3	38	97062114	21/06/97 14:00	56.9	27.1	38.7	1
92061014	10/06/92 14:30	24.9	25.1	64.7	1	97062823	28/06/97 23:36	1.7	0.8	4.7	98
92061713	17/06/92 13:42	5.1	1.5	45.3	98	97063012	30/06/97 12:42	16.7	7.1	98	1
92082116	21/08/92 16:12	10	1.7	91.3	1	97080712	07/08/97 12:12	4	1.3	84	1
92083107	31/08/92 07:54	39.2	13.4	52	11	97082720	27/08/97 20:12	40.9	13.8	21.3	7
92092205	22/09/92 05:06	43.6	7.2	23.3	1	98040402	04/04/98 02:00	10.4	3.3	10	9
92092712	27/09/92 12:48	2.3	6.9	11.3	62	98052714	27/05/98 14:30	23.5	13.9	7.3	18
93051212	12/05/93 12:06	6.9	2.7	92	1	98070120	01/07/98 20:06	11.4	2.4	30	6
93062915	29/06/93 15:06	11.7	1.3	112.7	1	98080105	01/08/98 05:54	24.7	8.6	22.7	15
93070115	01/07/93 15:18	13.3	1.9	112	1	98090415	04/09/98 15:24	42.6	11	44.7	1
93070515	05/07/93 15:24	23.8	6.4	140.7	1	99032606	26/03/99 06:30	21.4	32.4	14	1
93092210	22/09/93 10:30	91.8	19.1	20	1	99070514	05/07/99 14:30	53	11.5	49.3	1
93100512	05/10/93 12:30	51.3	13.9	25.3	1	99080617	06/08/99 17:06	22	4.2	72	3
93100705	07/10/93 05:48	61.1	36.6	24	1	99102218	22/10/99 18:24	79.5	12.1	55.3	1
94051322	13/05/94 22:12	11.8	10.6	8.7	27	99102413	24/10/99 13:36	29.4	25.6	47.3	1
94071903	19/07/94 03:18	4	4.2	18	72	61018	10/06/00 18:30	39.9	6.8	104	1
94073120	31/07/94 20:36	7.9	3.6	108.7	1	82020	20/08/00 20:18	13.1	4.3	82	1
94091207	12/09/94 07:36	52.4	17	65.3	1	101212	12/10/00 12:48	46.4	12.8	16.7	1
94110505	05/11/94 05:30	52.2	15.7	14	1	112314	23/11/00 14:48	32.6	4.8	67.3	1
95011813	18/01/95 13:48	11.1	6.1	8.7	24						

Tableau 13 : Caractéristiques des pluies de la chronique minimisant le critère d'écart E_{11} (les 45 pluies les plus exceptionnelles en termes de durée, de hauteur totale précipitée, ou d'intensité maximum sur 18 minutes, apparaissent en grisé).

	volume moyen annuel rejeté (10^3 m^3)		nombre moyen annuel de rejets	
	référence	chronique	référence	chronique
<i>Bassin versant de Fontaine</i>				
STEP	943	942	64	64
48191	661	660	62	64
48263BIS	417	413	63	64
48047do	85	82	22	20
40637	67	65	14	9
76680	10	9	8	5
94904	7	8	7	6
67641	6	5	20	30
exutdo06	4	4	11	8
76670	2	2	4	2
48056do	1	1	2	2
40641	0	0	0	0
76625	0	0	0	0
76694	0	0	0	0
94312	0	0	0	0
albi	0	0	0	0
do1	0	0	0	0
do2	0	0	0	0
do3	0	0	0	0
exutdo05	0	0	0	1
exut1	0	0	0	0
total	2203	2191	277	275
<i>Bassin versant de Meyzieu</i>				
108244	702	708	49	63
108245A	270	266	64	64
108241	251	255	43	63
6033	227	231	35	42
57362	95	96	64	64
56513	69	71	40	42
total	1613	1626	295	339

Tableau 14: Comparaison des volumes totaux et nombre moyen de rejets annuels calculés par la solution de référence et par la chronique sélectionnée.

ANNEXE 3

**Modélisation générale du réseau d'assainissement de la
Communauté Urbaine de Lyon**

Extrait du catalogue des déversoirs d'orages

Lyon 3ème DO 183

Rabelais

Numéro du DO :

183

Mis à jour le 22/03/04

Localisation et description du déversoir

Numéro du point fil d'eau :	32272
Commune :	Lyon 3ème
Localisation, adresse :	Cours de la Liberté; rue Rabelais
Type :	Réseau
Coordonnées Lambert du DO :	X : 794881 Y : 87784
N° du déversoir amont :	334
N° du déversoir aval :	188
Hauteur du seuil :	1.10 m
Altitude du seuil :	163.72 m
Longueur lame déversante :	7.80 m
Seuil modifiable :	Non
Section tronçon amont 1 :	035_TYPE T-210 x 127
Débit maxi théorique amont 1 :	2.550 m ³ / s
Section tronçon amont 2 :	Néant
Débit maxi théorique amont 2 :	Néant
Rapport de sensibilité :	0.52
Section branche déversante :	033_TYPE T-180 x 108
Débit maxi branche déversante :	10.580 m ³ / s
Section tronçon aval 1 :	035_TYPE T-210 x 127
Débit maxi théorique aval 1 :	2.210 m ³ / s
Section tronçon aval 2 :	Néant
Débit maxi théorique Aval 2 :	Néant
Débit moyen temps sec (Q1) :	0.143 m ³ / s
Q max avant déverst (Q2) :	1.267 m ³ / s
Q2 / Q1 :	8.9
Dispositif de traitement	Non

