



HAL
open science

Analyse des conditions de mise en œuvre de l'autosurveillance des réseaux d'assainissement. Le cas des agglomérations de Lyon et de Nantes dans les années 1990 et 2010

Selma Baati

► **To cite this version:**

Selma Baati. Analyse des conditions de mise en œuvre de l'autosurveillance des réseaux d'assainissement. Le cas des agglomérations de Lyon et de Nantes dans les années 1990 et 2010. Environnement et Société. Université de Lyon, 2021. Français. NNT : 2021LYSEI030 . tel-03433377

HAL Id: tel-03433377

<https://theses.hal.science/tel-03433377>

Submitted on 17 Nov 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



N° d'ordre 2021LYSEI030

Année 2021

Thèse

Analyse des conditions de mise en œuvre de l'autosurveillance des réseaux d'assainissement Le cas des agglomérations de Lyon et de Nantes dans les années 1990 et 2010

Opérée au sein de
L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon

Pour obtenir
Le grade de docteur

Formation doctorale : Géographie, Aménagement, Urbanisme
Ecole doctorale : Sciences Sociales 483

Par
Selma BAATI
(Ingénieure)

Soutenue le 20 mai 2021 devant la commission d'examen

Jury MM.

Rapporteuse	F. HERNANDEZ	Directrice de recherche (Université Gustave Eiffel)
Rapporteur	D. MARTOUZET	Professeur (Université de Tours)
Examinatrice	A. HONEGGER	Directrice de recherche (EVS, CNRS, ENS Lyon)
Examinatrice	F. LARRARTÉ	Directrice de recherche (Université Gustave Eiffel)
Directeur	J.-Y. TOUSSAINT	Professeur (INSA de Lyon)
Co-directrice	S. VAREILLES	Maîtresse de conférences (INSA de Lyon)

Laboratoire de recherche :
UMR 5600 EVS « Environnement Ville Société »

Remerciements

Merci à tous ceux qui par leur présence et leurs encouragements ont rendu ce travail possible.

Aussi, en particulier merci

A mes directeurs de thèse, Jean-Yves Toussaint et Sophie Vareilles pour leur direction et leur soutien continu dans le cheminement de ce travail,

A Anne Honegger, pour ses encouragements et ses conseils,

Aux membres de jury pour avoir accepté d'examiner et de rapporter ce travail,

A tous les agents de l'équipe Métrologie réseau de la Direction de l'Eau de la Métropole de Lyon,

A tous les agents des services Exploitation Réseau Assainissement et Exploitation Equipement Assainissement du Pôle Assainissement de Nantes Métropole,

A Nadira Matar, pour sa présence et son soutien,

A mes parents pour leur amour et leur soutien indéfectible.

Ce travail a été réalisé grâce au soutien financier de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) dans le cadre de deux projets : OMEGA 2010-0175 – Outils méthodologiques d'aide à la gestion intégrée d'un système d'assainissement (ANR Villes durables 2009) et MENTOR 2012-2014 – Méthodologie et outils opérationnels de conception et de qualification des sites de mesures en réseau d'assainissement (ANR ECOTECH 2011).

Résumé

Ce travail de thèse s'inscrit au sein de la contribution du laboratoire EVS-INSA de Lyon dans le projet MENTOR visant à mieux gérer les réseaux d'assainissement par la mise en place de dispositifs de mesure adaptés aux spécificités des sites de mesure et aux organisations impliquées dans la gestion de l'assainissement urbain. Dans ce cadre, cette thèse étudie le processus de mise en œuvre de l'autosurveillance des réseaux d'assainissement en application de la réglementation sur le contrôle continu du fonctionnement des systèmes d'assainissement. L'autosurveillance est envisagée comme un dispositif technique et organisationnel qui vise à produire les données nécessaires pour le suivi des flux transitant dans les réseaux, et l'évaluation des rejets vers les milieux récepteurs.

Pour ce faire, cette recherche s'intéresse au milieu sociotechnique nécessaire à la mise en œuvre de l'autosurveillance des réseaux à partir de deux cas d'étude : Lyon Métropole et Nantes Métropole. Le protocole d'enquête est fondé sur des entretiens et des observations au sein des organisations qui concourent au déploiement de cette autosurveillance.

Les études de cas démontrent que les données produites, en dépit de leur intérêt pour connaître les systèmes d'assainissement et optimiser leur gestion, sont utilisées essentiellement pour observer la réglementation sur l'autosurveillance des réseaux. Cela résulterait d'un désajustement entre les nouveaux dispositifs d'autosurveillance et les milieux sociotechniques dans lesquels ces dispositifs sont mis en œuvre, en particulier les organisations existantes. Celles-ci seraient incapables d'assurer un déploiement complet de l'autosurveillance en raison des moyens humains et financiers nécessaires à sa prise en charge. Ainsi, l'autosurveillance des réseaux d'assainissement marche, mais pas à la hauteur de ses possibilités d'action, selon un mode dégradé.

Mots clés : objets techniques, autosurveillance, réseau d'assainissement, diffusion, milieu sociotechnique, organisations, concrétisation, appropriation.

Abstract

This thesis work is part of the contribution of EVS-INSA de Lyon laboratory into MENTOR project aiming to better manage sewerage networks through setting up measure devices suited to measurement sites specificities and to organizations involved in urban sanitation management. In this context, this thesis studies the implementation of the sewerage network self-monitoring in accordance with regulations related to continuous control of sewerage systems operation. The self-monitoring is envisaged as technical and organizational device that aims to product necessary data to survey flows being sent into networks and evaluate discharges to receiving water.

In order to do so, this research is interested in sociotechnical milieu needed to implement networks self-monitoring by analyzing two case studies: Lyon Metropole and Nantes Metropole. The field work is based on interviews and observations within organizations contributing to the self-monitoring deployment.

The results demonstrate that produced data, despite their interest to improve sewerage systems knowledge and optimize their operation, are used essentially in order to examine how self-monitoring regulations are applied. This would appear to be a result of the discrepancies between new self-monitoring devices and socio-technical milieus in which those devices are being applied, especially existing organizations. Those would be unable to make a total deployment of self-monitoring due to human and financial resources that should be invested to improve its management. Thus, self-monitoring of sewerage networks is operating, but not up to be made of its potential according a degraded mode.

Keywords: technical artefacts, self-monitoring, sewerage network, diffusion, socio-technical milieu, organizations, concretization, appropriation.

Table des matières

Remerciements.....	6
Résumé	8
Abstract.....	10
Table des matières	11
Table des abréviations.....	16
Table des illustrations	20
Encadrés	20
Extraits	20
Figures	20
Tableaux.....	21
Introduction	23
Objet de la thèse : la surveillance des systèmes d'assainissement.....	24
Le problème	32
MENTOR, un programme de recherche sur l'instrumentation intégrée des réseaux d'assainissement	36
Plan de la thèse	37
Chapitre 1	39
Eléments pour un historique de la métrologie des réseaux d'assainissement	39
1 Développement des systèmes d'assainissement	40
1.1 Généralisation du modèle parisien de tout-à-l'égout	40

1.2	Début de normalisation des pratiques d'assainissement.....	45
1.2.1	Codification de la conception des réseaux d'assainissement	46
1.2.2	Mise en œuvre des réseaux séparatifs	48
1.3	Introduction des systèmes de traitement des effluents.....	51
2	Développement des systèmes de mesure en assainissement ...	55
2.1	La dégradation des réseaux d'assainissement.....	55
2.1.1	Débordements des réseaux et inondations.....	59
2.1.2	Un faible niveau de dépollution des rejets	63
2.1.3	Les rejets directs des déversoirs d'orage par temps de pluie	66
2.2	Des études de diagnostic à l'autosurveillance	71
	Chapitre 2.....	77
	Problématique	77
1	Questions de recherche	77
2	Le cadre conceptuel mobilisé.....	79
2.3	Les non-humains, des acteurs à part entière	81
2.4	De l'appropriation des objets techniques.....	86
2.5	Des modes d'existence des objets techniques.....	91
3	Partis pris et hypothèses de recherche.....	93
	Chapitre 3.....	97
	Terrain et méthodes d'enquête	97
1	Présentation des études de cas.....	98
1.1	Le cas lyonnais	99
1.2	Le cas nantais.....	100
2	Exploration et évolution du protocole de recherche.....	102
2.1	L'enquête exploratoire	103
2.2	Ajustement du dispositif d'observation	106
3	Les dispositifs de l'enquête	108
3.1	Les entretiens	108
3.2	Les observations directes	109
3.2.1	La configuration spatiale des sites observés	111
3.2.2	Le langage propre du milieu observé	114

3.2.3	Observer dans les réseaux	116
3.2.4	Recueil et enregistrement des données d'observation	122
Chapitre 4	137
Le cadre réglementaire de l'autosurveillance des réseaux		
d'assainissement	137
1	Le corpus réglementaire analysé	138
2	La gestion des eaux résiduaires urbaines.....	141
2.1	Mise en application de la directive ERU	141
2.1.1	Obligations et échéances de mise en œuvre.....	142
2.1.2	Observation de la mise en œuvre de la directive ERU	145
3	Les obligations d'autosurveillance	149
3.1	Les prescriptions techniques relatives aux systèmes d'assainissement.....	151
3.2	Les demandes d'autorisation et de déclaration	153
3.3	Surveillance des systèmes de collecte	155
3.3.1	Suivi des rejets directs et des débits de transit	156
3.3.2	Validation et contrôle du dispositif d'autosurveillance	157
4	Transmission des données d'autosurveillance	158
4.1	Fréquences et langage de transmission.....	159
4.2	Contrôle des données transmises	161
Chapitre 5	165
Les dispositifs techniques et organisationnels de		
l'autosurveillance des réseaux d'assainissement	165
1	Modéliser et mesurer dans l'agglomération lyonnaise	166
1.1	Assainissement de l'agglomération lyonnaise : éléments d'historique.....	166
1.1.1	Evolution du contexte technique et organisationnel.....	167
1.1.2	Constitution de réseaux stables de coopération scientifique et opérationnelle dans le domaine de l'assainissement.....	171
1.2	Fonctionnement d'ensemble du système d'assainissement.....	175

1.3 Développement d'une approche double : modélisation hydraulique et métrologie.....	178
2 Maîtriser l'assainissement et mesurer dans l'agglomération nantaise.....	182
2.1 Le système d'assainissement nantais	183
2.2 Développement de la métrologie des réseaux	184
2.2.1 Reconfiguration du système d'assainissement et premières mesures en réseau.....	185
2.2.2 Evaluation du fonctionnement du système d'assainissement et extension du réseau de mesure	188
2.2.3 Des coopérations avec des scientifiques	191
3 Des organisations particulières selon les agglomérations	193
3.1 Une entité spécialisée à Lyon.....	193
3.2 Des entités qui s'adaptent à Nantes	199
Chapitre 6.....	204
Les activités liées à l'autosurveillance des réseaux d'assainissement	204
1 Acquisition des mesures	205
2 Vérification des instruments de mesure	212
3 Validation des données de mesure.....	218
3.1 Le système lyonnais de supervision et de télégestion.....	219
3.2 Le système nantais de télésurveillance et de métrologie	224
4 Valoriser les données produites.....	231
4.1 Les incertitudes de mesure : origines et difficultés d'estimation.....	231
4.2 Amélioration de la qualité des mesures	235
4.2.1 Tracer la représentativité des mesures acquises à Lyon.....	235
4.2.2 Développer une approche combinée modélisation-métrologie à Nantes.....	237
Synthèse et conclusions	241
Le déploiement de l'autosurveillance des réseaux d'assainissement : synthèse des expériences lyonnaise et nantaise	241

Les « objections » du milieu sociotechnique existant	248
Les finalités de l'autosurveillance.....	249
Les modes d'existence et d'appropriation de l'autosurveillance	252
Bibliographie	254
Articles, ouvrages et documents	254
Textes réglementaires et législatifs	267
Sites internet	270
Annexes	271
Annexe 1 – Organigramme de la Direction de l'Eau du Grand Lyon/Métropole de Lyon.....	271
Annexe 2 – Organigramme du Pôle Assainissement de Nantes Métropole	273
Annexe 3 – Récapitulatif de l'enquête par entretien	275
Annexe 4 – Récapitulatif de l'enquête par observation.....	277
Glossaire des termes techniques de l'assainissement utilisés.....	281

Table des abréviations

A	Autorisation
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
AELB	Agence de l'Eau Loire-Bretagne
ANR	Agence Nationale de la Recherche
ATM	Aide au Transfert Maximal
AURAN	Agence d'Urbanisme de la Région Nantaise
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
CATEC	Certificat d'Aptitude à Travailler sur les Espaces Confinés
CAO	Cellule d'Assistance Opérationnelle
CBPO	Charge Brute de Pollution Organique
CCTP	Cahier des Clauses Technique Particulières
CE	Commission Européenne
CEE	Commission des Communautés Européennes
C.Env.	Code de l'Environnement
CG	Circulaire Générale
CGCT	Code Général des Collectivités Territoriales
CJCE	Cour de Justice des Communautés Européennes
CLE	Commission Locale de l'Eau
CONSUEL	Comité National pour la Sécurité des Usagers de l'Electricité
CRI	Commissariat à la Reconstruction Immobilière
CSTB	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
CTRI	Commissariat Technique à la Reconstruction Immobilière
D	Déclaration
DBO	Demande Biologique en Oxygène
DCE	Direction du Cycle de l'Eau
DCE 2000	Directive 2000/60/CE du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau
DCO	Demande Chimique en Oxygène

DEEP	Déchets Eaux Environnement Pollutions
DERU	Directive 91/271/CEE du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux résiduaires urbaines
DEU	Division des Equipements Urbains
DGEN	Direction Générale à l'Equipement National
DGRST	Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique
DO	Déversoir d'orage
DOPEA	Direction des Opérateurs Publics de l'Eau et de l'Assainissement
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
ECOTECH	Production Durable et Technologies de l'Environnement
ECP	Eaux Claires Parasites
EDF	Electricité de France
EH	Equivalent Habitant
ENTPE	Ecole de l'aménagement durable et des territoires
EPC	Eaux Parasites de Captage
EPI	Eaux Parasites d'Infiltration
EPI	Equipement de Protection Individuelles
ERU	Eaux Résiduaires Urbaines
ETP	Equivalent Temps Plein
FEDRE	Fonds Européen de Développement Régional
FNCCR	Fédération Nationale des Collectivités Concédantes et Régies
GAR	Groupe Régional d'Action Sur l'Eau
GEMCEA	Groupement pour l'Evaluation des Mesures en Continu dans les Eaux et en Assainissement
GRAIE	Groupe de Recherche Rhône-Alpes sur les Infrastructures de l'Eau
ICPE	Installations Classées pour la Protection de l'Environnement
IDF	Intensité-Durée-Fréquence
IFSTTAR	Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux
IMFS	Institut de Mécanique des Fluides et des Solides
INRS	Institut National de Recherche et de Sécurité
INT	Instruction Technique
IOTA	Installations Ouvrages Travaux et Activités
IRSTEA	Institut National de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement

	et l'Agriculture
ISO	Organisation Internationale de normalisation
LCPC	Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
LEESU	Laboratoire Eau Environnement et Systèmes urbains
LGCIE	Laboratoire de Génie Civil et Ingénierie Environnementale
LIE	Limites Inférieures d'Explosivité
LMFA	Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique
LSE	Loi Sur l'Eau
MEDAD	Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durable
MEEDDAT	Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire
MENTOR	Méthodologie et outils opérationnels de conception et de quantification de sites de mesure en réseau d'assainissement
MES	Matières en Suspension
MRU	Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme
NGL	Azote total
N-NH₄⁺	Azote ammoniacal
N-NO₂⁻	Azote nitreux
N-NO₃⁻	Azote nitrique
Norg	Azote organique
OIEau	Office International de l'Eau
OMEGA	Outils méthodologiques d'aide à la gestion intégrée d'un système d'assainissement
OTHU	Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine
PPRI	Plan de Prévention du Risque Inondation
PR	Poste de Refoulement
Ptot	Phosphate total
QSE	Qualité Sécurité Environnement
RMA	Régie Municipale de la ville de Nantes
RMC	Rhône-Méditerranée-Corse
RERAU	Réhabilitation des Réseaux d'Assainissement Urbains
RTC	Réseau Téléphonique Commuté
RUTP	Rejets Urbains de Temps de Pluie
SAAN	Syndicat d'Assainissement de l'Agglomération Nantaise
SAGE	Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau

SANDRE	Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau
SATESE	Service d'Assistance Technique aux Exploitants des Stations d'Epuration
SCOT	Social Construction of Technologies
SDAGE	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion de l'Eau
SIARGR	Syndicat Intercommunal d'Assainissement de la Rive Gauche du Rhône
SIARSL	Syndicat Intercommunal d'Assainissement de la Rive Sud du Rhône
SIE	Système d'Information sur l'Eau
SIIF	Structured Implementation and Information Framework
SIG	Système d'Information Géographique
SIMAN	Syndicat Intercommunal à vocation Multiple de l'Agglomération Nantaise
SIMVAL	Syndicat Intercommunal à Vocation Multiple de l'Agglomération Lyonnaise
SMANL	Syndicat Mixte d'Assainissement de Rive Nord de la Loire
SNRS	Service navigation Rhône-Saône
SOGREAH	Société Grenobloise d'Etudes et d'Applications Hydrauliques
STELLA	Supervision de la Télégestion Lyonnaise et de l'Assainissement
STEP	Station d'Epuration des eaux usées
STEU	Station de Traitement des Eaux Urbaines
STU	Service Technique Urbain
SUR	Système Urbain de Référence
US	Ultrasonore (capteur ou sonde)
VLE	Valeurs limites d'exposition

Table des illustrations

Encadrés

Encadré 1 : Préconisation des bassins d'orage par l'instruction technique CG 1333 de 1949.....	51
Encadré 2 : Les eaux claires parasites : origines et comportements.....	65
Encadré 3 : Typologie des déversoirs d'orage selon leur fonctionnement.....	69
Encadré 4 : La gestion automatisée des réseaux d'assainissement.....	73
Encadré 5 : Historique des contentieux entre l'Etat français et la Commission européenne.....	148
Encadré 6 : La démarche de mise en service d'un site de mesure.....	196
Encadré 7 : Principe de fonctionnement des capteurs utilisés en réseaux d'assainissement.....	211
Encadré 8 : Instruments de mesure et sources d'incertitudes sur les grandeurs mesurées.....	234

Extraits

Extrait 1 : Première visite du réseau (site Chassieu – Lyon Métropole).....	121
Extrait 2 : Paramétrage et vérification du site Poumeyrol à Caluire-et-Cuire – Métropole de Lyon.....	129
Extrait 3 : La création du groupe de Recherche Rhône-Alpes sur les Infrastructures et l'Eau.....	172
Extrait 4 : La création de l'Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine.....	174
Extrait 5 : Le réseau d'assainissement du Grand Lyon, un cas particulier du bassin RMC.....	179
Extrait 6 : Vérification d'un capteur ultrasonore à Irigny – Métropole de Lyon.....	215
Extrait 7 : Difficultés d'exploitation des données de mesure par la DCE à Nantes Métropole.....	231
Extrait 8 : Les difficultés de pilotage d'un préleveur automatique asservi au débit.....	233
Extrait 9 : Tracer la représentativité des mesures selon l'unité Etudes générales et modélisation du Grand Lyon.....	237
Extrait 10 : Articuler métrologie et modélisation selon la DCE – Nantes Métropole.....	239

Figures

Figure 1 : Schéma de principe d'un déversoir d'orage.....	25
Figure 2 : Exemples de site de mesure en réseau d'assainissement.....	28
Figure 3 : Exemple de dispositif de prélèvement d'échantillons d'eaux usées en réseau d'assainissement.....	29
Figure 4 : Organigramme simplifié de la démarche d'autosurveillance.....	31

Figure 5 : Implantation des déversoirs d'orage dans les réseaux d'assainissement	67
Figure 6 : Exemples de déversoirs d'orage : schémas de fonctionnement	70
Figure 7 : Exemples de site de mesure à Lyon	112
Figure 8 : Exemple de site de mesure à Nantes	113
Figure 9 : Equipement du site Dreyfus à Chapelle-Sur-Erdre – Nantes Métropole	123
Figure 10 : Configuration et équipement du site Quai des Etroits à Lyon 5 ^e – Métropole de Lyon	124
Figure 11 : Opération de vérification d'un capteur ultrasonore.....	125
Figure 12 : Exemple de Fiche de vérification d'un capteur piézométrique.....	126
Figure 13 : Vue générale des sites de mesure, Equipe Métrologie réseau – Métropole de Lyon.....	126
Figure 14 : Schéma de vérification d'une sonde ultrasonore.....	127
Figure 15 : Schéma de localisation-codification SANDRE des points de mesure réglementaires.....	161
Figure 16 : Les bassins versants l'agglomération lyonnaise.....	176
Figure 17 : Le système d'assainissement de l'agglomération nantaise	184
Figure 18 : Bilan du contrat Neptune I (réalisations entre 1994 et 1998)	187
Figure 19 : Les entités mobilisées dans et par les activités d'autosurveillance des réseaux au sein de la Direction de l'Eau du Grand Lyon/Métropole de Lyon.....	194
Figure 20 : Entités mobilisées dans et par les activités d'autosurveillance des réseaux au sein du Pôle Assainissement de Nantes Métropole	200
Figure 21 : Chaîne d'acquisition et de transmission des résultats de mesure à Lyon.....	206
Figure 22 : Exemples de stations de mesure – Métropole de Lyon.....	207
Figure 23 : Chaîne d'acquisition et de transmission des valeurs de mesure à Nantes.....	209
Figure 24 : Le système de vérification des capteurs ultrasonores – Métropole de Lyon	213
Figure 25: Vérification d'un capteur piézorésistif – Nantes Métropole	217
Figure 26 : Vérification d'un capteur de vitesse à Effet Doppler – Nantes Métropole	218
Figure 27: Capture d'écran du système STELLA – Poste de télégestion.....	220
Figure 28 : Exemple de site de mesure en mode "entretien"	221
Figure 29 : Qualification des données selon les valeurs seuils de validation à Lyon.....	221
Figure 30 : Capture d'écran du système STELLA – Poste de validation	224
Figure 31 : Préparation et prétraitement des résultats de mesure à Nantes	227
Figure 32 : Chaîne sociotechnique de production des données à Lyon.....	246
Figure 33 : Chaîne sociotechnique de production des données à Nantes	247

Tableaux

Tableau 1 : Les étapes de la métrologie en assainissement	27
Tableau 2 : Appareillage des sites de mesure observés	114
Tableau 3 : Le vocabulaire métrologique utilisé <i>in situ</i>	116
Tableau 4 : Corpus réglementaire de l'autosurveillance des systèmes d'assainissement.....	140
Tableau 5 : Echéances et objectifs de la directive ERU	144
Tableau 6 : Contrôle des données d'autosurveillance par l'agence de l'eau	163

Tableau 7 : Historique de la démarche d'autosurveillance à Lyon.....	182
Tableau 8 : Historique de la démarche d'autosurveillance à Nantes	191
Tableau 9 : Synthèse des cas d'étude lyonnais et nantais.....	243
Tableau 10 : Liste des personne interviewées – Lyon (2012-2013).....	275
Tableau 11 : Liste des personnes interviewées – Nantes (2014).....	276
Tableau 12 : Liste des séances d'observations – Lyon (2014).....	277
Tableau 13 : Liste des séances d'observation – Nantes (2014).....	279

Introduction¹

L'assainissement urbain est le résultat d'une adaptation permanente à l'évolution de la fabrication des villes. En Europe, les systèmes d'assainissement remontent à l'époque romaine. La ville antique romaine était assainie par des latrines publiques et des canaux à ciel ouverts qui, pour des raisons de salubrité, furent avec le temps couverts et transformés en égouts destinés à collecter les eaux sales, y compris les eaux pluviales. Au Moyen Age, le modèle de l'assainissement connaît une profonde rupture avec l'état antique. Les réseaux d'évacuation romains ont été délaissés car la plupart des villes européennes n'avaient pas les ressources nécessaires pour les entretenir. Les latrines publiques héritées ont disparu et les petits ruisseaux se sont substitués aux égouts enterrés. Les fossés de défense militaire entourant la ville du Bas-Empire sont transformés en collecteurs à ciel ouverts pour les eaux usées et les eaux pluviales [Guillerme, e1997]. La conception moderne de l'assainissement apparaît au milieu du XIX^e siècle avec l'émergence du mouvement hygiéniste qui préconisait de collecter et d'évacuer les rejets domestiques en dehors des villes dans des canalisations enterrées afin de protéger les populations des vagues d'épidémies alors fréquentes. La notion de "tout-à-l'égout" s'est ainsi développée. Ce système d'assainissement s'est généralisé en France dès le début du XX^e siècle ; les réseaux d'égouts construits évacuent les eaux usées et les eaux pluviales. Il s'agit de grands collecteurs unitaires souvent surdimensionnés qui ont contribué à améliorer les conditions de vie en ville. A partir des années 1950, l'accroissement démographique, le développement urbain et la croissance économique vont engendrer la dégradation des cours d'eau à l'aval des villes où s'effectuent les principaux rejets des eaux collectées. Ainsi, apparaît la nécessité de traiter ces rejets avant de les restituer aux milieux récepteurs. L'intégration des stations de traitement des eaux usées aux systèmes d'assainissement s'accélère en France à partir du milieu des années 1960. Mais l'efficacité des traitements

¹ Cette thèse a été financée par l'ANR dans le cadre de deux projets : OMEGA (Outils méthodologiques d'aide à la gestion intégrée d'un système d'assainissement – ANR Villes durables 2009) et MENTOR (Méthodologie et outils opérationnels de conception et de qualification des sites de mesures en réseau d'assainissement – ANR ECOTECH 2011).

est compromise par le caractère unitaire des réseaux de collecte dont les débordements en milieu urbain et périurbain sont devenus fréquents entraînant des phénomènes d'inondation. Dans ce contexte, le concept du réseau séparatif s'impose : seules les eaux usées sont acheminées vers les stations de traitement, les eaux pluviales sont collectées dans un autre réseau et rejetées directement dans les fleuves et les rivières.

Objet de la thèse : la surveillance des systèmes d'assainissement

Le modèle d'assainissement actuellement utilisé en France consiste en un ensemble d'ouvrages destinés à collecter, transporter et traiter les eaux usées et pluviales d'une agglomération. Ces ouvrages peuvent être classés en deux ensemble fonctionnels :

- Le système de collecte, ou le réseau d'assainissement, qui accueille et achemine les effluents : il peut être unitaire où les eaux usées et les eaux pluviales sont évacuées dans le même réseau de canalisations ; ou séparatif dans lequel les effluents sont recueillis séparément dans deux réseaux de canalisation, l'un pour les eaux usées, l'autre pour les eaux pluviales.
- Le système de traitement (ou la station de traitement) qui reçoit les effluents pour les traiter avant rejet, selon différents procédés de traitement de façon à leur rendre une qualité compatible avec les exigences du milieu récepteur des rejets traités (rivière, fleuve, lac, mer, etc.).

En cas de dépassement des capacités du système d'assainissement par temps de pluie, des rejets directs vers le milieu récepteur d'une partie des effluents bruts peuvent avoir lieu au niveau des ouvrages de déversement : les déversoirs d'orage (Figure 1). Pour contrôler la pollution véhiculée par ces rejets, les collectivités locales sont tenues de contrôler et de suivre en permanence le fonctionnement de leur système d'assainissement collectif sous la forme d'une procédure : la « démarche d'autosurveillance » instituée par l'arrêté du 22

décembre 1994 relatif à la surveillance des ouvrages de collecte et de traitement des eaux usées mentionnées aux articles L. 373-1-1 et L. 372-3 du Code des communes².

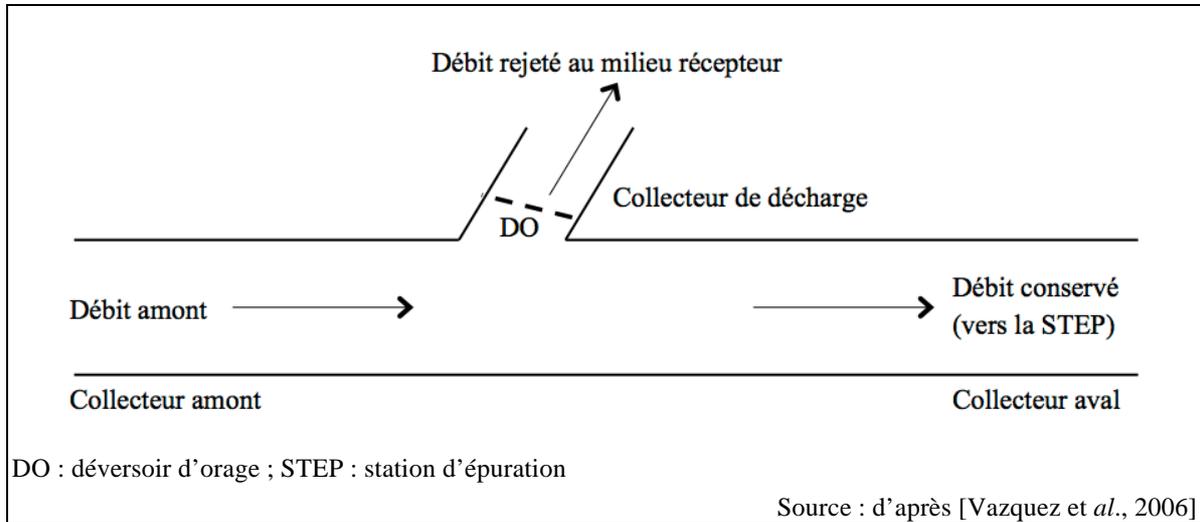


Figure 1 : Schéma de principe d'un déversoir d'orage

Les exigences réglementaires relatives à la surveillance des ouvrages de collecte et de traitement des eaux usées conduisent ainsi les gestionnaires, publics ou privés, du service de l'assainissement à mettre en œuvre une procédure d'autosurveillance de leur système d'assainissement. Cela implique l'équipement des ouvrages concernés par cette procédure (canalisations, déversoirs d'orage installés sur collecteurs unitaires, déversoirs d'orage situés en entrée de STEP, etc.) en dispositifs métrologiques pour suivre en continu le fonctionnement de ces ouvrages³, à savoir réaliser des mesures (telles que la hauteur et l'intensité des précipitations, le niveau d'eau dans un ouvrage, la vitesse d'un écoulement, le débit transitant dans une canalisation, les concentrations et charges en polluants), recueillir les résultats correspondants, et enfin, les traiter⁴.

²Cet arrêté est l'un des textes réglementaires de transposition en droit français de la directive 91/271/CEE du 21 mai 1991 relative aux eaux résiduaires urbaines, dite la directive ERU. Les obligations de surveillance des systèmes d'assainissement ont été introduites par cette directive (cf. Chapitre 4).

³ Les prescriptions techniques liées à l'autosurveillance précisent les ouvrages de collecte et de traitement concernés par un suivi permanent de leur fonctionnement, et pour chaque type d'ouvrage la nature des paramètres à suivre et les données à produire.

⁴ Les résultats produits contribuent à alimenter le Réseau National des Données sur l'Eau (RNDE) en informations nécessaires à l'évaluation de la conformité réglementaire des systèmes d'assainissement en vertu de la directive ERU.

L'implantation d'un dispositif métrologique, notamment le choix de la localisation des points de mesure et des matériels à installer, dépend du type d'ouvrage à surveiller et de la nature des grandeurs à mesurer. Dans tous les cas, un dispositif de mesure est constitué d'un ensemble d'éléments nécessaires pour la détermination de valeurs mesurées de la grandeur recherchée moyennant un appareil de mesure (généralement un capteur) installé sur l'ouvrage à surveiller, l'enregistrement de ces valeurs par un poste local de télétransmission (un automate) qui assure, par ailleurs, la transmission de ces résultats vers un poste central de supervision du système d'assainissement où ils seront stockés, et la validation de ces résultats via des tests de contrôle afin de fournir des indications sur la précision des mesures effectuées. Le Tableau 1 présente une liste plus au moins exhaustive des matériels utilisés pour l'acquisition, la transmission et la validation des données de mesure requises.

Tableau 1 : Les étapes de la métrologie en assainissement

Fonction	Instruments	
Équipement in situ des ouvrages d'assainissement		
Acquisition des mesures	Capteur de mesure du niveau d'eau	Les cadences d'acquisition des mesures sont matérialisées par des algorithmes programmés dans les capteurs.
	Capteur de mesure de la vitesse de l'écoulement	
	Préleveur automatique d'échantillons d'eaux usées	Le démarrage et l'arrêt des prélèvements sont programmés par un système de commande et de pilotage du préleveur (cf. Figure 3 pour un exemple de préleveur).
Enregistrement et télétransmission des résultats	Transmetteur de hauteur	Les transmetteurs prétraitent les mesures acquises par les capteurs avant de les transmettre à l'automate.
	Transmetteur de vitesse	
	Débitmètre	En l'absence de transmetteur(s), le débitmètre fait le lien entre le (ou les) capteur(s) et l'automate. Le débitmètre permet également de calculer des débits à partir des valeurs des hauteurs et des valeurs des vitesses mesurées. Les débits calculés sont transférés vers l'automate.
	Automate	Stockage local et télétransmission des résultats issus des transmetteurs ou du débitmètre.
	Transmetteur téléphonique	
Service (ou unité) d'exploitation du dispositif métrologique		
Exploitation des données télétransmises	Système central de supervision	Traitement, examen et validation informatique des différents résultats de mesure.