Milieu récepteur

Station d'épuration :	Saint-Fons
Milieu récepteur :	Le Rhône
Rive :	Gauche
PK du point de rejet :	PK~3.720 Km
Coordonnées Lambert du point de rejet :	X : 794769 Y : 87660
Niveau semi-permanent :	ND
Niveau crue décennale :	ND
Niveau crue centennale :	ND
Objectif qualité :	1B
QMNA5 :	250.00 m ³ / s
Niveau RN :	162.25 m
Point de rejet noyé :	Non
Usages sensibles :	ND

ND : Non défini

Bassin versant Assainissement

Surface totale du BV urbanisé	368 ha
Longueur parcours de l'eau :	5 213 m
Pente moyenne :	0.0076 m / m
Coefficient d'imperméabilisation actuel	78 %
Surface des zones NA * :	0.0 ha
Surface des zones NAi * :	0.0 ha
Taux de surface à urbaniser :	0.00 %
Nombre d'équivalents habitants du bassin versant actuel :	83611 eq. hab.

* P.O.S. 1993

Fonctionnement du déversoir

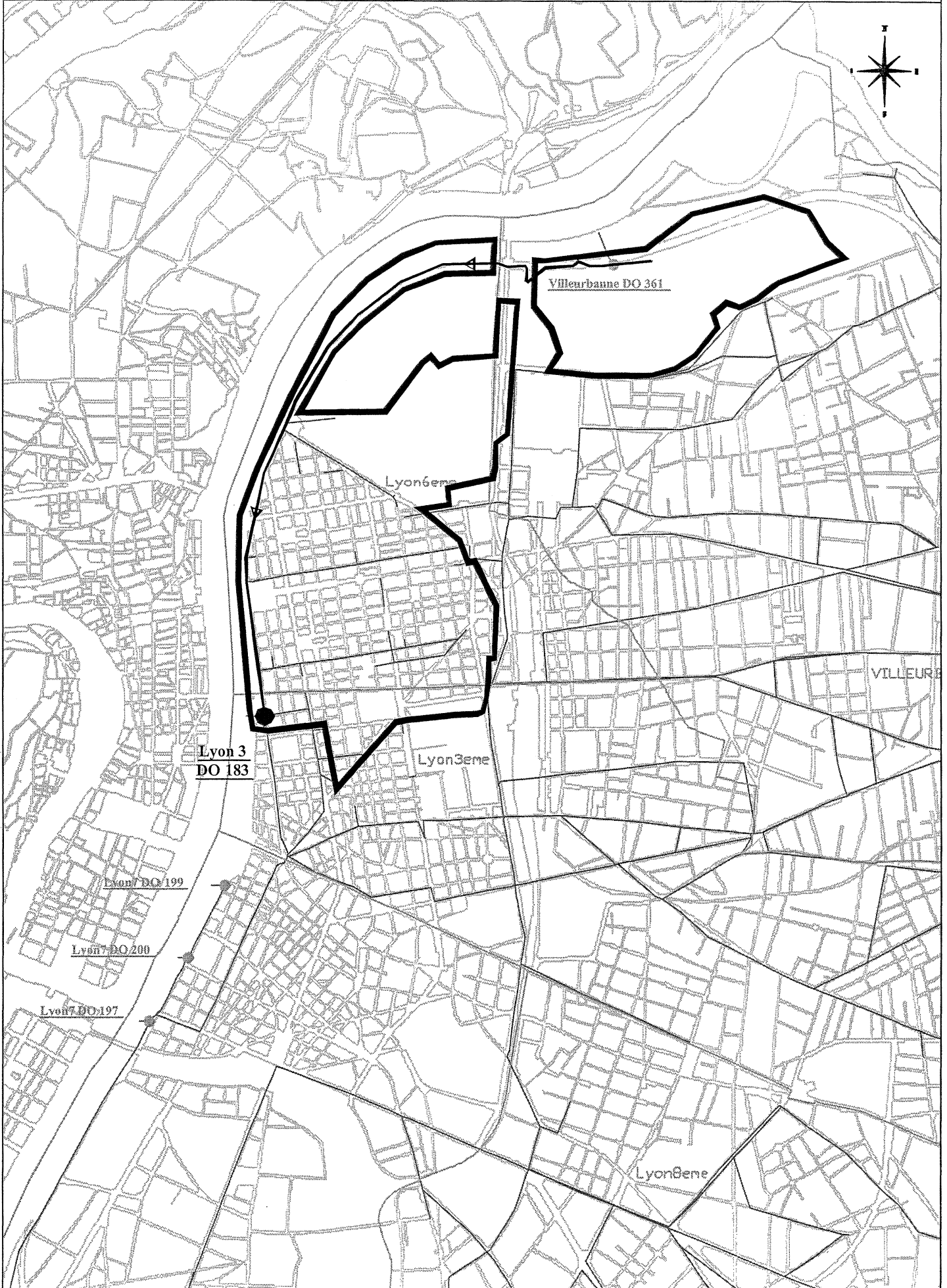
(Données fournies par CANOE)