Les capteurs sont en contact direct avec le milieu où s'effectue le mesurage. Les autres instruments sont logés dans une armoire électrique de commande. L'équipement en instruments de mesure diffère d'un site à l'autre (cf. Figure 2 pour des exemples de sites de mesure en réseau d'assainissement). Cet équipement est réalisé au cas par cas selon la nature de l'ouvrage instrumenté et la nature des grandeurs recherchées.



Exemple de site de mesure installé sur un collecteur unitaire non visitable⁵ : (1) accès au capteur ; (2) capteur de hauteur ; (3) armoire électrique de commande.



Exemple de site de mesure installé sur un collecteur unitaire visitable : (1) capteur pour la mesure de la hauteur d'eau en amont du collecteur ; (2) pare-eau protecteur du capteur ; (3) capteur pour la mesure de la hauteur d'eau déversée par le déversoir d'orage vers le milieu récepteur.



Exemples d'armoires électriques de commande.

Source : Selma Baati, 2014

Figure 2 : Exemples de site de mesure en réseau d'assainissement

⁵ Hauteur inférieure à 1,5 m.

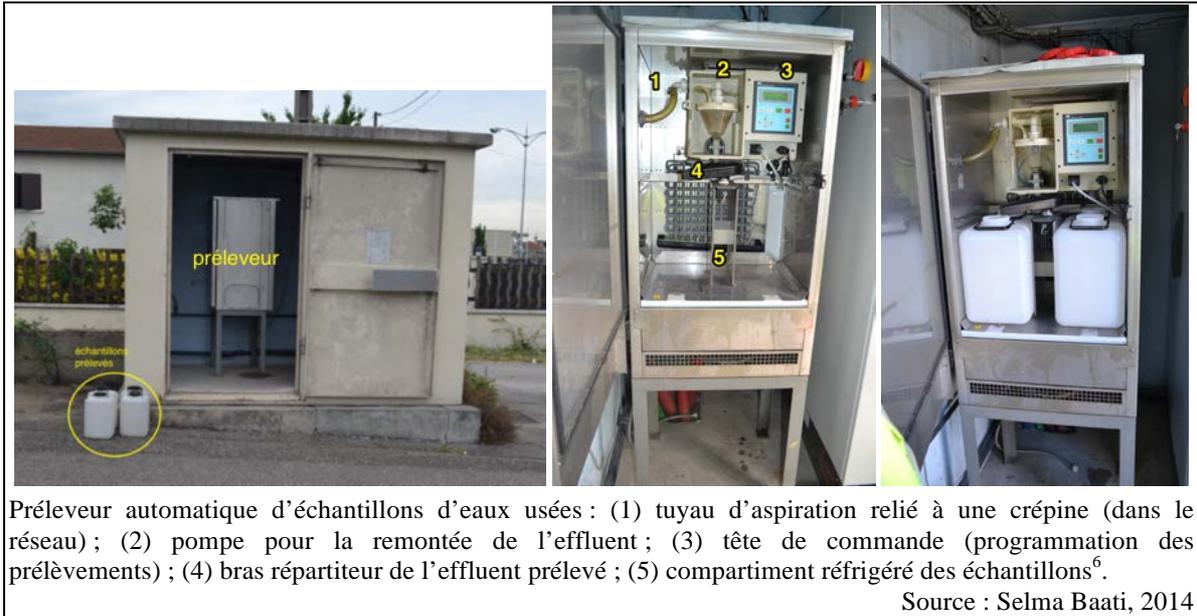


Figure 3 : Exemple de dispositif de prélèvement d'échantillons d'eaux usées en réseau d'assainissement

En plus des prescriptions techniques relatives à l'équipement des ouvrages d'assainissement en dispositifs de mesure, la réglementation sur l'autosurveillance définit la démarche de contrôle (ou de suivi) à mettre en œuvre. Dans ce cadre, les communes ont la responsabilité de mettre en place un programme de surveillance de leur système d'assainissement collectif. Les gestionnaires de ces systèmes élaborent ce programme sous la forme d'un "manuel d'autosurveillance". Celui-ci précise : la localisation des différents points de mesure ; l'organisation des personnels impliqués dans l'autosurveillance et leur qualification ; les appareillages utilisés et les moyens de vérification de leur bon état de marche. Le manuel d'autosurveillance est transmis à l'agence de l'eau et au service de la police de l'eau pour une double validation. Une fois le manuel validé, les dispositifs de mesure peuvent fonctionner et produire des résultats⁷ qui, après validation, constituent les données d'autosurveillance nécessaires pour l'évaluation des rejets dans les milieux récepteurs.

La validation des résultats transmis au système central de supervision est en partie automatique. Un programme analyse et estime la qualité des mesures. En général, Il identifie trois types de données : les données bonnes qui sont automatiquement validées, les données suspectes (ou douteuses) qui nécessitent une vérification manuelle ultérieure, et les

⁶ Les échantillons prélevés sont analysés en laboratoire.

⁷ Les mesures sont réalisées en continu par temps sec et par temps de pluie.

données mauvaises qui sont automatiquement rejetées. La validation des données douteuses et mauvaises passe par un travail de reconstitution en vue de remplacer les valeurs jugées suspectes et les valeurs rejetées en automatique⁸. Les données reconstituées sont calculées à partir de formules d'hydraulique à surface libre ou à partir d'abaques (courbes d'étalonnage des ouvrages) intégrés au programme de traitement des données. Les résultats de mesure validés sont transmis sous forme de bilans mensuels et annuels à l'agence de l'eau et à la police de l'eau. La transmission mensuelle s'effectue dans le cadre d'un format informatique d'échange des données d'autosurveillance appelé le format SANDRE⁹. En cas de dysfonctionnement (incident ou accident sur le réseau ou la STEP conduisant au dépassement des seuils de rejets limites fixés), ces données leur sont immédiatement communiquées accompagnées d'une note expliquant la nature et la cause du dysfonctionnement ainsi que les moyens mis en œuvre pour les corriger.

La validation de cette démarche est réalisée par l'agence de l'eau et la police de l'eau pour la vérification de la conformité du dispositif de mesure avec les modalités décrites dans le manuel d'autosurveillance. La police de l'eau peut également effectuer des contrôles inopinés sur le respect des seuils de déversement fixés par les arrêtés préfectoraux d'autorisation de rejet. La mise en place des dispositifs d'autosurveillance bénéficie d'aides financières accordées par les agences de l'eau sous formes de subventions appliquées aux études préalables et aux investissements en équipements de mesure¹⁰ (travaux de génie civil, raccordements électriques, liaisons téléphoniques, capteurs, automates, logiciels de traitement des données, etc.).

L'organigramme ci-dessous (Figure 4) retrace la démarche d'autosurveillance. Trois étapes peuvent être identifiées : d'abord l'équipement des ouvrages d'assainissement en instruments de mesure, ensuite, le recueil des résultats de mesure, et enfin, l'exploitation de ces données, à savoir, leur validation et leur transmission aux instance de contrôle (agence de l'eau et police de l'eau).

⁸ Les modalités de qualification et de reconstitution des données de mesure dépendent du programme de traitement adopté (cf. Chapitre 6).

⁹ Pour Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels de l'Eau.

¹⁰ Les taux de subventions varient suivant les dispositions propres à chaque agence. Par exemple, l'agence Rhône-Méditerranée-Corse et l'agence Loire-Bretagne participent respectivement à hauteur de 30 % et 50 % au financement des études de définition. Elles attribuent des subventions de l'ordre de 30 % des montants hors taxes concernant les équipements de mesure et les travaux nécessaires à leur mise en place.

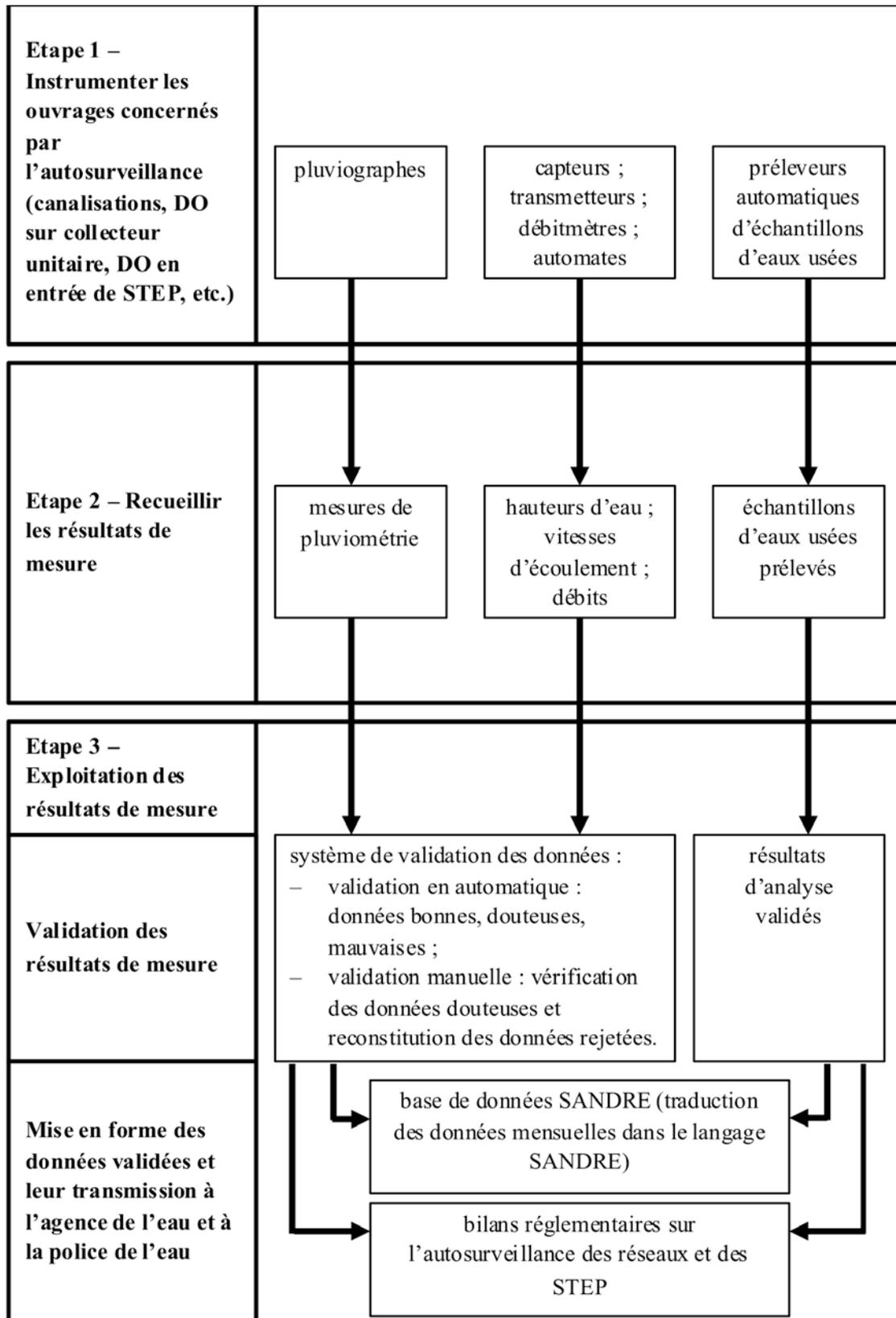


Figure 4 : Organigramme simplifié de la démarche d'autosurveillance

Le problème

Vingt ans après l'entrée en vigueur de la réglementation sur l'autosurveillance des ouvrages d'assainissement, elle est encore peu mise en œuvre dans le cas des systèmes de collecte¹¹ : elle « peine à se généraliser » [Ollagnon, 2012] et sa diffusion reste parcellaire. Les difficultés techniques et instrumentales de la mesure en réseaux d'assainissement, les coûts d'investissements et d'exploitation élevés, et les moyens humains limités semblent être les principales difficultés qu'ont les organisations en charge de l'autosurveillance des réseaux à déployer efficacement ce dispositif [Alis et *al.*, 2001 ; Deshons et Laplace, 2001 ; Joannis, 2001 ; Meradou, 2001 ; Le Goff, 2004 ; Ollagnon 2012].

Aussi ce travail a pour ambition d'analyser les conditions d'adoption et de diffusion de l'autosurveillance des réseaux d'assainissement. Cette démarche comprend des objets techniques (capteurs, débitmètres, transmetteurs, etc.), des prescriptions réglementaires et techniques relatives à la pose et aux choix de ces objets, des grandeurs à mesurer pour surveiller la quantité et la qualité des rejets, des outils de validation des données produites, des outils et des protocoles de vérification des instruments d'acquisition et de transmission de ces données, des bases de données, des bilans sur la surveillance des ouvrages d'assainissement, et des organisations impliquées dans la mise en œuvre de cette démarche (collectivités territoriales, police de l'eau, agence de l'eau, gestionnaires des réseaux, bureaux d'études techniques, entreprises de réalisation, etc.). Ainsi, par autosurveillance nous désignons l'ensemble des dispositifs techniques et organisationnels développés pour assurer les activités de contrôle et de suivi des réseaux d'assainissement. Cette analyse doit permettre de décrire les difficultés soulevées par la mise en œuvre de l'autosurveillance des réseaux. Pour cela, il s'agit de produire des connaissances sur le milieu sociotechnique (normes réglementaires et techniques, objets et dispositifs techniques, organisations, modèles économiques, pratiques) dans lequel les dispositifs développés sont mis en œuvre.

¹¹ Les systèmes de traitement sont constitués d'ouvrages souvent standardisés et construits en même temps que leur équipement en dispositifs de mesure. Dans le cas des système de collecte, l'application de l'autosurveillance est particulièrement contraignante à cause du fait que les réseaux d'assainissement, notamment les déversoirs d'orage, ont été conçus et construits pour répondre à des finalités qui n'étaient pas celles du contrôle des rejets directs d'effluents non traités et du suivi de l'impact de ces déversements sur les milieux récepteurs (cf. Chapitre 1 sur l'historique de la conception et du développement des réseaux d'assainissement en France).

Par milieu sociotechnique est entendu l'environnement où se rencontrent des réalités tout à fait hétérogènes (techniques, géographiques, économique, sociales, etc.) et dans lequel l'objet technique est appelé à fonctionner [Akrich et *al.*, 1988 ; 2006].

Selon Madeleine Akrich [1989], traiter des relations entre un système technique et son « contexte » ou « environnement » (social, technique, économique, politique, physique, etc.) peut être appréhendé principalement de trois manières :

La première suppose l'existence séparée de la technologie, et d'un milieu, la société, et raisonne, ce faisant, en termes d'impacts de la technique sur la société. L'auteure compte dans ce genre d'analyse certains travaux de la littérature consacrée aux transferts de technologies dans les pays en développement¹²: la dichotomie technologie/société est incorporée dans la conception même du dispositif de transfert qui, parce qu'il serait bon par principe, son contenu est définitivement stabilisé, et à la société réceptrice de l'accepter tel qu'il a été conçu et tel qu'il a été prouvé qu'il fonctionne. Ces travaux visent la compréhension de l'adoption d'un objet technique en se focalisant sur ses propriétés intrinsèques. Cela consiste à considérer que c'est des avantages de son contenu technologique que dépend la diffusion d'un objet technique. Autrement dit, un objet se répand de lui-même en vertu de ses qualités propres par effet de démonstration, et finit par être adopté. La manière dont cette représentation de la diffusion est conçue repose sur le modèle diffusionniste de l'innovation élaborée dans les années 1960¹³. Akrich considère que cette idée selon laquelle l'élaboration des objets techniques obéirait à une rationalité purement technique donne lieu à des analyses qui bien qu'elles participent du processus technologique lui-même, elles ne décrivent en rien « les propriétés du milieu ». Reprenons, l'exemple des dispositifs de transfert : une analyse « technologique » cantonnée à la description de l'objet technique et de ses propriétés intrinsèques s'avère de peu d'utilité lorsque les concepteurs doivent prendre des décisions pour redonner une chance à une innovation bloquée, dans la mesure où cette analyse ne permet pas d'expliquer les difficultés de la diffusion du dispositif en question [Akrich et *al.*, 1988].