Durée annuelle de déversement :	4 j / 53 h / 11 min
Volume annuel déversé :	281135.00 m ³
Nombre de déversements annuels :	39

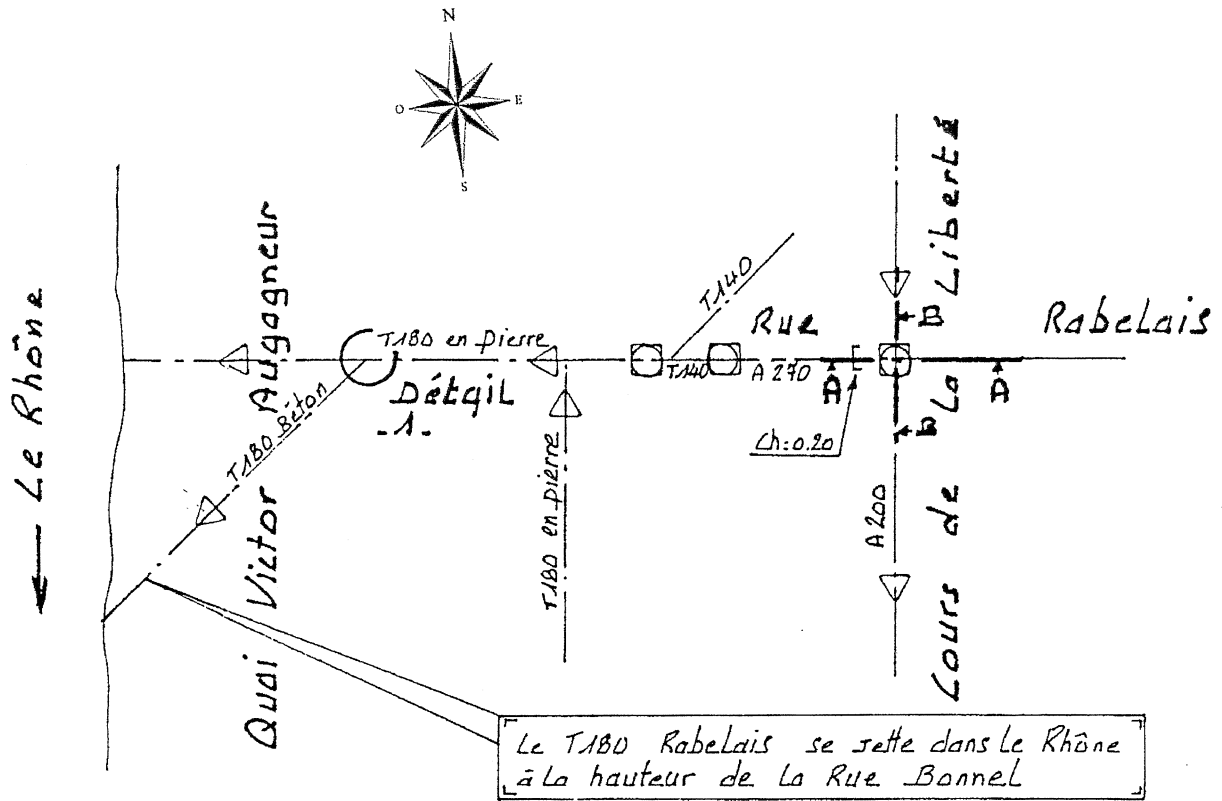
Dispositif de mesure

Quantité :	
Qualité :	