¹² Par exemple [Amado, 1982, cité par Akrich, 1987]

¹³ L'un des principaux fondateurs de ce modèle était Everett Rogers (1931-2004). Dans son ouvrage intitulé *Diffusion of innovations*, Rogers pose qu'une nouveauté (dispositif technique, politique publique, produit, etc.) est bonne par principe ; c'est ce qu'il appelle le « biais favorable à l'innovation » (*pro-innovation bias*) [Rogers, e1995]. Pour cela, elle doit être adoptée et diffusée sous sa forme originelle.

La deuxième manière propose d'analyser la construction sociale de la technique plutôt que d'analyser ses impacts sociaux. En ce sens, les analyses consisteront à ramener l'ensemble des choix techniques opérés lors de la conception du dispositif technique à des déterminations sociales (milieux d'origine des concepteurs, leurs formations, leurs convictions, religieuses, philosophiques ou politiques, etc.)¹⁴. Pour Akrich, une telle analyse centrée sur le système des rapports de force entre acteurs sociaux permet de comprendre l'émergence des dispositifs techniques, toutefois, elle est insuffisante pour rendre compte des relations que ces dispositifs entretiennent avec leur environnement.

La troisième manière élimine toute hiérarchie entre éléments techniques et éléments sociaux. Elle concerne les travaux portant sur les innovations scientifiques et techniques qui voient le jour à partir des années 1970. Parmi eux nous retrouvons ceux du Centre de Sociologie de l'Innovation de l'Ecole des Mines de Paris, avec notamment Madeleine Akrich, Bruno Latour et Michel Callon. Callon et Latour tentent surtout d'éclairer les interactions entre divers acteurs humains et non-humains pour expliquer la réussite ou l'échec de la diffusion des innovations¹⁵ : ils posent que l'adoption d'une innovation dépend de sa capacité à recruter, enrôler et aligner des acteurs aux intérêts divergents autour d'un objectif commun. Lorsque cette juxtaposition d'intérêts se transforme en un tout durable, l'objet technique devient une « boîte noire » et sa diffusion va de soi. Akrich s'attache à mettre en évidence les mécanismes d'ajustements réciproques entre un objet technique et son environnement pour rendre compte des modalités d'une diffusion efficace, c'est-à-dire réussie, des innovations¹⁶. Elle émet l'hypothèse que les objets techniques définissent dans leur configuration une certaine répartition du monde physique et social, attribuent des rôles à certains acteurs (humains et non-humains), en excluent d'autres, et participent des relations que les individus entretiennent entre eux et avec le monde. Par conséquent, elle considère que l'élaboration d'un objet technique peut être vue

¹⁴ Le courant du constructivisme social illustre cette conception de la technique. Dans le modèle dit SCOT (*Social Construction of Technologies*) ou « construction sociale de la technologie » proposé par Wieber Bijker et Trevor Pinch [1987], les objets techniques (*technological artefacts*) sont façonnés par le jeu d'interaction de divers groupes sociaux. Au cœur de ce modèle se trouve la notion de « flexibilité interprétative » (*artefactual flexibility*) des « groupes signifiants » (*relevant groups*) qui débattent du contenu technologique des objets : une technologie donnée connaît des interprétations et des perceptions différentes sur les significations qu'elle revêt pour les groupes sociaux qui contribuent à son élaboration.

¹⁵ Exemples : [Callon, 1979 ; 1986], [Latour, 1992].

¹⁶ Exemples : [Akrich et al., 1988], [Akrich, 1991].

comme l'élaboration d'un scénario, «le script» [Akrich 1987 ; 1990], constitué d'un programme d'actions, de la répartition de ce programme entre diverses entités (l'objet technique en question, ses usagers, d'autres objets techniques, etc.), et d'une représentation du monde dans lequel ce programme peut se mettre à l'œuvre. Pour sa diffusion, l'objet technique doit se fabriquer un environnement qui lui soit favorable et dans lequel il prend place et « se naturalise ». La description « naturalisée » de cet environnement ou le « script réaliste » [Akrich, 1991] se spécifie par la confrontation entre les inscriptions sociotechniques du script originel, et les conditions sociotechniques décrites par la mise en œuvre de l'objet dans la vie quotidienne. Cette idée selon laquelle un objet technique se stabilise (ou se banalise) par un processus d'adaptation mutuelle entre son contenu et son univers d'insertion trouve une origine dans la pensée de Gilbert Simondon [e2001]. Pour Simondon, l'objet technique crée un « milieu associé » selon les conditions définies par la rencontre entre cet objet – sa structure et ses propriétés intrinsèques – et le milieu externe de son fonctionnement. Ce milieu associé est ce qui permet à l'objet technique de se maintenir dans l'existence.

Ce rapide survol de la littérature montre l'importance des relations entre les dispositifs techniques et leur environnement d'insertion pour le processus de diffusion et amène à relier le problème de mise en œuvre et de diffusion de l'autosurveillance à celui du milieu sociotechnique dans lequel elle aura à se déployer : de quelle(s) manière(s) ce milieu permet-il (ou non) la diffusion et l'adoption de cette autosurveillance ?

Pour répondre à cette question, l'enquête de terrain vise à renseigner les conditions de diffusion de l'autosurveillance des réseaux notamment la manière dont sont mobilisés ces dispositifs dans les activités de contrôle et de suivi des systèmes d'assainissement. Elle s'appuie sur deux études de cas : Métropole de Lyon et Nantes Métropole. Ces études de cas ont été choisies dans le cadre de la contribution du laboratoire Environnement Ville Société (UMR 5600 EVS) dans le projet MENTOR (Méthodologie et outils opérationnels de conception et de quantification de sites de mesures en réseau d'assainissement)¹⁷.

¹⁷ Ce projet a été financé par l'ANR dans le cadre du programme ECOTCH 2011 et s'est déroulé entre 2012 et 2016.

MENTOR, un programme de recherche sur l'instrumentation intégrée des réseaux d'assainissement¹⁸

Le projet MENTOR a pour objectif de développer une méthodologie et des outils opérationnels pour l'aide à la mise en place des dispositifs de mesure nécessaires à l'autosurveillance des réseaux d'assainissement. Les outils mis au point doivent aider les gestionnaires des réseaux à qualifier des points de mesure et à optimiser l'exploitation des résultats. En effet les réseaux d'assainissement ont un fonctionnement hydraulique complexe. Les variations de niveau, le contrôle aval des écoulements et les mises en charge sont souvent peu connus. De plus, les ouvrages à surveiller, en particulier les déversoirs d'orage, ont des géométries très variées et peu favorables à la réalisation de mesures. Ces contraintes spécifiques aux réseaux sont susceptibles de poser des problèmes pour le choix de points de mesure pertinents, d'autant plus que ce choix doit tenir compte des prescriptions réglementaires relatives à l'autosurveillance des systèmes d'assainissement. D'un autre côté, l'instrumentation nécessite la mobilisation de moyens financiers et matériels conséquents, et de personnels qualifiés pour l'exploitation des dispositifs de mesure.

Compte tenu de ces enjeux techniques, réglementaires, organisationnels et économiques, le projet MENTOR implique des chercheurs en sciences pour l'ingénieur et en sciences sociales¹⁹, deux collectivités territoriales et un industriel. La contribution du laboratoire EVS dans le projet relève de la tâche 2 « Analyse des conditions d'adoption d'une instrumentation intégrée »²⁰. Elle consiste à observer et à analyser les conditions de réception et d'adoption de l'instrumentation et de la méthodologie envisagées. Cette contribution s'appuie sur des études de cas constituées par les partenaires gestionnaires de réseaux (la Métropole de Lyon et Nantes Métropole). Ces études de cas impliquent des entretiens auprès des acteurs mobilisés dans les activités de surveillance des systèmes

¹⁸ L'instrumentation intégrée signifie la prise en compte de la totalité du processus métrologique : qualification d'un site de mesure ; choix des capteurs et de leur position dans le réseau ; examen et validation des résultats de mesure.

¹⁹ Cf. Chapitre 5 sur la coopération entre scientifiques et gestionnaires du service de l'assainissement dans les agglomérations étudiées.

²⁰ Cf. [Baati et al., 2012] et [Toussaint et al., 2016].

d'assainissement, et des observations directes de ces activités au sein des collectivités territoriales²¹. Elles sont complétées par une analyse du cadre réglementaire et législatif.

Plan de la thèse

Cette thèse comprend six chapitres et une conclusion.

Le chapitre 1 présente des éléments contextuels essentiels pour comprendre le développement et l'évolution des pratiques de mesures en réseaux d'assainissement jusqu'à l'apparition des obligations d'autosurveillance. Il vise à souligner la finalité environnementale de cette démarche.

Le chapitre 2 précise la problématique esquissée à grands traits dans l'introduction.

Le chapitre 3 décrit le déroulement de l'enquête de terrain en rendant compte des méthodes utilisées et des conditions de sa réalisation, notamment les particularités du milieu enquêté : les réseaux d'assainissement.

Les trois chapitres suivants présentent les résultats de l'enquête :

Le chapitre 4 explicite le cadre réglementaire et législatif de l'autosurveillance des systèmes d'assainissement, tout particulièrement les systèmes de collecte.

Le chapitre 5 présente les dispositifs techniques et organisationnels développés par les agglomérations étudiées en vue de surveiller le fonctionnement de leur réseau d'assainissement.

Le chapitre 6 décrit la mise en œuvre de l'autosurveillance des réseaux dans les agglomérations étudiées. Il met l'accent sur les difficultés techniques, pratiques et organisationnelles soulevées par cette mise en œuvre.

²¹ Un accord de consortium signé dans le cadre du projet MENTOR régit les relations entre partenaires, notamment entre le laboratoire EVS-INSA de Lyon et les collectivités territoriales.

La conclusion revient sur ces difficultés, sur les finalités de l'autosurveillance des réseaux d'assainissement, et sur les rapports entre ce dispositif et le milieu sociotechnique qui l'accueille.

Chapitre 1

Éléments pour un historique de la métrologie des réseaux d'assainissement

Les réseaux d'assainissement constituent un élément structurant de l'urbanisation contemporaine. Depuis leur mise en œuvre à partir du milieu du XIX^e siècle, ces réseaux ont évolué. Ils se sont développés en couches successives répondant à des enjeux différents. A la fonction traditionnelle d'assainir la ville, des enjeux et des fonctions de plus en plus complexes se sont ajoutés sous l'effet combiné de l'urbanisation, de l'industrialisation et de la croissance démographique : protéger contre les inondations, limiter le ruissellement, limiter la pollution de l'eau, contrôler la pollution des milieux récepteurs, etc. Les dispositifs techniques se sont aussi diversifiés (réseaux unitaires, déversoirs d'orage, réseaux séparatifs, bassins d'orage, techniques de mesure, etc.) et cette diversification est d'autant plus importante que les normes techniques et réglementaires de l'assainissement urbain ont évolué. Ce chapitre a pour objectif de décrire l'évolution des techniques et des pratiques de l'assainissement urbain (1), ce qui permet d'aborder le contexte de développement des mesures en réseaux d'assainissement dans la section suivante, notamment les changements techniques et réglementaires qui ont contribué au passage de la mesure en réseaux d'une pratique métrologique "volontaire" ayant pour objectif de connaître le fonctionnement des réseaux, à une "norme" réglementaire qui vise une surveillance permanente du fonctionnement des systèmes d'assainissement (2).

1 Développement des systèmes d'assainissement

L'assainissement des villes a longtemps constitué un enjeu important pour le maintien de l'hygiène publique, la lutte contre l'aggravation du risque d'inondation, et la protection de l'environnement. Pour comprendre la situation actuelle de l'assainissement urbain, cette section propose un retour en arrière dans l'histoire de la mise en place des systèmes d'assainissement en vue de mieux appréhender leur évolution longue de près d'un siècle et demi et durant laquelle le poids des normes réglementaires et techniques était important dans les changements et les transformations des pratiques de l'assainissement. Il s'agit d'apporter des éléments sur le déploiement des systèmes de collecte unitaires et séparatifs (1.1 et 1.2), et sur la mise en œuvre des systèmes de traitement (1.3).

1.1 Généralisation du modèle parisien de tout-à-l'égout

En France, les premiers systèmes d'évacuation des eaux usées et des eaux pluviales en milieu urbain datent du début du XIX^e siècle. Les premiers égouts ont été construits à Paris en 1805 afin d'assainir ses espaces publics. Ces égouts recevaient les eaux de nettoyage des chaussées ainsi que les eaux pluviales, et n'avaient pas vocation à évacuer les eaux d'origine domestique. Les déchets humains étaient stockés dans des fosses d'aisance aménagées sous les maisons ou dans les cours des immeubles. Les fosses étaient périodiquement vidangées par des compagnies privées. Les matières extraites étaient transportées jusqu'aux voiries dépotoirs destinées à la décharge des matières fécales, puis transformées en poudre vendue sous forme d'engrais agricole [Barles, 1999].

Après l'épidémie de choléra de 1832, l'accès à l'eau propre devient nécessaire pour l'usage domestique. Les bornes fontaines destinées au départ au lavage des rues se multiplièrent pour faciliter l'accès gratuit des citoyens à une eau propre. Parallèlement, un service privé d'approvisionnement des immeubles fut créé [Chatzis, 2014]. L'accroissement de la consommation d'eau va entraîner une augmentation des quantités de déchets à évacuer, « mais aussi la part des liquides dans ceux-ci : les opérations de vidange sont toujours plus nombreuses et plus fréquentes, la fabrication d'engrais est compromise ». [Barles, 2005, p.65]. Face à ces défauts du service de vidange, le préfet de police réunit, dès 1835, une commission administrative formée de membres du conseil municipal de la ville de Paris et

du Conseil d'hygiène publique et de salubrité du département de la Seine institué depuis 1802. La commission proposa alors la séparation à la source des liquides et des solides en préconisant l'emploi d'un nouveau système pour la réception des matières excrémentielles : les tinettes filtrantes qui furent testées à partir de 1843. L'objectif de ce système de filtration fut double : maintenir la production de la poudrette menacée par la dilution des déchets d'une part ; et d'autre part, limiter les charges des propriétaires liées à la rémunération du service de vidange qui se payait au mètre cube des matières extraites [Barles, 2007]. Les matières solides restant dans la tinette étaient enlevées par les vidangeurs, les eaux en excès étaient rejetées sur la voie publique. La situation va changer à partir des années 1850 quand le réseau d'égouts entame une phase d'extension sous l'impulsion du projet haussmannien de rénovation urbaine de Paris²². L'expansion des eaux vannes aux égouts s'impose peu à peu, elle devient essentielle durant la décennie 1890.

En 1851, la préfecture de police autorisa l'écoulement direct à l'égout des matières liquides préalablement désinfectées. Puis, en 1852, un décret impérial rendit obligatoire la liaison des particuliers au réseau d'égouts par des branchements destinés à évacuer directement et souterrainement les eaux ménagères et les eaux pluviales. La pratique des vidanges pour les déchets solides fut cependant maintenue. Quelques années plus tard, le Préfet de la Seine décida de tolérer en 1859 l'écoulement permanent et continu des eaux vannes aux égouts publics pour les immeubles pourvus d'appareils diviseurs (les tinettes filtrantes permettant d'empêcher l'introduction dans les égouts de la partie solide des eaux vannes) et abonnés au service des eaux, contre l'acquittement des propriétaires d'une taxe sur les chutes d'eau. « La ville sort doublement "gagnante" : d'une part elle améliore les conditions d'hygiène de la capitale en introduisant l'eau dans les habitations parisiennes, d'autre part, elle peut employer l'argent de la taxe sur les chutes pour financer l'extension du réseau d'égouts » [Chatzis, 2014, p.32]. Cette tolérance fut traduite en droit le 2 juillet 1867.

En dépit de ces changements, la situation de salubrité et d'hygiène publique demeura préoccupante. Le système de vidange des fosses suscita des critiques de plus en plus importantes de la part de la population vivant au voisinage des dépotoirs accusés de propager un air pestilentiel. De plus, l'opération d'extraction et de transport des matières

²² Le réseau parisien d'une longueur de 37 km en 1824 et 130 km en 1850 atteint 560 km en 1871.

vidangées est jugée bruyante, encombrante pour l'espace urbain, et infecte²³. Les protestations culminèrent en été 1880 à cause des mauvaises odeurs qui s'abattirent sur la capitale, mais surtout les épidémies de typhoïde de 1882 et de choléra des années 1874, 1884 et 1892 conduisirent à une prise de conscience de l'opinion publique de la nécessité d'apporter des solutions au problème de l'eau et de l'assainissement²⁴. La question de l'hygiène et de propreté des logements devient un thème majeur, « la presse s'en empare et l'on ne compte plus les articles qui, dans les années 1880, traitent de cette question » [Jacquemet, 1979, p.546].