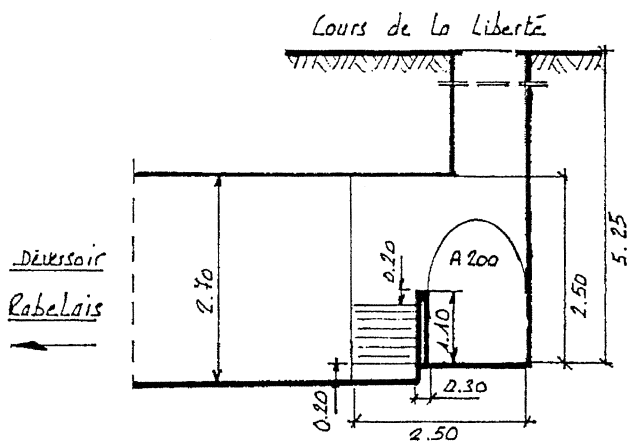
LYON3 DO 183 - BASSIN VERSANT



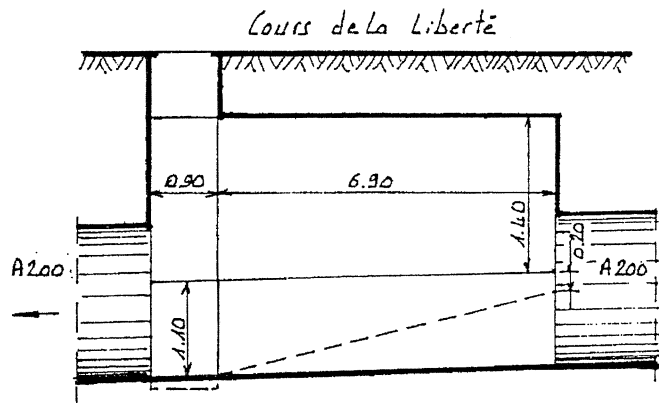
LYON 3 DO 183 - COUPES



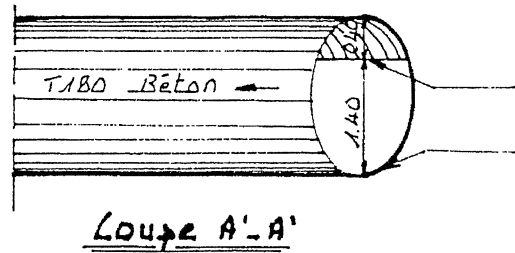
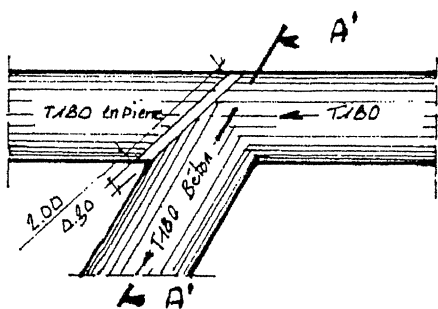
Coupe A.A.



Coupe B.B.



Détail .1.



Catalogue des déversoirs d'orage

- DICTIONNAIRE DES DONNEES -

Ce document donne la définition de toutes les données caractérisant les déversoirs d'orage
Ces données sont listées ci-après dans l'ordre des fiches de synthèse

Chaque déversoir d'orage est identifié avec un nom usuel (s'il existe), le nom de la commune et un numéro de rang au sein de la commune.
Un **numéro de DO** non modifiable est également affecté à chaque ouvrage

Localisation et description du déversoir	
Numéro du point fil d'eau :	Numéro issu de la base GESICA
Commune :	Nom de la commune où se situe le DO
Adresse :	Localisation de l'ouvrage
Type :	Précision sur la position de l'ouvrage : réseau, station de relèvement, station d'épuration, etc...
Coordonnées Lambert du D.O.	Position en X Y de l'ouvrage suivant GEONET
N° du déversoir amont :	Si plusieurs branches amont, sera retenu le DO qui a l'altitude du seuil la plus basse
N° du déversoir aval :	Idem pour l'aval
Hauteur du seuil	Différence de niveau entre seuil et radier à l'amont du seuil
Altitude du seuil :	Altitude du point fil d'eau du réseau unitaire + hauteur du seuil
Seuil modifiable :	Elément amovible susceptible de modifier le seuil : batardeau, vanne etc
Longueur lame déversante :	Longueur de l'ouverture par où passe l'effluent qui se déverse
Section tronçon amont 1 :	Section du collecteur unitaire à l'amont de l'ouvrage
Débit maxi théorique tronçon amont 1 :	Débit théorique de ce tronçon calculé par CANOE
Section tronçon amont 2 :	Idem au précédent si plusieurs collecteurs sont concernés
Débit maxi théorique tronçon amont 2 :	Idem au précédent si plusieurs collecteurs sont concernés
Rapport de sensibilité :	Rapport de la hauteur du seuil avec la hauteur du collecteur à l'amont de l'ouvrage
Section de la branche déversante :	Section du collecteur par où s'évacue l'effluent déversé vers le milieu naturel
Débit maxi théorique de la branche déversante :	Débit théorique de ce tronçon calculé par CANOE
Section tronçon aval 1 :	Section du collecteur à l'aval de l'ouvrage, dirigeant les effluents vers la STEP
Débit maxi théorique tronçon aval 1 :	Débit théorique calculé de ce tronçon
Section tronçon aval 2 :	Idem au précédent si plusieurs collecteurs sont concernés
Débit maxi théorique tronçon aval 2 :	Idem au précédent si plusieurs collecteurs sont concernés
Débit moyen de temps sec (Q1):	Débit moyen journalier s'écoulant dans le réseau par temps sec ; résultat issu de la modélisation générale
Débit maxi avant déversement (Q2):	Débit maxi calculé au niveau de la lame déversante, avant que l'effluent ne déverse (résultat issu de la modélisation générale)
Q2/Q1 :	Rapport des deux débits précédents représentatif de la dilution des eaux usées avant déversement
Dispositif de traitement :	S'il existe ; Précision sur le dispositif de traitement de l'effluent rejeté, avant qu'il n'atteigne le milieu naturel : dégrillage, dessablage, etc...

Milieu récepteur	
STEP :	Station d'épuration à l'aval du réseau où se situe le déversoir
Milieu de récepteur :	Cours d'eau où se rejette l'effluent déversé
Rive :	Côté du cours d'eau où arrive l'effluent
PK du point de rejet :	Point Kilométrique du point de rejet
Coordonnées Lambert du point de rejet :	Position en X Y du point de rejet suivant GEONET
Niveau semi permanent :	Pour Rhône et Saône, niveau atteint 180 jours par an
Niveau crue décennale :	Pour Rhône et Saône, crue ayant une période de retour de 10ans
Niveau crue centennale :	Pour Rhône et Saône, crue ayant une période de retour de 100ans
Objectif qualité :	Pour Rhône et Saône, donnée issue du service de la Navigation.
QMNA5 :	Pour Rhône et Saône, débit d'étiage moyen observé sur 5 ans
Niveau RN :	Pour Rhône et Saône, niveau de la retenue normale.
Point de rejet noyé :	Fréquence à laquelle le point de rejet au milieu naturel est noyé
Usages Sensibles :	Présence à moins de 1Km, d'activité spécifique telle que : baignade, pêche, périmètre de protection d'une zone de captage etc...

Bassin versant assainissement	
Surface totale du BV urbanisé :	Surface des zones urbanisées situées à l'amont de chaque déversoir d'orages (calculs issus de la modélisation générale)
Plus long parcours de l'eau :	Longueur de collecteur sur le plus long parcours de l'eau entre l'amont du réseau et l'ouvrage étudié
Pente moyenne :	Pente moyenne des collecteurs calculée sur le plus long parcours de l'eau
Coef d'imperméabilisation actuel :	Pourcentage de zone imperméable du bassin versant actuel
Surface des zones NA* :	Surface des zones habitables à développer (POS 1993)
Surface des zones NAI* :	Surface des zones industrielles à développer (POS 1993)
Taux de surface à urbaniser :	Rapport entre la surface des zones NA + NAI et la surface du bassin versant urbanisé
Nombre d'équivalents habitants du bassin versant actuel:	(Pour le bassin versant à l'amont du déversoir d'orage) = Nombre d'habitants actuel pour les zones habitables + Nombre d'équivalent habitants pour les zones industrielles

Fonctionnement du déversoir	
Durée annuelle de déversement :	Durée totale de déversement de l'effluent vers le milieu naturel
Volume annuel déversé :	Volume total déversé au milieu naturel en une année
Nombre de déversements annuels :	Nombre de fois où le déversoir a fonctionné pendant l'année pour évacuer le volume ci-dessus

Dispositif de mesure	
Quantité	Détail des dispositions à prendre dans le cadre de l'autosurveillance en terme de débit
Qualité	Détail des dispositions à prendre dans le cadre de l'autosurveillance en terme de qualité

Les incertitudes de la modélisation

Voici les principales sources d'incertitudes sur les résultats :

❖ Les données pluviométriques :

Les données fournies en entrée de modèle pour faire tourner une simulation sur CANOE sont les données pluviométriques fournies par le réseau de pluviomètres du Grand Lyon. Malgré un bon maillage sur la superficie de la Communauté Urbaine en pluviomètres (30 pluviomètres répartis sur le territoire communautaire), des incertitudes persistent :

- Tout d'abord, l'incertitude liée à la mesure même fournie au droit du pluviomètre.
- Ensuite, l'incertitude liée à la répartition spatiale. Les données fournies par les pluviomètres sont des valeurs ponctuelles au niveau géographique (on ne mesure la pluie tombée que sur le cône du pluviomètre). Une estimation est donc faite pour extrapoler les données de pluie ponctuelle en données spatialement réparties sur tout le territoire. Une étude est actuellement en cours pour récupérer les données fournies par le radar de Météo France et diminuer cette incertitude.

Par contre, le fait d'avoir réalisé des calages de nos modèles à partir de plusieurs événements pluvieux nous permet de pallier en partie à ces sources d'erreurs.

❖ Les mesures :

Afin de réaliser le calage du modèle, des campagnes de mesures ponctuelles ont été effectuées. C'est à partir de ces campagnes que le modèle a été calé. Il faut savoir que l'incertitude sur une mesure effectuée en réseau d'assainissement peut être estimée à 20% d'erreur.

❖ Le nombre de mesures :

Le calage du modèle s'est fait dans un premier temps suite à une campagne de mesures d'une durée de 1 à 2 mois où 3 pluies représentatives avec leurs mesures associées ont été utilisées. Il est important de souligner que ce nombre est assez faible et que ces événements pluvieux ont tous servis à la réalisation du calage du modèle. Aucune pluie complémentaire n'a été utilisée pour réaliser la validation. En revanche, l'utilisation des données issues de l'autosurveillance station nous a permis d'effectuer une validation globale de nos modèles.

❖ La connaissance du réseau :

La démarche nous a montré que nous n'avions pas une connaissance exacte et exhaustive de notre réseau. Par exemple, le nombre de déversoirs d'orages à évoluer au fil de la modélisation (découverte de déversoirs,...). La mise en place du modèle a donc permis de mettre à jour le catalogue et de mieux comprendre le fonctionnement de notre réseau.

❖ Le modèle :

Dans CANOE, un certain nombre de critères doivent être complétés. Ces critères ont été renseignés suite à notre connaissance du réseau. C'est le cas entre autre: du taux de raccordement, des rejets des industriels ou du taux de surface imperméabilisée.