En octobre 1882, le Préfet de la Seine nomma une commission technique regroupant des hygiénistes et des ingénieurs des services techniques de la ville de Paris chargée d'étudier le procédé à employer permettant de substituer aux vidanges des fosses d'aisance un mode d'évacuation des déchets humains plus conforme aux lois d'hygiène. Les membres de la commission ont visité les égouts existants, notamment les parties signalées comme défectueuses, et ont entrepris des voyages d'études à Bruxelles, Amsterdam et Londres où le système du tout-à-l'égout destiné à recueillir dans le même réseau les eaux pluviales et les eaux usées, est déjà appliqué depuis plusieurs années²⁵. Les conclusions ont été déposées le 18 juillet 1883 : elles condamnent les fosses fixes, les fosses mobiles et les appareils diviseurs ; et admettent le principe de l'envoi direct par les égouts [Jacquemet, 1979, p.514]. Le 5 décembre 1884, la commission présenta au conseil municipal de la ville de Paris un projet de règlement relatif à l'assainissement de la ville et un projet de loi tout-à-l'égout. Le projet de règlement fut adopté le 11 avril 1884. En 1886, l'écoulement direct à l'égout de toutes les eaux et matières provenant des lieux d'aisance se présenta comme

²³ « Le gros avantage de ce système [fosse d'aisance et tinette filtrante avec expansion de la partie liquide des eaux vannes aux égouts] c'est qu'il permet l'usage libéral de l'eau dans les lieux d'aisance, puisqu'elle peut s'écouler directement à l'égout. Mais la tinette-filtre présente de gros inconvénients sur le plan de l'hygiène (...), on s'expose à des débordements et à des manutentions qui peuvent souiller le sol des caves. Il y a pire : parfois, la grille de la tinette se bouche et c'est l'inondation » [Jacquemet, 1979, p.507].

²⁴ « Le système d'assainissement laisse encore désirer. Les épidémies de choléra des années 1854, 1865 et 1866 ont tué pas moins de 20 000 personnes (...), en 1874, la moitié des immeubles d'habitation, situés dans sa majeure partie dans les quartiers pauvres de la ville, n'est toujours pas connectée au réseau d'eau (...). Toujours dans les années 1879, les eaux de source sont certes présentes dans le paysage hydraulique de Paris mais l'eau de rivière prime toujours (...). Le réseau [eau potable] n'atteindra la totalité – la quasi-totalité pour être précis – des habitations parisiennes que lorsque la municipalité gagnera de façon définitive l'un de ses plus grandes batailles sur le front de l'hygiène publique, celle de l'assainissement » [Chatzis, 2014, pp.32-33].

²⁵ Le premier réseau d'assainissement basé sur le concept de tout-à-l'égout a été construit à Hambourg en 1843 lors de la reconstruction de la ville à la suite d'un incendie.

option facultative pour les maisons situées en bordures des rues et pourvues d'égouts. Mais la diffusion du tout-à-l'égout rencontra des difficultés à cause des oppositions qu'il a connues, particulièrement de la part des propriétaires des immeubles qui redoutaient son coût²⁶. Aux hostilités des propriétaires, s'ajoutèrent les luttes des entreprises privées de vidange pour lesquelles la mise en œuvre du tout-à-l'égout conduira à la suppression des fosses d'aisance, et par conséquent au dépérissement du commerce d'engrais fabriqué à partir du contenu de ces fosses [Jacquemet, 1979, pp.527-535]. Il faudra attendre le vote d'une loi au parlement le 10 juillet 1894, deux ans après l'épidémie de choléra de 1892, pour que le tout-à-l'égout devienne obligatoire²⁷.

Au début du XX^e siècle, l'assainissement des villes devient une préoccupation majeure de l'hygiène publique avec la loi du 15 février 1902 relative à la protection de la santé : « en l'absence de moyens thérapeutiques efficaces, l'assainissement de l'espace urbain, de ses logements à ses espaces publics, paraît être la meilleure manière de prévenir les fléaux sociaux comme la tuberculose, ainsi que le retour des épidémies (choléra) ou de maladies quasi endémiques (fièvre typhoïde) » [Frioux, 2007, p.125]. Bien qu'elle ne contraigne pas les villes à s'assainir (à l'exception de son article 9 qui prescrit une enquête et d'éventuels travaux d'assainissement quand le taux de mortalité d'une ville dépasse la moyenne nationale pendant trois années consécutives), cette loi a contribué à stimuler l'équipement en réseaux unitaires des grandes villes (Montpellier, Brest, Besançon, le Havre, Grenoble [Gourbet, 1984b]) capables de supporter les coûts élevés liés à la construction des égouts²⁸. Cependant, l'application du tout-à-l'égout demeura longtemps problématique dans les

²⁶ « Nombre d'entre eux craignent que l'application du nouveau système ne conduise à une diminution drastique des revenus locatifs et refuseront pendant longtemps de connecter les immeubles au réseau d'égouts. Il est vrai que le tout-à-l'égout exige pour son bon fonctionnement de grandes quantités d'eau consommées par les locataires mais facturées par la ville aux propriétaires, les seuls, rappelons-le, à avoir le droit de contracter un abonnement au service des eaux » [Chatzis, 2014, p.33].

²⁷ En 1900, le taux de raccordement au réseau d'égouts compte à peine 32 %. En 1920, il s'élève à 73 %. Le programme parisien tout-à-l'égout est considéré comme quasiment achevé quand ce taux atteint 90 % en 1931 : « les volumes de vidanges deviennent tellement insignifiants que les annuaires statistiques de la ville de Paris n'en font plus mention » [Barles, 2007, p.263].

²⁸ Selon une enquête menée par l'ingénieur Bechmann en 1892 sur l'équipement hydraulique et les pratiques sanitaires caractéristiques du XIX^e siècle en France, 90 villes seulement sur un total de 691 disposent d'égouts auxquels ne sont raccordés que 156 054 abonnés. « D'autre part, seules 17 villes (groupant 225 913 habitants) sur 313 villes (au total 7 158 313 habitants) pratiquent l'écoulement à l'égout, tandis que la plupart (294 villes réunissant 6 918 229 habitants) utilisent les fosses fixes et une infime minorité les fosses mobiles (2 villes : 14 174 habitants) » [Gourbet, 1984b, p.128].

autres villes du pays dont les ressources financières sont bien plus maigres que celles de la capitale²⁹.

Le tout-à-l'égout se généralise progressivement après la guerre 1914-18, surtout quand l'intervention de l'Etat dans l'équipement en infrastructure d'assainissement a commencé à se développer. La première loi de planification urbaine promulguée le 14 mars 1919 et complétée en 1924, dite "loi Cornudet", oblige les villes de plus de 10 000 habitants à se doter d'un Plan d'aménagement, d'embellissement et d'extension. « Ce document demandé à la ville n'est pas simplement un plan où s'affichent le tracé des voies, celui des places et des jardins publics, mais aussi un programme qui non seulement fixe des servitudes hygiéniques et esthétiques, mais encore formule des prévisions concernant la distribution d'eau potable, le réseau d'eau potable, l'évacuation et la destination finale des eaux usées » [Pinson, 1992, p.112]. Durant l'entre-deux-guerres, les études d'assainissement étaient financées par l'Etat qui a par ailleurs pris en charge une partie des dépenses d'investissement dans les réseaux d'assainissement.

La construction des réseaux d'assainissement va recevoir une nouvelle impulsion dans le cadre de la forte urbanisation de l'après guerre 1939-45. Les destructions importantes qu'elle a entraînées et la nécessité de construire de nouveaux quartiers ont conduit l'Etat à prendre en charge toutes les dépenses liées à l'établissement des programmes d'aménagement dont les projets d'assainissement³⁰. En même temps, apparaît la codification des aspects techniques de la conception des réseaux d'assainissement avec la publication de la circulaire interministérielle CG 1333 du 22 février 1949 relative à l'assainissement des agglomérations.

²⁹ Jusqu'à 1912 « (...) le tout-à-l'égout généralisé reste une spécialité parisienne (...), la plupart des villes, petites et moyennes, ont entre quelques dizaines et quelques centaines de mètres d'égouts qui reçoivent généralement les eaux de pluie et les eaux ménagères (64,8 et 57,5 %), plus rarement le produit des fosses d'aisance (30,3 %) et les eaux industrielles (34,7 %) que ces égouts déversent le plus souvent dans la rivière voisine » [Gourbet, 1984a, p.51].

³⁰ La nouvelle loi sur l'urbanisme de 1943 qui s'est substituée à celles de 1919 et 1924 a rendu systématique la prise en charge par l'Etat des dépenses liées à l'établissement des programmes d'aménagement et des projets d'assainissement qui les ont accompagnés.

1.2 Début de normalisation des pratiques d'assainissement

Le 11 novembre 1940 est créé le Commissariat Technique à la Reconstruction Immobilière (CTRI) rattaché au départ au Secrétariat Général des Travaux et des Transports. En février 1941, la Direction Générale à l'Équipement National (DGEN), dépendant du ministère de l'Économie nationale, fut créée pour établir un plan général d'équipement du pays et assurer la coordination des questions qui intéressent l'urbanisme et la construction immobilière. Le 21 juillet 1941, le CTRI prend le titre de Commissariat à la Reconstruction Immobilière (CRI). Il est alors placé sous l'autorité de la DGEN et avait pour principales missions la réalisation et le suivi des plans de reconstruction et des projets d'assainissement [Voldman, 1984]. Pour ce faire, le CRI élabore diverses circulaires techniques afférentes à l'assainissement des agglomérations, et qui avaient pour but de préciser les conditions dans lesquelles doivent être menées les études d'assainissement dont les méthodes de calcul. En novembre 1944, la DGEN et le CRI ont fusionné pour former le Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme (appelé le MRU). Celui-ci accélère le mouvement de prise en charge par l'État d'une partie des dépenses de planification et d'équipement, mais aussi le mouvement de normalisation et de contrôle des opérations correspondantes [Dupuy et Knaebel, 1982]. A cette époque, il s'agissait de reconstruire au plus vite et dans les meilleures conditions possibles. Il fallait donc des principes de construction des réseaux d'assainissement qui puissent s'appliquer sur l'ensemble du territoire facilement et sans conduire à des erreurs grossières. C'est ainsi que fut formée une commission sur la question de l'assainissement dont les travaux ont abouti à la circulaire interministérielle CG 1333 du 22 février 1949 relative à l'assainissement des agglomérations. Cette circulaire constitue la première codification nationale des pratiques de l'assainissement, elle vise la mise au point des directives contenues dans les circulaires techniques émanant du CRI. Elle remplace désormais ces textes.

Souvent appelée "Bible de l'assainissement", la circulaire CG 1333 de 1949 fournit des normes techniques concernant le dimensionnement des canalisations (1.2.1) ; et va conduire à l'idée d'une collecte séparative des eaux usées et des eaux pluviales avec traitement des eaux usées dans des stations d'épuration, et rejet direct dans les milieux récepteurs des eaux pluviales (1.2.2).

1.2.1 Codification de la conception des réseaux d'assainissement

A la fin du XIX^e siècle, le développement des réseaux d'assainissement urbain a posé la question de leur adaptation face aux pluies fortes. En France, la prise en compte des apports pluviaux dans le dimensionnement des premiers réseaux unitaires, notamment les égouts parisiens, s'est appuyée sur des éléments de calcul peu précis quand aux mécanismes hydrologiques qu'ils sont censés représenter. Les méthodes utilisées avaient une large base empirique. Cela s'explique, selon Gabriel Dupuy [1980], par le fait que le choix technique de tout-à-l'égout ne s'inscrivait pas dans la continuité d'un corpus technique, mais présentait un caractère innovateur.

Vers 1830, l'ingénieur Dupuit, directeur des services techniques de la ville de Paris, proposa de retenir une précipitation de 41 millimètres en une heure pour calculer les apports pluviaux aux égouts de Paris. En 1859, l'ingénieur Belgrand chargé par le Baron Haussmann de l'étude et la réalisation des égouts parisiens, transforma la pluie retenue par Dupuit en un débit de 42 litres par secondes et par hectare (débit spécifique des bassins versants de Paris). Cependant, la prise en compte des facteurs influant sur les débits réels à recueillir dans les canalisations est restée floue : « (...) Belgrand dit avoir fait des vérifications de cette quantité [42 l/s/ha] sur un orage, celui du 21 mai 1857. Evidemment les vérifications expérimentales sont faibles ; il avait 4 ou 5 pluviographes de l'époque, il a fait certaines observations au niveau des égouts, la base de 1 heure étant prise en compte au travers du temps de parcours dans les plus grands collecteurs de Paris intramuros » [Desbordes, 1990, p.491]. La règle peu explicite de 42 l/s/ha se transforma en « quasi-norme » utilisée non seulement pour calculer les réseaux de Paris, mais également pour réaliser d'autres réseaux unitaires en province.

En 1930, l'ingénieur Koch considéra que le calcul des réseaux d'assainissement fondé sur le seul critère du débit de 42l/s/ha n'est pas satisfaisant. Il tenta donc d'estimer avec plus de précision les débits réels engendrés par le ruissellement pluvial en tenant compte de certaines caractéristiques physiques des bassins versants. Finalement, Koch proposa le recours à la formule mise en œuvre dès la fin du XIX^e siècle dans les pays anglo-saxons, la formule rationnelle basée sur le concept de temps de concentration qui désigne la durée

totale de l'écoulement dans un bassin versant³¹. La formule rationnelle consiste à évaluer le débit de pointe du ruissellement dans une agglomération à partir des paramètres suivants : le coefficient de ruissellement ; la surface totale raccordée au réseau ; et une grandeur caractéristique des précipitations qui est l'intensité de pluie moyenne maximale pour une durée au moins égale au temps de concentration et pour une durée de retour donnée³². L'inconvénient majeur de l'utilisation de la méthode rationnelle réside dans l'estimation souvent difficile du temps de concentration.

Au début des années 1940, l'ingénieur Caquot mit au point une méthode de calcul du débit maximum à l'exutoire d'un bassin versant permettant de s'affranchir de l'estimation du temps de concentration. En utilisant les données pluviométriques de Paris-Montsouris, Caquot aboutit à une formulation simple de la méthode rationnelle qui met en relation des grandeurs supposées mesurables, caractérisant le bassin versant³³. En octobre 1941, Caquot présenta dans un compte rendu à l'Académie des Sciences de Paris un exemple de calcul du débit de pointe pour une période de retour égale à 10 ans³⁴.

Quelques années plus tard, les travaux de l'ingénieur Grisollet vont permettre de réajuster les coefficients de la formule de Caquot. Grisollet analysa les précipitations enregistrées entre 1927 et 1946 à Paris-Montsouris pour établir les courbes Intensité-Durée-Fréquence (courbes IDF) correspondantes. Ces courbes représentées pour la première fois vers 1904 par un Professeur de l'Université de l'Illinois, donnent la fréquence d'apparition (temps de retour) au cours d'un événement pluvieux, d'une intensité maximale moyenne pendant une

³¹ Le temps de concentration d'un bassin versant (t_c) est : $t_c = t_s + t_r$; avec : t_s : temps de parcours de l'eau en surface ; t_r : temps de parcours de l'eau en réseau.

³² La formule rationnelle est donnée par la relation suivante : $Q_p(T) = C \times i(t_c, T) \times A$; avec : $Q_p(T)$: débit de pointe de période de retour T (m^3/s) ; C : coefficient de ruissellement ; $i(t_c, T)$: intensité moyenne maximale des précipitations de période de retour T (mm/h) et correspondant à une durée de pluie au moins égale à t_c ; t_c : temps de concentration du bassin versant. L'intensité moyenne maximale est donnée par la formule de Montana : $i(t_c, T) = a \cdot t_c^{-b}$; avec a et b coefficients de Montana variables selon la zone géographique et valables pour une période de retour T et une durée de pluie donnée t_c .

³³ La formulation mathématique de la méthode de Caquot utilisée pour l'évaluation du débit maximum correspondant à une période de retour donnée à l'exutoire d'un bassin versant est la suivante : $Q_p(T) = K \times I^{\alpha_1} \times C^{\alpha_2} \times A^{\alpha_3} \times m$; avec : $Q_p(T)$: débit de pointe de fréquence de retour T (m^3/s) ; K, α_1 , α_2 et α_3 : coefficients de la formule de Caquot dépendant des deux coefficients de Montana a et b, de la forme du bassin versant, de la pluviométrie locale et de la période de retour T ; I : pente moyenne du bassin versant (m/m) ; C : coefficient de ruissellement ; A : surface du bassin versant (ha).