Direction de l'Eau

Chronique de pluies 2001 - Résultats de simulation par déversoirs d'orages
(CANOE version 1-13)

Nom des déversoirs d'orages	volume annuel déversé (m3)	durée annuelle de déversement (min)	nb de déversements annuels	% du rejet par rapport au rejet total	Milieu récepteur
Saint Fons do371 (1)	4177010	24610	55	25.6	dérivation
Saint Fons do302 (1)	2211110	15642	43	13.5	dérivation
Oullins do377 (1)	1778678	41820	56	10.9	rhône
Pierre Benite do 268 (1)	1214780	6768	19	7.4	rhône
Feyzin do109 (1)	917104	16044	42	5.6	dérivation
Fontaines sur saone do122	481429	19884	53	2.9	autre milieu
Feyzin do103 (1)	478243	21834	54	2.9	dérivation
Lyon4 do186 (1)	401360	21252	49	2.5	rhône
Lyon 3 do183 (1)	304567	8946	39	1.9	rhône
Vaulx en Velin do352 (1)	262175	13560	49	1.6	canal de jonage
Villeurbanne do367 bis (1)	222232	4800	27	1.4	canal de jonage
Villeurbanne do365 (1bis)	213371	9534	47	1.3	canal de jonage
Fleurieu do112	206520	4068	25	1.3	saône
Jonage do401	196651	15888	47	1.2	canal de jonage
Neuville do252	195735	38994	60	1.2	saône
Lyon2 do180 (1)	194339	7476	27	1.2	rhône
Caluire do026 (1)	153083	13722	41	0.9	rhône
Lyon4 do184 (1)	138977	16770	55	0.9	autre milieu
Oullins do266 (1)	136758	6594	32	0.8	yzeron
Lyon9 do214 (1)	135943	12942	46	0.8	saône
Lyon1 do173 (1)	128220	25812	56	0.8	saône
Villeurbanne do368 (1)	115579	12456	43	0.7	canal de jonage
Lyon9 do202 (1)	97362	13356	44	0.6	saône
St didier do296 (1)	92334	6198	27	0.6	autre milieu
Lyon4 do189 (1)	87647	13302	49	0.5	saône
Decine do082 (1)	82387	10002	43	0.5	canal de jonage
Sathonay camp do340	81950	6624	41	0.5	autre milieu
Jonage do402	81167	7824	35	0.5	canal de jonage
Feyzin do110 (1)	77513	714	8	0.5	dérivation
Lyon5 do192 (1)	77013	6054	37	0.5	saône
Francheville do129 (1)	64926	6930	33	0.4	autre milieu
Stfoy do325 (1)	62473	3888	37	0.4	yzeron
Villeurbanne do362 (1)	60448	12678	44	0.4	canal de jonage
Jonage do403	57338	17370	41	0.4	canal de jonage
Bron do003 (1)	52758	7980	32	0.3	canal de jonage
Caluire do030 (1)	45555	2574	19	0.3	rhône
Fontaines sur saone do117	45221	3930	21	0.3	saône
Francheville do130 (1)	42713	11952	53	0.3	autre milieu
Caluire do020 (1)	42446	9612	53	0.3	saône
Lyon4 do190 (1)	41156	12738	56	0.3	saône
Fontaines sur saone do118	39320	7116	32	0.2	saône
Meyzieu do236	38770	4230	28	0.2	canal de jonage
Lyon9 do222 (1)	34325	6672	36	0.2	autre milieu

Lyon9 do397 (1)	34068	18894	52	0.2	saône
Ecully do097 bis (1)	33253	6606	33	0.2	autre milieu
Vernaison do358 (1)	32100	8010	41	0.2	rhône
Ecully do097 (1)	31563	8586	36	0.2	autre milieu
Collonge do396 (1)	29392	2784	13	0.2	saône
Jonage do150	29357	5808	35	0.2	autre milieu
Feyzin do106 (1)	27467	10764	54	0.2	dérivation
Rillieux do271	26897	4584	43	0.2	autre milieu
Sathonay-camp do342	23268	1920	21	0.1	autre milieu
Feyzin do107 (1)	22160	17010	58	0.1	dérivation
Montanay DO240	22007	3396	38	0.1	autre milieu
St didier do298 (1)	22006	4794	25	0.1	autre milieu
Décines do394 (1)	20929	7896	43	0.1	canal de jonage
Meyzieu do239	20874	1908	23	0.1	canal de jonage
Vaulx en Velin do353 (1)	17314	4350	41	0.1	canal de jonage
Feyzin do 107bis (1)	16017	15972	58	0.1	dérivation
Lyon 7 do197 (1)	15800	336	3	0.1	rhône
Feyzin do111 (1)	15431	7674	46	0.1	dérivation
Villeurbanne do367 (1)	15045	294	3	0.1	canal de jonage
Francheville do127 (1)	14188	996	9	0.1	yzeron
Caluire do029 (1)	14057	1692	14	0.1	rhône
Ecully do089 (1)	13178	3864	28	0.1	autre milieu
Rillieux do279 (1)	11567	13974	58	0.1	autre milieu
Ecully do095 (1)	11545	1908	15	0.1	autre milieu
Villeurbanne do364 (1)	11144	4542	40	0.1	canal de jonage
Saint Didier do294 (1)	10761	8574	42	0.1	autre milieu
Jonage do147	10323	1746	29	0.1	canal de jonage
Chassieu do042 (1)	10206	4032	30	0.1	canal de jonage
Feyzin do104 (1)	10201	3666	40	0.1	dérivation
Bron do007 (1)	10191	1842	29	0.1	canal de jonage
Vernaison do359 (1)	9845	588	4	0.1	autre milieu
Sathonay camp do338	9622	14118	58	0.1	autre milieu
Caluire do018 (1)	9401	3594	33	0.1	saône
Caluire do016 (1)	8932	4176	34	0.1	rhône
Lyon9 do201 (1)	8749	282	5	0.1	saône
Ollieres do304 (1)	7947	5790	35	0.0	autre milieu
Lyon1 do178 (1)	7189	3198	17	0.0	saône
Lyon9 do218 (1)	6928	690	8	0.0	autre milieu
Decine do083 (1)	6244	9498	50	0.0	canal de jonage
Dardilly do079 (1)	5424	864	15	0.0	autre milieu
Irigny do144 (1)	5379	612	8	0.0	autre milieu
Craponne do059 (1)	5347	288	6	0.0	yzeron
Genay do 136 - ZI	5149	780	22	0.0	saône
Villeurbanne DO361 (1)	5125	3186	31	0.0	rhône
Feyzin do105 (1)	5054	16434	55	0.0	dérivation
Rillieux do276 (1)	5052	210	6	0.0	autre milieu
Décines do395 (1)	4967	1962	24	0.0	canal de jonage
Dardilly do074 (1)	4263	4194	33	0.0	autre milieu
Ollieres do307 (1)	3355	600	11	0.0	autre milieu
Fontaines sur saone do120+119-	3289	852	13	0.0	autre milieu
Stfoy do331 (1)	3259	516	6	0.0	yzeron
Jonage do146	3235	6480	37	0.0	canal de jonage
Caluire do022 (1)	2668	390	11	0.0	rhône
Lyon2 do181 (1)	2570	438	3	0.0	rhône

Meyzieu do237	2347	366	12	0.0	autre milieu
Latour do155 (1)	2342	2502	20	0.0	autre milieu
Craponne do058 (1)	2246	714	7	0.0	yzeron
Irigny do138 (1)	2206	618	10	0.0	rhône
Fontaines st martin do114	2081	414	6	0.0	autre milieu
Oullins do262 (1)	2060	264	7	0.0	yzeron
Decine do374 (1)	1784	324	9	0.0	canal de jonage
Oullins do376 (1)	1766	1194	10	0.0	yzeron
Saint Didier do299 (1)	1712	264	4	0.0	autre milieu
Bron do004 (1)	1500	210	6	0.0	canal de jonage
Vernaison do375 (1)	1479	414	6	0.0	rhône
Lyon9 do209 (1)	1413	654	7	0.0	saône
Charbonnieres do034 (1)	1311	1566	16	0.0	autre milieu
Lyon4 do187 (1)	1199	618	8	0.0	saône
Craponne do057 (1)	1066	336	6	0.0	yzeron
Saint Didier do293 (1)	889	3210	28	0.0	autre milieu
Champagne do031 (1)	869	264	5	0.0	autre milieu
Francheville do128 (1)	771	150	3	0.0	autre milieu
Rillieux do270	736	1026	28	0.0	autre milieu
Montanay do244	701	576	21	0.0	autre milieu
Fontaines sur saone do123	633	420	6	0.0	saône
Oullins do267 bis (1)	588	384	7	0.0	yzeron
Oullins do267 (1)	585	384	7	0.0	yzeron
Sathonay camp do333	467	66	3	0.0	autre milieu
Jonage do151	413	294	10	0.0	canal de jonage
Sérézin do324 (1)	409	132	2	0.0	autre milieu
Lyon9 do219 (1)	373	156	5	0.0	saône
Caluire do019 (1)	349	216	2	0.0	saône
Neuville do250	339	30	3	0.0	autre milieu
Bron do006 (1)	327	84	5	0.0	canal de jonage
Villeurbanne do369 (1)	262	78	2	0.0	canal de jonage
Oullins do259 (1)	257	468	10	0.0	yzeron
Lyon5 do196 (1)	243	162	6	0.0	saône
Ecully do100 (1)	228	174	5	0.0	autre milieu
Villeurbanne do388 (1)	204	36	1	0.0	canal de jonage
Ollieres do306 (1)	183	48	2	0.0	autre milieu
Caluire do013 (1)	183	42	1	0.0	saône
Francheville do133 (1)	182	18	1	0.0	yzeron
Dardilly do076 (1)	156	96	5	0.0	autre milieu
Rillieux do389 (1)	138	96	2	0.0	rhône
Charbonnieres do037 (1)	118	204	2	0.0	autre milieu
Caluire do012 (1)	112	54	1	0.0	saône
Caluire do027 (1)	86	18	1	0.0	rhône
Lyon 7 do200 (1)	39	18	1	0.0	rhône
Lyon 7 do199 (1)	26	12	1	0.0	rhône
Ecully do099 (1)	22	48	1	0.0	autre milieu
Lyon1 do176 (1)	22	72	2	0.0	saône
Jonage do149	20	1746	3	0.0	autre milieu
Neuville do251	8	30	3	0.0	autre milieu
Lyon1 do175 (1)	7	12	1	0.0	rhône
Ecully do092 (1)	4	30	1	0.0	autre milieu
Stfoy do326 (1)	0	12	1	0.0	yzeron
Sérézin do384 (1)	0	6	1	0.0	autre milieu
Solaize do348 (1)	0	0	1	0.0	dérivation