³⁴ $Q_p(10) = 496 \times I^{0.13} \times C^{17} \times A^{0.75}$; avec : Q_p : débit de pointe de période de retour de 10 ans (l/s) ; I : pente du bassin versant (m/m) ; C : coefficient de ruissellement ; A : surface du bassin versant (ha).

certaine durée³⁵. En 1947, dans un compte rendu à l'Académie des Sciences de Paris, Grisolle précise que la courbe relative à la pluie décennale est la plus significative, ce qui a conduit à la formule proposée par l'instruction technique CG 1333 de 1949³⁶. Désormais, les canalisations sont calculées « de telle sorte que leur capacité d'évacuation corresponde au débit des orages de fréquence décennale » [CG 1333, 1949, p.3].

Pendant toute la période de reconstruction de l'après 1949, les réseaux d'assainissement ont été dimensionnés selon le principe de calcul de Caquot considéré comme une norme à laquelle devaient être soumises toutes les villes françaises. Pourtant, la circulaire CG 1333 de 1949 précise que la formule de Caquot est fondée sur des statistiques émanant du service météorologique de la ville de Paris, et que les calculs de débits de pointe doivent être ajustés – « par exemple en les affectant d'un coefficient approprié » [CG 1333, 1949, p.8] – au cas où la pluviométrie de la région considérée est différente. L'absence de données pluviométriques locales suffisantes va cependant limiter les velléités d'ajustement, et la formule sera la plupart du temps utilisée sous sa forme originelle avec application systématique de la période de retour décennale.

1.2.2 Mise en œuvre des réseaux séparatifs

En plus des changements produits dans le calcul des apports pluviaux, l'instruction technique CG 1333 de 1949 introduit le principe de séparation, sur le bassin versant, des eaux usées et des eaux pluviales qui devront désormais être transportées dans des canalisations différentes. Le choix de ce nouveau système d'évacuation des rejets est doublement avantageux. Il permet de diminuer les coûts des systèmes d'assainissement par la construction de canalisations de diamètres inférieurs à ceux des canalisations unitaires existantes auparavant. En même temps, il contribue à la résolution des problèmes posés par l'urbanisation accélérée de l'après seconde guerre mondiale : l'engorgement des réseaux

³⁵ D'une manière générale, pour caractériser une averse, on lui associe une probabilité d'apparition (P) ou un temps de retour (T) (terme communément utilisé en hydrologie). Cela consiste à dire que tel événement pluvieux se produit en moyenne sur telle période toutes les x années, d'où la notion de fréquence d'apparition.

³⁶ La formule simplifiée de Caquot prend l'aspect suivant : $Q_p(10) = 1340 \times I^{0.30} \times C^{1.17} \times A^{0.75}$; avec : Q_p : débit de pointe de période de retour de 10 ans (l/s) ; I : pente du bassin versant (m/m) ; C : coefficient de ruissellement ; A : surface du bassin versant (ha).

d'assainissement existants et la détérioration de la qualité des milieux récepteurs [Azzout et *al.*, 1994].

Le développement urbain et l'accroissement de la densité des constructions à l'intérieur des centres villes traditionnels ont eu pour effet l'augmentation des débits de ruissellement qui étaient à l'origine d'inondations dans les parties anciennes des villes. Celles-ci subissaient également les conséquences de l'implantation de nouveaux quartiers périphériques assainis par des réseaux secondaires de collecte reliés aux réseaux d'assainissement existants (les réseaux primaires). Ainsi les eaux pluviales collectées sont ramenées vers les centres des villes situées dans les bas points, généralement près des exutoires naturels (rivières, fleuves).

Le développement urbain a eu un deuxième effet celui de l'augmentation significative des flux de pollution transférée aux milieux récepteurs dus aux rejets d'eaux usées de plus en plus importants. Les systèmes d'assainissement urbains mis en place depuis la seconde moitié du XIX^e siècle n'envisageaient aucun traitement pour la dépollution des eaux collectées par les réseaux d'égouts dont les principaux exutoires étaient les cours d'eaux et les rivières.

Dès le début du XX^e siècle, émerge la nécessité de préserver la qualité de ces milieux – jusqu'alors principales sources d'alimentation en eau potable – par le traitement des eaux usées dans des stations de traitement avant de les rejeter : « (...) le rejet des effluents dans les milieux naturels exige en tout état de cause que soit envisagée la possibilité d'un traitement préalable » [CG 1333, 1949, p.35]. Dès lors, le concept du réseau séparatif apparaît plus compatible avec les systèmes de traitement étant donné que seules les eaux usées sont raccordées à la station ; les eaux pluviales, dont les volumes peuvent atteindre des valeurs très importantes de façon aléatoire, étant déversées directement vers le milieu récepteur. Plusieurs villes françaises ont ainsi projeté de mettre en place des systèmes d'épuration de leurs eaux usées sur la base de techniques déjà expérimentées en Angleterre³⁷ mais restées pour la plupart au stade expérimental. « Les villes qui se sont dotées d'un système d'épuration des rejets efficaces sont celles où la ressource en eau

³⁷ Les Anglais, compte tenu de la petitesse de leurs fleuves par rapport à la densité de la population, étaient les premiers en Europe à construire les stations d'épuration dès l'entre-deux-guerres en employant la technique des lits bactériens [Barraqué, 2004].

locale a été dégradée en partie par leurs propres rejets, ce qui les a contraintes à agir pour limiter l'impact de leurs rejets et protéger leur ressource (...) » [Lestel et Carré, 2017, p.256]. A Paris, la première station de traitement, la station d'Achères, a été mise en service en 1940 pour traiter les eaux usées à l'amont de la ville, car c'est là où se trouvaient les prises d'eau³⁸. En 1946, la revue *L'eau* a dressé un bilan faisant état de 274 communes munies de réseaux de collecte au fonctionnement plus ou moins satisfaisant, dont seulement 81 étaient pourvues de station d'épuration [Finck et al., 2016]. C'est essentiellement sous l'impulsion de la loi sur l'eau de 1964³⁹ que les systèmes de traitement vont se développer sur le territoire français (cf. section 1.3).

Pour compléter le tableau des changements introduits dans les pratiques d'assainissement par la circulaire CG 1333 de 1949, il faut mentionner la préconisation de la construction des bassins d'orage au niveau des stations d'épuration drainant des réseaux unitaires. Bien que les connaissances scientifiques sur la pollution entraînée par les rejets urbains de temps de pluie étaient quasiment inexistantes à cette époque (aspects sur lesquels nous allons revenir plus loin) les bassins d'orage, étaient présentés comme solution pour limiter les fréquences de déversement au niveau des déversoirs d'orage lors des épisodes orageux et non pas comme moyen permettant de maintenir les performances épuratoires de la station de traitement (Encadré 1).

³⁸ Afin de préserver l'accès de la population parisienne à une eau potable "propre", les premiers champs d'épandage furent créés dès les années 1860 à Gennevilliers et à Achères pour recevoir les eaux des égouts et limiter ainsi l'envoi de ces rejets vers la Seine « qui est arrivé en aval de Paris, à un état d'impureté qui ne saurait être toléré plus longtemps ; ce fleuve promène, sur une longueur de 130 km, de sérieuses menaces de maladies et de mort pour tous ses riverains » [Barles, 2005, p.70]. Le développement urbain de la région parisienne après la première guerre mondiale, va entraîner l'insuffisance des terrains voués à l'épandage, la résolution du problème posé par les eaux usées s'impose. En 1927, le département de la Seine a lancé l'étude d'un schéma général d'assainissement prévoyant la construction à Achères d'une station d'épuration, les effluents de l'ensemble de l'agglomération parisienne y étaient acheminés par cinq grands émissaires. La première tranche de la station d'Achères entre en service en 1940.

³⁹ Loi n° 64-1245 relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre la pollution.

Encadré 1 : Préconisation des bassins d'orage par l'instruction technique CG 1333 de 1949

« Les stations de traitement ne peuvent ordinairement recevoir comme débit de pointe, lorsqu'elles ne comportent pas de bassins d'orage, que le double ou le triple, exceptionnellement tout au plus, et pour de courtes périodes, le quadruple du débit moyen de temps sec. Au delà de cette marge, l'importance des installations nécessaires deviendrait prohibitive et la conduite du traitement aléatoire. A l'aval de l'agglomération, il conviendra de régler les dimensions de l'émissaire au delà du dernier déversoir d'orage, de manière que sa capacité d'évacuation n'excède pas le quadruple de débit moyen de temps sec (...). Il sera généralement inutile de transiter jusqu'en aval de l'agglomération des débits d'orage destinés à être finalement déversés à la rivière sans traitement préalable. On sera donc amené à limiter les dimensions du collecteur général, à l'intérieur même de l'agglomération, en multipliant les déversoirs d'orage sur son parcours et en ne retenant, à la hauteur de chacun d'eau, qu'une fraction analogue du débit total d'amont. Il ne faut pas se dissimuler que, dans le cas des agglomérations peu denses notamment, ces conditions pourront conduire à admettre des déversements de fréquences supérieures à la fréquence mensuelle, que l'on considère souvent comme une limite désirable de point de vue de l'hygiène. Le vrai problème à cet égard est celui de la dilution qui devait faire intervenir « la charge » de l'effluent et le pouvoir auto-épurateur de la rivière (...). Si le risque de pollution subsistait à la hauteur de la station de traitement elle-même, on devrait y limiter la fréquence des déversements en recourant, suivant une pratique assez usitée à l'étranger, à la création de bassins d'orage en dérivation sur les installations de traitement des eaux usées ».

Source : [CG 1333, 1949, p.21]

1.3 Introduction des systèmes de traitement des effluents

A partir de 1945, l'expansion des villes et le développement économique et industriel ont généré un accroissement de la pollution des cours d'eau. La nature des rejets a changé – eaux usées et eaux industrielles en provenance des industries qui se sont développées le long des fleuves pour trouver de l'eau moins polluée – et les volumes déversés ont considérablement augmenté : « Ce n'est pas seulement le poisson qui est tué ou incommodé par les déversements d'eau polluée, mais l'état biologique du milieu récepteur se trouve souvent profondément altéré ; les riverains ne sont pas sans en souffrir : mauvaises odeurs, baignades impossibles ; enfin le tourisme est lui-même parfois compromis » [Vivier, 1959, p.493]. A partir de 1959, une prise de conscience de la nécessité de mettre en œuvre les mesures, notamment réglementaires, susceptibles de lutter efficacement contre la pollution des cours d'eau, va émerger. Cela aboutira en 1964 au vote de la première loi française sur l'eau.

En 1959, un constat a été fait que l'Etat et les collectivités locales disposaient d'une législation sur l'eau archaïque et lacunaire ce qui la rendait insuffisante pour affronter les

enjeux posés par l'urbanisation et l'industrialisation de l'après seconde guerre mondiale [Loriferne, 1987 ; Cesari, 1993 ; Bouleau et Richard, 2009 ; Drobenko, 2015].

Avant la loi de 1964, le droit en matière de qualité de l'eau a longtemps consisté à faire usage de la loi sur la pêche de 1829⁴⁰ qui visa uniquement les délits de braconnage par l'interdiction du rejet en rivière de drogues ou d'appâts à même de tuer ou enivrer le poisson. En 1898, la loi sur la répartition des eaux par nature d'usage⁴¹ institua la police de l'eau par le biais des premiers régimes d'autorisation auxquels furent soumis les ouvrages hydrauliques susceptibles de modifier le régime ou le mode d'écoulement des cours d'eau. Cependant, elle ne fut appliquée que sur les cours d'eau relevant du domaine public⁴². Parallèlement à ces dispositions issues du code rural, les mesures de police et de contrôle, vont s'étendre au début du XX^e siècle aux sites industriels par la loi de 1917 sur les établissements industriels présentant des dangers pour la sécurité, la salubrité ou la santé publique du voisinage⁴³. La loi divise ces établissements en trois classes selon les dangers inhérents à leur exploitation. La première classe comprend les établissements qui doivent être éloignés des habitations. La deuxième classe comprend les établissements dont l'éloignement des habitations n'est pas rigoureusement nécessaire, mais dont l'exploitation ne peut être autorisée qu'à la condition que des mesures soient prises afin de prévenir les éventuels dangers ou inconvénients. Tous les établissements rangés dans la première et la deuxième classe sont soumis à autorisation. Enfin, dans la troisième classe sont placés les établissements qui ne présentent pas d'inconvénients graves ni pour la salubrité ni pour la santé publique, mais qui sont tout de même soumis au régime de déclaration.

La loi de 1917 n'a pas eu d'effets significatifs sur la diminution de la pollution des cours d'eau car bien qu'elle fixe, en ce qui concerne le danger "altération des eaux", des prescriptions générales visant les établissements de troisième classe, et des prescriptions spéciales élaborées pour les établissements de première et de deuxième classe, aucune

⁴⁰ Loi du 15 avril 1829 relative à la pêche fluviale.

⁴¹ Loi n° 1898-04-08 du 8 avril 1898 sur le régime des eaux.

⁴² La loi sur le régime des eaux de 1898 fait la distinction entre les cours d'eau domaniaux gérés par des concessions à des fins exclusives de navigation, d'irrigation ou de turbinage ; et les cours d'eau non domaniaux qui relèvent d'une gestion collective des riverains. Dès lors, les rejets des villes et des industriels vont s'intensifier dans les eaux courantes non domaniales.

⁴³ La loi n° 1917-12-19 du 19 décembre 1917 relative aux établissements dangereux, insalubres et incommodes (nommés actuellement Installations Classées pour l'Environnement, les ICPE).

mesure claire permettant d'exiger de l'exploitant une épuration des effluents avant rejet n'est identifiée. La loi prévoit simplement que le rejet des eaux résiduaires devait éviter d'entraîner des problèmes de stagnation ou de pollution des cours d'eau. Le caractère imprécis de cette mesure va conduire à la circulaire du 6 juin 1953⁴⁴ fixant des normes auxquelles les effluents rejetés doivent répondre suivant leur voie d'évacuation : rejet dans un réseau public d'assainissement (unitaire ou séparatif) pourvu à son extrémité d'une station d'épuration ; rejet d'effluents dans un milieu récepteur (cours d'eau, lac, étang, mer) soit directement, soit par l'intermédiaire d'un réseau d'assainissement non relié à une station de traitement : « si utiles que soient ces normes, elles ne peuvent avoir en fait qu'une valeur relative, la pollution dépendant avant tout du débit relatif de l'effluent et de la rivière. Telle usine polluera un petit cours d'eau et ne polluera pas une grande rivière. Il serait donc préférable de fixer des normes pour la rivière elle-même ou plus exactement une charge de pollution admissible, mais on se heurte alors pour cette détermination à de sérieuses difficultés pratiques » [Vivier, 1959, p.499]. L'une de ces difficultés, était l'absence de données permettant de mesurer l'ampleur de ce problème de pollution. Les données étaient éparpillées et l'information centralisée n'était pas disponible ce qui explique l'absence d'une vision partagée notamment au niveau central du risque de pollution [Bouleau, 2009].

Ce n'est que vers la fin des années 1950, face à l'apparition dans différentes régions du pays de difficultés liées à l'insuffisance de la disponibilité en eau de qualité satisfaisante, que la lutte contre la pollution des milieux récepteurs devient une nécessité : « le 10 février 1959, Michel Debré, Premier ministre, adresse une lettre à Pierre Massé, commissaire général du Plan, dans laquelle il lui demande de bien vouloir se charger de l'étude du problème de l'eau en liaison avec les diverses administrations intéressées et de proposer au Gouvernement, aussi rapidement que possible, toutes mesures propres à porter remède à une situation qui s'aggrave d'année en année » [Cesari, 1993, p.11].

Le 24 juillet 1959 une commission de l'eau est alors créée au sein du commissariat général du Plan⁴⁵. Pendant cinq ans, cette commission va se réunir pour élaborer un projet de loi sur

⁴⁴ Circulaire du 06 juin 1953 relative au rejet des eaux résiduaires par les établissements classés comme dangereux, insalubres ou incommodes en application de la loi du 19 décembre 1917.

⁴⁵ La commission sur l'eau regroupait des ingénieurs des grands corps technique de l'Etat (Mines, Ponts et Chaussées et Génie Rural), des représentants du Ministère de l'Intérieur, des hygiénistes, des représentants de

l'eau qui sera publiée le 16 décembre 1964. La nouvelle loi a pour objet la lutte contre la pollution des eaux. Elle s'applique à tous les ouvrages de déversement dont les rejets sont susceptibles de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux par la modification de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques ou bactériologiques, qu'il s'agisse d'eaux superficielles (cours d'eau, canaux et étangs) pour lesquelles un inventaire faisant état de leur degré de pollution est prévu, d'eaux souterraines, ou des eaux de la mer. Des décrets d'amélioration de la qualité des eaux superficielles fixeront d'une part les autorisations de rejet, les conditions de rejet, et la mise en conformité des installations existantes ; et d'autre part les critères de qualités (critères physiques, chimiques, biologiques et bactériologiques) auxquels les eaux superficielles inventoriées devront répondre, ainsi que les délais dans lesquels la qualité de chaque milieu récepteur devra être améliorée⁴⁶.

A côté de cela, la loi sur l'eau de 1964 a institué une entité naturelle pour la gestion de l'eau : le bassin versant hydrographique. Dès lors, six grands bassins ont été créés⁴⁷, chacun étant doté de son propre organisme financier, l'agence de bassin (actuelle agence de l'eau). En vertu du principe "pollueur/préleveur-payeur", les agences de bassin perçoivent des redevances auprès des usagers en fonction de la pollution qu'ils génèrent ou les prélèvements qu'ils effectuent, pour ensuite les redistribuer sous forme d'aides à la lutte contre la pollution des eaux (études ou travaux pour leur compte ou pour d'autres maîtres d'ouvrages, subventions aux collectivités locales, en partenariat avec les services déconcentrés de l'Etat, pour les aider à se mettre en conformité avec la réglementation, etc.).

la Délégation à la Recherche Scientifique et Technique (DGRST), des industriels, des élus, des agriculteurs et des pêcheurs. Ses missions étaient organisées autour de quatre sous-commission : la sous-commission « Ressource » chargée de réaliser un inventaire des ressources en eau en France ; la sous-commission « Besoins » s'occupait de l'évaluation des besoins en eau de tous les secteurs d'activité ; la sous-commission « Pollution » s'est consacrée à la mesure du phénomène et aux moyens de lutte à engager ; la sous-commission « Administrative et Juridique » avait pour but de concrétiser au plan administratif et législatif les constats et les projets de la commission de l'eau [Bouleau et Richard, 2009].

⁴⁶ Les conditions dans lesquelles doivent être menées les études locales préalables à la promulgation des décrets d'amélioration de la qualité des eaux superficielles prévus par la loi du 16 décembre 1964 ont été précisées dans la circulaire du 29 juillet 1971 relative à la préparation des décrets d'objectifs de qualité des cours d'eau, sections de cours d'eau, lacs ou étangs. La circulaire prévoit la synthèse de ces études sous la forme de cartes d'objectifs de qualité dressées par département et par région quand l'inventaire national de la pollution qui a démarré au cours de l'année 1971 aura été terminé et que ses résultats auront été interprétés.

⁴⁷ Adour-Garonne, Artois-Picardie, Loire-Bretagne, Rhin-Meuse, Rhône-Méditerranée-Corse et Seine-Normandie.

Le budget des agences de bassin est prioritairement consacré aux travaux d'assainissement des villes, ce qui a permis d'encourager les travaux d'équipement des collectivités en infrastructure de traitement des rejets. Dans les années 1970, plus de 6 000 stations d'épuration ont été mises en service, mais les niveaux de dépollution des rejets sont restés faibles (cf. page 63).

2 Développement des systèmes de mesure en assainissement

Les années 1970 ont inauguré une nouvelle trajectoire évolutive de la doctrine de l'assainissement urbain. Au cours de cette décennie, l'accent a été mis sur la dégradation des réseaux d'assainissement (2.1) ; non seulement leur capacité d'absorption est compromise par le ruissellement pluvial aggravé sous l'effet de l'expansion urbaine et l'augmentation de l'imperméabilisation des sols, mais de nombreuses autres anomalies sont constatées (déversoirs d'orage mal dimensionnés, drainage d'effluents impropres au fonctionnement des réseaux, etc.) et qui vont entraîner des déversements excessifs d'effluents bruts dans les milieux récepteurs dont l'état s'est dégradé malgré les efforts de dépollution des effluents avant rejet.

Dans le même temps, les insuffisances constatées ont souligné le besoin de disposer d'informations nécessaires permettant de mieux cerner l'ampleur et les causes de ce phénomène de dégradation. C'est ce qui a favorisé la mise en place de points de mesure dans les réseaux en vue de recueillir les données requises pour appréhender le fonctionnement de ces ouvrages esquissant ainsi les prémisses d'une pratique métrologique permanente dans les réseaux d'assainissement (2.2).

2.1 La dégradation des réseaux d'assainissement⁴⁸

En assainissement, l'état dégradé d'un ouvrage ne s'identifie pas aux manifestations de son dysfonctionnement, mais se réfère précisément à l'existence d'écarts entre les finalités qui lui sont associées et sa performance fonctionnelle réelle. Autrement dit, la reconnaissance

⁴⁸ Dans cette sous-section, nous nous appuyons essentiellement sur les travaux de Catherine Triantafillou [1987] sur la dégradation et la réhabilitation des réseaux d'assainissement.

d'une situation de dégradation signifie que la performance réelle du système en question – système de collecte ou de traitement – est désormais incompatible avec les objectifs pour lesquels il a été conçu, ce qui remet en cause l'existence même du système d'assainissement. Il convient, cependant, de faire la distinction entre l'action de l'usure et celle de la dégradation : un ouvrage peut être usé ou en mauvais état sous l'effet du vieillissement naturel de son matériel, sans pour autant être reconnu comme dégradé tant qu'aucune rupture n'est constatée entre sa structure fonctionnelle – même affaiblie – et ses objectifs. Cela signifie que pour reconnaître le caractère dégradé d'un réseau d'assainissement, deux conditions doivent être remplies :

- affaiblissement de sa performance fonctionnelle ;
- évolution de ses finalités.

Affaiblissement de la performance fonctionnelle – La performance fonctionnelle d'un réseau d'assainissement dépend d'une part, de son état physique ; et d'autre part, de la nature des effluents transportés. L'affaiblissement de cette performance se traduit par des anomalies :

- des "anomalies de conception" liées aux conditions initiales de construction et de pose. Par exemple : les déversoirs d'orage mal conçus ou mal réglés (cas fréquents), réseaux sous-dimensionnés ou surdimensionnés par suite de défauts d'évaluation des débits à évacuer, matériaux de qualité insuffisante ou mauvaise exécution des travaux, joints manquants ;
- des "anomalies d'usage" provoquées par l'usage non approprié du réseau. La notion d'"usage" désigne ici l'utilisation de l'ouvrage, c'est à dire l'action de toutes les contraintes internes et externes (contraintes mécaniques et physico-chimiques) auxquelles sont soumises les canalisations. L'usage non approprié signifie qu'il s'exerce sur le réseau des contraintes différentes de celles prévues à l'origine⁴⁹.

⁴⁹ Par exemple : pénétration de racines d'arbres placés près des canalisations, présence dans le réseau d'eau de nappe saumâtre, rejet de déchets ménagers solides, rejet de matériaux issus de travaux de chantiers (sable, gravât, ciment, béton, laitance, etc.), rejet d'effluents industriels non prétraités dont la composition chimique de caractère corrosif provoque le vieillissement prématuré des canalisations.

Les anomalies d'usage engendrent des défauts qui entraînent à leurs tours des anomalies affectant la tenue mécanique du réseau et/ou son fonctionnement hydraulique. Les anomalies entraînées peuvent être permanentes et conduire, par conséquent, à la détérioration de l'état physique du réseau (fissures, cassures, fractures, déformation, effondrement voire rupture des canalisations, joints fuyards, ouverts ou déboîtés, etc.) ; ou encore temporaires liées à la quantité et à la qualité des effluents transportés. Dans ce dernier cas, elles sont désignées par "anomalies de fonctionnement" parmi lesquelles nous distinguons principalement :

- la diminution de la capacité d'écoulement dans les canalisations : elle entraîne des mises en charges des canalisations, des débordements et des inondations ;
- les fuites : ce phénomène qui concerne l'écoulement des effluents dans le milieu environnant par des issues dues aux défauts de la structure du réseau ou à des anomalies de conception, présente un risque de contamination des sols et des ressources en eau souterraines ;
- l'infiltration d'eaux claires parasites : le terme "eau parasite" désigne tout apport d'eau non désirable dans le réseau d'assainissement et qui, au delà d'une certaine quantité, peut perturber l'efficacité du transport et du traitement des eaux usées conduisant ainsi à des surverses plus fréquentes d'effluents bruts dans les milieux récepteurs. En effet, en mobilisant une partie de la capacité hydraulique des réseaux d'assainissement, les eaux parasites entraînent une insuffisance de la capacité de transit qui se traduit par une mise en charge des réseaux et des débordements. Par ailleurs, l'apport en quantités importantes d'eaux claires parasites provoque une dilution des effluents à traiter et implique, par conséquent une baisse du rendement épuratoire des stations de traitement. Enfin, l'augmentation des débits véhiculés par les réseaux d'assainissement en raison de la présence d'eaux claires parasite, peut être à l'origine de déversements aux milieux récepteurs d'effluents insuffisamment traités au niveau des déversoirs d'orage.

Evolution des finalités – Les finalités d'un réseau d'assainissement sont définies selon les besoins en assainissement, lesquels besoins évoluent sous l'influence des changements qui affectent l'environnement urbain dans lequel s'accomplit la pratique de l'assainissement, et qui se traduisent par l'émergence de nouvelles exigences. Rappelons que le développement des réseaux d'assainissement est passé historiquement par la prédominance de trois

finalités : sanitaire, hydraulique et environnementale. Les premiers égouts construits au début du XIX^e siècle étaient destinés à débarrasser l'espace public des eaux de nettoyage des rues et des eaux de ruissellement. Vers la fin du XIX^e siècle, l'insalubrité des villes et les grandes épidémies, ont conduit à assigner au réseau d'assainissement une fonction de protection de la santé publique qui s'est concrétisée par la mise en œuvre du concept de tout-à-l'égout selon lequel les eaux usées et pluviales doivent être évacuées le plus rapidement possible en dehors des villes afin d'éviter les stagnations et le développement des maladies. Dès le début du XX^e siècle s'est posé le problème de la pollution des cours d'eau, principaux exutoires des villes mais aussi principales sources d'eau potable. C'est ainsi qu'apparaît la visée environnementale du réseau d'assainissement par la construction des stations d'épuration, dès l'entre-deux-guerres et surtout après la loi sur l'eau de 1964, pour traiter les effluents collectés avant rejet dans les milieux récepteurs. Ensuite, dans la période 1965-1972, l'aménagement des villes nouvelles et l'aggravation du risque d'inondation par l'imperméabilisation de plus en plus importante des sols vont être l'occasion de modifier les règles de conception des réseaux d'assainissement codifiées par la circulaire CG 1333 de 1949. Celle-ci sera remplacée le 22 juin 1977 par l'instruction technique INT 77/248 relative aux réseaux d'assainissement des agglomérations. Dès lors, le réseau d'assainissement est officiellement doté d'une finalité hydraulique. Parallèlement, à partir des années 1970, le contenu attribué à la finalité environnementale du réseau d'assainissement va évoluer avec l'émergence des objectifs de lutte contre la pollution entraînée par les rejets urbains de temps de pluie (RUTP). A cette époque plusieurs programmes de recherche ont conduit à la considération de la pollution véhiculée par les surverses des réseaux unitaires lors des épisodes orageux.

En suivant le raisonnement exposé précédemment, l'objectif de cette section est de décrire le constat dressé après 1970 sur la dégradation des réseaux d'assainissement :

- les débordements fréquents des réseaux qui vont conduire à substituer la doctrine officielle de l'évacuation immédiate des effluents par de nouvelles orientations mieux adaptées à la réalité de l'assainissement urbain, notamment les enjeux posés par l'assainissement pluvial des villes nouvelles (2.1.1) ;
- les faibles niveaux de dépollution des rejets attribués à l'acheminement vers les stations de traitement d'importantes quantités d'eaux parasites (2.1.2) ;

- les surverses fréquentes des réseaux par temps de pluie notamment celle dues à la mauvaise conception des déversoirs d'orage (2.1.3).

2.1.1 Débordements des réseaux et inondations

La croissance urbaine et ses conséquences sur les modes d'occupation de l'espace urbain (voiries, parkings, extension urbaine périphérique) ont démontré l'insuffisance des réseaux existants. Des débordements fréquents se sont produits provoquant des inondations dans de nombreuses grandes villes françaises (comme Bordeaux, Grenoble et Lyon). En particulier, l'urbanisation périphérique accroît l'imperméabilisation des sols, et par conséquent les débits de ruissellement pluvial augmentent conduisant ainsi au dépassement de la capacité des collecteurs raccordés au réseau de drainage du centre plus ancien et conçu en fonction d'une urbanisation et d'un mode de vie qui ont considérablement évolué. « L'insuffisance patente des réseaux existants lors de grandes pluies d'orage, amène à chercher des palliatifs : doublement des réseaux, augmentation de la section des tuyaux » [Dupuy, 1980, p.8]. Mais accroître la capacité des collecteurs pour obtenir une réduction satisfaisante des fréquences de débordements ne va pas sans entraîner des difficultés en particulier financières.

A côté de la situation de l'assainissement dans les centres urbains denses, l'aménagement des villes nouvelles, va susciter des réflexions sur la validité des règles de calcul édictées par la circulaire CG 1333 de 1949, et dont l'application pour la collecte des eaux pluviales aurait conduit à des canalisations infinies : « (...) lorsque se pose la question de l'assainissement des villes nouvelles, il est clair que le système précédent doit être remis en cause. En effet, l'assainissement "eaux pluviales" classique [drainage par des réseaux séparatifs eaux pluviales] de villes nouvelles d'un demi-million d'habitants, localisées dans des sites vierges, parfois sans exutoire naturel, conduirait à des dépenses d'investissement inacceptables. Il faut donc trouver autre chose » [Dupuy, 1980, p.8].

Les limites de l'utilisation des principes prônés par la circulaire CG 1333 de 1949 au regard des problèmes qu'elle ne peut résoudre, d'une part ; et d'autre part, le développement des réseaux de mesures pluviométriques ont favorisé la révision des méthodes d'estimation des apports pluviaux dans un bassin versant urbanisé jusqu'alors adoptées, afin de tenir compte

des particularités des situations locales (urbanisation et précipitations réelles) dans la conception des réseaux d'assainissement.

En 1972, une commission interministérielle présidée par l'ingénieur Loriferne, reçoit pour mission de réviser la circulaire générale CG 1333 de 1949. Les travaux de cette commission, fondés essentiellement sur des résultats de mesure de la pluie sur quatre bassins expérimentaux vont aboutir à la publication d'un nouveau texte, l'instruction technique INT 77/248 du 22 juin 1977 relative aux réseaux d'assainissement des agglomérations, dite "circulaire Loriferne". Les modifications qu'elle a apportées sont de plusieurs ordres⁵⁰ :

- Elle a modifié les règles d'évaluation du débit maximum de ruissellement pluvial nécessaire pour le dimensionnement des canalisations. Cela a consisté à élargir les possibilités de choix de la période de retour d'insuffisance des réseaux d'assainissement à d'autres probabilités⁵¹ (la fréquence décennale n'est plus imposée) ; et à réajuster les coefficients de la formule de Caquot. D'une manière générale, le choix de la période de retour d'insuffisance des réseaux est déterminé par le degré de protection suffisant contre les inondations que les ouvrages d'assainissement sont censés assurer. La nouvelle circulaire reconnaît qu'une protection absolue contre le risque d'inondation causée par la pluie nécessiterait la construction de réseaux aux dimensions excessives tant par les dépenses exorbitantes qu'ils entraîneraient que par les coûts d'entretien qu'ils impliqueraient. En ce sens, elle rappelle que le bon choix d'une période de retour d'insuffisance des ouvrages d'assainissement nécessite d'être adapté au mode d'occupation des sols en zones urbaines (surfaces imperméabilisées générant du ruissellement) ; à l'urbanisation et aux aménagements pouvant constituer des obstacles

⁵⁰ Les principaux apports de l'instruction technique INT 77/248 de 1977 sont présentés indépendamment de leur ordre d'apparition dans son texte.

⁵¹ « Il est souvent admis a priori qu'il est de bonne gestion de se protéger du risque de fréquence décennale. Cependant, un degré moindre pourra être considéré comme acceptable par le maître d'ouvrage dans les zones modérément urbanisées et dans les zones où la pente limiterait strictement la durée des submersions. Ainsi, en tête de réseau, on pourra s'accommoder de l'absence d'un égout pluvial ; au-delà, sur de faibles distances, on pourra encore, le cas échéant, se contenter d'évacuer souterrainement le flot de période de retour de 2 ou de 5 ans. En sens inverse, dans les quartiers fortement urbanisés et dépourvus de relief, le concepteur n'hésitera pas à calculer les collecteurs principaux en vue d'absorber les débits de période de retour de 20 ans, voire de 50 ans, de manière à éviter, même à de tels intervalles, des inondations étendues et prolongées compte tenu de la longévité des ouvrages et de l'accroissement continu du coefficient de ruissellement » [INT 77/248, 1977, p.21].