Charbonnieres do033 (1)	0	0	1	0.0	
Bron do002 (1)	0	0	0	0.0	
Bron do005 (1)	0	0	0	0.0	canal de jonage
Decine do081 (1)	0	0	0	0.0	
Decines do393 (1)	0	0	0	0.0	
Feyzin do108 (1)	0	0	0	0.0	
Saint Fons do372 (1)	0	0	0	0.0	
Sérézin do343 (1)	0	0	0	0.0	autre milieu
Sérézin do344 (1)	0	0	0	0.0	autre milieu
Sérézin do345 (1)	0	0	0	0.0	
Sérézin do383 (1)	0	0	0	0.0	autre milieu
Sérézin do385 (1)	0	0	0	0.0	
Solaize do346 (1)	0	0	0	0.0	autre milieu
Solaize do347 (1)	0	0	0	0.0	dérivation
Villeurbanne do363 (1)	0	0	0	0.0	
Villeurbanne do365 (1)	0	0	0	0.0	canal de jonage
Villeurbanne do387 (1)	0	0	0	0.0	
Villeurbanne DO405 (1)	0	0	0	0.0	
Caluire do011 (1)	0	0	0	0.0	
Caluire do015 (1)	0	0	0	0.0	
Caluire do017 (1)	0	0	0	0.0	
Caluire do021 (1)	0	0	0	0.0	
Caluire do023 (1)	0	0	0	0.0	
Caluire do024 (1)	0	0	0	0.0	
Caluire do025 (1)	0	0	0	0.0	
Charbonnieres do039 (1)	0	0	0	0.0	
Craponne do060 (1)	0	0	0	0.0	autre milieu
Dardilly do75 (1)	0	0	0	0.0	
Ecully do087 (1)	0	0	0	0.0	
Ecully do098 (1)	0	0	0	0.0	
Francheville do125 (1)	0	0	0	0.0	autre milieu
Irigny do141 (1)	0	0	0	0.0	rhône
Irigny do142 (1)	0	0	0	0.0	
Latour do161 (1)	0	0	0	0.0	
Latour do162 (1)	0	0	0	0.0	
Latour do163 (1)	0	0	0	0.0	
Limonest do167 (1)	0	0	0	0.0	
Lyon1 do172 (1)	0	0	0	0.0	
Lyon1 do174 (1)	0	0	0	0.0	
Lyon1 do177 (1)	0	0	0	0.0	
Lyon4 do185 (1)	0	0	0	0.0	saône
Lyon4 do188 (1)	0	0	0	0.0	
Lyon5 do191 (1)	0	0	0	0.0	
Lyon5 do193 (1)	0	0	0	0.0	
Lyon5 do195 (1)	0	0	0	0.0	
Lyon9 do194 (1)	0	0	0	0.0	
Lyon9 do203 (1)	0	0	0	0.0	
Lyon9 do204 (1)	0	0	0	0.0	
Lyon9 do206 (1)	0	0	0	0.0	
Lyon9 do207 (1)	0	0	0	0.0	
Lyon9 do208 (1)	0	0	0	0.0	saône
lyon9 do211 (1)	0	0	0	0.0	
Lyon9 do215 (1)	0	0	0	0.0	
Lyon9 do216 (1)	0	0	0	0.0	

Lyon9 do217 (1)	0	0	0	0.0	
Lyon9 do224 (1)	0	0	0	0.0	
Lyon9 do381 (1)	0	0	0	0.0	saône
Marcy do228 (1)	0	0	0	0.0	
Marcy do231 (1)	0	0	0	0.0	autre milieu
Marcy do232 (1)	0	0	0	0.0	
Marcy do233 (1)	0	0	0	0.0	
Marcy do235 (1)	0	0	0	0.0	
Ollieres do309 (1)	0	0	0	0.0	
Oullins do261 (1)	0	0	0	0.0	
Oullins do263 (1)	0	0	0	0.0	
Oullins do264 (1)	0	0	0	0.0	
Rillieux do273 (1)	0	0	0	0.0	
Rillieux do280 (1)	0	0	0	0.0	
Saint Didier do290 (1)	0	0	0	0.0	
Saint Didier do292 (1)	0	0	0	0.0	
Stfoy do328 (1)	0	0	0	0.0	
Tassin do349 (1)	0	0	0	0.0	
Tassin do350 (1)	0	0	0	0.0	
Vaise do223 (1)	0	0	0	0.0	
Vernaison do355 (1)	0	0	0	0.0	
Neuville do 257	0	0	0	0.0	
Neuville do245	0	0	0	0.0	
Neuville do246	0	0	0	0.0	
Neuville do255	0	0	0	0.0	
Meyzieu do370	0	0	0	0.0	
Jonage do148	0	0	0	0.0	
Albigny do001	0	0	0	0.0	
Couzon do049	0	0	0	0.0	
Couzon do050	0	0	0	0.0	
Couzon do052	0	0	0	0.0	
Curis do063	0	0	0	0.0	
Curis do064	0	0	0	0.0	
Fontaines st martin do115	0	0	0	0.0	
Fontaines st martin do115 bis	0	0	0	0.0	
Fontaines sur saone do373	0	0	0	0.0	
Fontaines sur saone do392	0	0	0	0.0	
Rochetaillee do283	0	0	0	0.0	
Sathonay camp do337	0	0	0	0.0	
Sathonay camp do339	0	0	0	0.0	

TOTAL

16 327 448