à l'écoulement) ; et à la morphologie du bassin versant concerné (la topographie et la forme du bassin versant qui influent sur la vitesse de ruissellement). L'élargissement du choix de la période d'insuffisance des réseaux à d'autres périodes de retour, a également introduit la nécessité de considérer les différences de pluviométrie afin de tenir compte de tous les facteurs d'influence sur le débit de ruissellement. Pour cela, le territoire français a été découpé en trois régions de pluviométrie relativement homogènes, et les coefficients de la formule de Caquot ont été réajustés pour chacune de ces régions⁵². D'un autre côté, la nouvelle instruction a insisté sur les limites de validité de la formule de Caquot inhérentes aux caractéristiques des bassins versants urbanisés⁵³. En raison de ces limites, elle recommande l'utilisation de modèles de simulation permettant de faciliter le calcul des débits maximum⁵⁴ et de mieux schématiser les mécanismes réels du fonctionnement du réseau⁵⁵ [INT 77/248, 1977, p.25].

- Elle a autorisé l'utilisation des bassins de retenue pour stocker sur place une partie des débits à évacuer par temps de pluie lorsque la capacité des réseaux ne suffit plus, alors qu'auparavant, l'objectif intangible de l'assainissement était d'évacuer le plus loin et le plus rapidement possible les eaux des habitations afin d'éviter leur stagnation. Les bassins de retenue vont être utilisés dans l'assainissement pluvial des villes nouvelles et conduiront au développement des techniques alternatives au réseau dans les années

⁵² Dans l'instruction technique de 1977, la méthode de Caquot utilisée pour calculer les débits maximums d'un bassin versant urbain est annoncée comme suit : $Q_p(T) = K \times I^U \times C^V \times A^W \times m$; avec : $Q_p(T)$: débit de pointe de fréquence de retour T (m^3/s) ; K, U, V, W coefficients dépendant des deux coefficients de Montana a et b selon la région considérée et la fréquence de retour T prise en compte, de la pluviométrie régionale et des caractéristiques du bassin ; I : pente de la surface considérée (m/m) ; C : coefficient d'imperméabilisation (rapport entre la surface imperméabilisée et la surface totale du bassin versant) ; A : superficie du bassin versant (ha) ; m : coefficient correctif de la forme du bassin versant. Les nouveaux coefficients de la formule de Caquot proposés par l'instruction technique INT 77/248 de 1977 en fonction de la région pluviométrique et de la période de retour (1 an, 2 ans, 5 ans et 10 ans) sont présentés dans son annexe 1.

⁵³ Les limites de validité de la formule de Caquot explicitées dans l'INT 77/248 de 1977 sont : la superficie du bassin versant est inférieure ou égale à 200 ha ; sa pente I doit rester comprise entre 2 % et 5 % ; le coefficient de ruissellement C doit rester compris entre 0.2 et 1 [INT 77/248, 1977, pp.24-25].

⁵⁴ Au delà de 200 hectares, les moyens de calcul échappent totalement aux techniciens locaux [Dupuy et Knaebel, 1982].

⁵⁵ Les limites imposées à l'utilisation de la méthode de Caquot ont encouragé certaines collectivités locales dotées d'un service d'assainissement autonome à développer un savoir-faire local en modélisation hydraulique. Par exemple, la communauté urbaine de Lyon a mis au point à partir de 1979 un modèle de simulation destiné à connaître le fonctionnement de son réseau d'assainissement (cf. Chapitre 5).

suivantes⁵⁶. Désormais, l'évacuation rapide et sans stagnation qui prévalue dans la circulaire CG 1333 de 1949 n'est maintenue que pour les eaux usées pour des raisons de salubrité publique. Les eaux pluviales doivent être évacuées pour limiter les submersions des zones urbanisées, cependant, le stockage sur place d'une partie des effluents collectés par les réseaux séparatifs d'eaux pluviales, permet de réduire notablement les dimensions des collecteurs d'évacuation et d'aboutir à une dépense moindre⁵⁷. Outre les considérations économiques, l'instruction INT 77/248 de 1977 rappelle que les eaux pluviales sont susceptibles d'acheminer un poids important de pollution, et souligne le rôle des solutions de stockage dans la diminution de la pollution entraînée par le ruissellement pluvial⁵⁸. En ce qui concerne les réseaux unitaires, la circulaire rappelle que la construction des bassins d'orage en amont des stations d'épuration est souvent recommandable : « un tel bassin répond à deux objectifs, ou bien il sert de bassin de décantation complémentaire avec rejet des eaux dans le milieu naturel ou bien il permet d'étaler dans le temps le traitement des eaux d'orage les plus chargées » [INT 77/248, 1977, p.38].

- Elle a rappelé que l'assainissement des agglomérations a pour objet d'assurer l'évacuation de l'ensemble des eaux pluviales et usées ainsi que leurs rejet dans les exutoires naturels sous des modes compatibles avec les exigences de la santé publique et de l'environnement. Pour cela, les eaux rejetées dans les milieux récepteurs doivent se conformer aux objectifs de qualité prévus par la loi sur l'eau de 1964 pour le

⁵⁶ « (...) les équipes d'aménagement des villes nouvelles vont être amenées à abandonner la doctrine officielle de l'évacuation immédiate des effluents et à adopter une solution, qui selon certaines estimations réduira de près la moitié le montant des investissements à réaliser. Cette position sera renforcée par une autre préoccupation, celle d'aménager les sites des villes nouvelles en y insérant des équipements de loisirs aquatiques améliorant en même temps la qualité paysagère de l'ensemble. C'est l'idée des lacs ou étangs artificiels aménagés en bases nautiques, en lieux de détente entourés d'une végétation adéquate avec recherche d'effet esthétique » [Dupuy et Knaebel, 1982, p. 62].

⁵⁷ « le transit des eaux de ruissellement provenant de zones urbanisées équipées suivant le mode séparatif (...) au moyen de collecteurs dimensionnés de façon suffisante pour pouvoir évacuer les pointes des débits d'orage, parfois sur de longues distances jusqu'aux exutoires utilisables, entraîne en général des dépenses élevées. Dans bien des cas, une solution fonctionnelle meilleure consiste à écrêter ces pointes d'orages et à les stocker (...) dans un ou plusieurs bassins ou canaux à ciels ouverts » [INT 77/248, 1977, p.56]

⁵⁸ Les changements physiques, chimique et microbiologiques que subissent la qualité des eaux durant la stagnation sont décrits : décantation des matières en suspension ; maintien de la teneur en oxygène dissous nécessaire pour l'activité bactérienne de biodégradation par l'activité photosynthétique des végétaux ; diminution du nombre de coliformes et des bactéries pathogènes grâce à la sédimentation et aux conditions favorables de leur élimination qui règnent dans les bassins comme la faible température de l'eau, l'absence de nourriture, la présence d'organismes prédateurs consommateurs des bactéries et l'action microbicide de la lumière solaire dans les couches d'eau supérieures [INT 77/248, 1977, pp. 66-67].

maintien et l'amélioration de la qualité de ces milieux⁵⁹. En l'absence du décret d'objectifs (plusieurs textes étaient en préparation), les autorisations de rejets doivent être accordées en fonction des usages et des intérêts que le milieu a vocation à satisfaire. En conséquence, les effluents rejetés dans les cours d'eau au titre de l'assainissement des agglomérations devront avoir des caractéristiques adaptées à l'usage qui est envisagé à l'aval pour le milieu récepteur dont ils sont tributaires.

- Elle recommande la mise en place de dispositifs de mesure de débits pour mesurer en continu et sur une période appropriée, les débits évacués par les réseaux d'assainissement (ces aspects métrologiques qui constituent l'objet de cette thèse sont abordés dans la sous-section 2.2).

2.1.2 Un faible niveau de dépollution des rejets

Malgré les aides des agences de bassin pour accompagner l'équipement des collectivités en infrastructures de traitement des rejets collectés par les réseaux d'assainissement, le niveau de dépollution de ces rejets est resté faible sur l'ensemble du pays : « la pollution éliminée ne correspond qu'à 40 % à peine de la capacité des stations d'épuration » [Renard, et *al.*, 1987, p.366]. Dès les années 1970, les Services d'Assistance Techniques à l'Exploitation des Stations d'Épuration, mieux connus sous le nom de SATESE, ont constaté une diminution des capacités de traitement. Les rendements épuratoires dépassaient rarement 65 %, or selon les prescriptions officielles du Ministère de l'environnement, une station correctement alimentée, doit être capable d'éliminer plus de 80 % de la pollution qu'elle reçoit [Triantafillou, 1987, p.214]. Ce problème a été attribué à l'arrivée d'eaux importantes non prévues à l'origine et constituées d'eaux claires parasites d'origine diverses : eaux pluviales, eaux de drainage, captages de sources, etc. (cf. *infra* Encadré 2).

A la suite de ces constatations qui ont concerné toutes les régions du pays, un intérêt grandissant s'est développé au début des années 1980 envers l'amélioration de l'efficacité

⁵⁹ La loi sur l'eau du 16 décembre 1964 a prévu que seront fixés d'une part, les spécifications techniques et les critères physiques, chimiques, biologiques et bactériologiques auxquels les différents milieux récepteurs des rejets (cours d'eau, section de cours d'eau, canaux, lacs ou étangs) devront répondre, et d'autre part, les délais dans lesquels la qualité de chaque milieu récepteur devra être améliorée en fonction des usages et des intérêts que le milieu a vocation à satisfaire : alimentation en eau potable ; les besoins de l'agriculture, de l'industrie et des transports ; le maintien de l'équilibre biologique et hydraulique des milieux récepteurs ; le développement des loisirs [LSE 1964, art. 1 à 3].

du traitement des effluents moyennant des actions sur les réseaux de collecte, d'autant plus qu'une extension des capacités de traitement pourrait s'avérer inopérante sans cette action en amont. Le rôle des agences de bassin a été prépondérant dans la consolidation de cette tendance en favorisant, dans le cadre de leur quatrième programme d'intervention (1982-1986), un nouveau type d'étude, les études de diagnostic, en vue de préciser l'origine des eaux parasites. La réalisation de ces études a bénéficié d'aides financières allant jusqu'à 70 % des subventions selon les bassins. L'objectif est d'aider les collectivités locales à mettre en place les dispositifs de mesure nécessaires pour le recueil des données permettant de connaître les débits des effluents évacués par les réseaux dont les débits parasites, comme l'a préconisé l'instruction technique INT 77/248 de 1977.

Cette instruction précise à la dernière section de son quatrième chapitre consacré aux « ouvrages annexes », que les recherches entreprises sur les bassins expérimentaux ont montré la nécessité d'une information permanente : « si la connaissance des débits d'eaux pluviales ou d'eaux usées est sans doute indispensable, il faut bien reconnaître que l'estimation des débits parasites, souvent importants, mérite une attention particulière » [INT 77/248, 1977, p.55]. Pour cela, elle recommande, partout où cela sera possible, la mise en œuvre de dispositifs de mesure de débits permettant d'identifier l'ampleur des infiltrations, de rendre compte de l'existence et de l'importance des branchements parasites, et d'estimer les débits arrivant réellement aux ouvrages (essentiellement les postes de refoulement ou de relèvement et les stations d'épuration) et aux milieux récepteurs. Par ailleurs, elle précise que ces dispositifs nécessitent d'être implantés en des points « judicieusement choisis » [INT 77/248, 1977, p.55] afin d'en limiter le nombre. Par exemple :

- à l'entrée des stations d'épuration ;
- au droit des postes de relèvement ou de refoulement ;
- au niveau des ouvrages de rejets d'eaux usées et pluviales excédentaires dans les milieux récepteurs lors de fortes pluies, particulièrement, les déversoirs d'orage ;
- à l'aval des zones industrielles.

La mise en place des dispositifs de mesures va être encouragée par les progrès de la métrologie et par l'introduction de l'informatique et des techniques de transmission et d'organisation des données dans le domaine de l'assainissement (sous-section 2.2). Mais surtout les résultats sur la pollution des eaux de ruissellement pluvial vont mettre en évidence le besoin de disposer de données détaillées sur le fonctionnement des réseaux d'assainissement afin de mieux caractériser, aussi bien quantitativement que qualitativement, la pollution induite dans les milieux récepteurs par les rejets directs des déversoirs d'orage pendant les épisodes orageux.

Encadré 2 : Les eaux claires parasites : origines et comportements

De façon générale, les eaux claires parasites (ECP) dans les réseaux ont des origines différentes et présentent des comportements qui varient selon deux critères :

- la répartition dans l'espace : ce critère permet de distinguer d'une part les apports ponctuels pour lesquels les intrusions d'eaux parasites se font à des endroits bien définis et qui peuvent être localisés, et d'autre part, les apports diffus pour lesquels les points d'intrusion sont multiples, de dimensions variables et dispersés sur une grande longueur du collecteur ;
- la répartition dans le temps : ce critère permet de distinguer les apports permanents qui sont constants le long de l'année, ou qui ne subissent que de faibles variations, et les apports temporaires qui sont beaucoup plus variables, généralement en relation avec l'intensité et la durée des événements pluvieux, ou d'une manière plus globale avec les saisons.

A partir de cette répartition, nous distinguons classiquement : les eaux parasites de captage (EPC) et les eaux parasites d'infiltration (EPI).

Les eaux parasites de captage. – Les EPC sont des apports ponctuels dans l'espace et résultent de l'ensemble des raccordements non conformes sur le réseau d'assainissement. En fonction du temps, ces apports peuvent être permanents tels que les captages de sources et les raccordements de drains, ou temporaires issus des raccordements incontrôlés d'eaux pluviales au réseau séparatif d'eaux usées (eaux de ruissellement des surfaces imperméabilisées recueillies par les avaloirs de chaussées ou branchements particuliers qui collectent les eaux de toitures, les drains de fondation de bâtiments, les drains de jardin, etc.).

Les eaux parasites d'infiltration. – Les EPI sont des apports diffus dans l'espace qui s'introduisent dans le réseau à cause des défauts d'étanchéité (joints défectueux, fissures, échelons de regards mal scellés, etc.). Ces eaux constituent un apport permanent dans la mesure où elles résultent de la pénétration d'eaux de nappe souterraine à l'intérieur du réseau qui joue alors le rôle de drain vis-à-vis de cette nappe. Dans ce cas, le réseau doit se trouver dans la nappe et les quantités infiltrées dépendent de la saturation de la zone au dessus du réseau (c'est le drainage lent). Les eaux d'infiltration temporaires sont des eaux de pluie qui transitent rapidement dans le sol et contribuent à la recharge des nappes souterraines. Une partie de ces eaux est drainée par le réseau au travers des joints défectueux, des fissures, etc. (c'est le drainage rapide). Les débits infiltrés dépendent de l'intensité de la pluie et de l'état hydrique du sol (pluies antérieures).

Synthèse réalisée par : Selma Baati, 2018

Source : [Belhadj, 1993]

2.1.3 Les rejets directs des déversoirs d'orage par temps de pluie

Les déversoirs d'orage sont des ouvrages de régulation installés généralement sur les réseaux unitaires dans le but de rejeter aux milieux récepteurs, en cas de fortes pluies, une partie des effluents bruts dirigés vers l'aval, en particulier vers la station d'épuration⁶⁰. A partir de la fin du XIX^e siècle, la prise de conscience des nuisances provoquées par les rejets des eaux usées sur les milieux récepteurs a motivé, dès le début du XX^e siècle, la construction des stations d'épuration. Il fut alors nécessaire de construire de nouveaux collecteurs, parallèles aux rivières afin d'intercepter les flux provenant des réseaux existants et les conduire plus à l'aval, vers les stations de traitement. Comme il n'était pas possible de donner aux nouveaux collecteurs des dimensions suffisantes pour leur permettre d'évacuer les débits conséquents générés par les pluies les plus violentes, les anciens exutoires, permettant le rejet direct au milieu récepteur, ont été conservés ; les réseaux existants et les nouveaux collecteurs étant mis en relation par des dispositifs variés : les seuils, destinés à réguler autant que possible les débits transitant dans les nouveaux collecteurs (Figure 5).

⁶⁰ Les déversements peuvent être effectués vers un dispositif de stockage (un bassin d'orage) pour les restituer ultérieurement à débit contrôlé à la station de traitement.

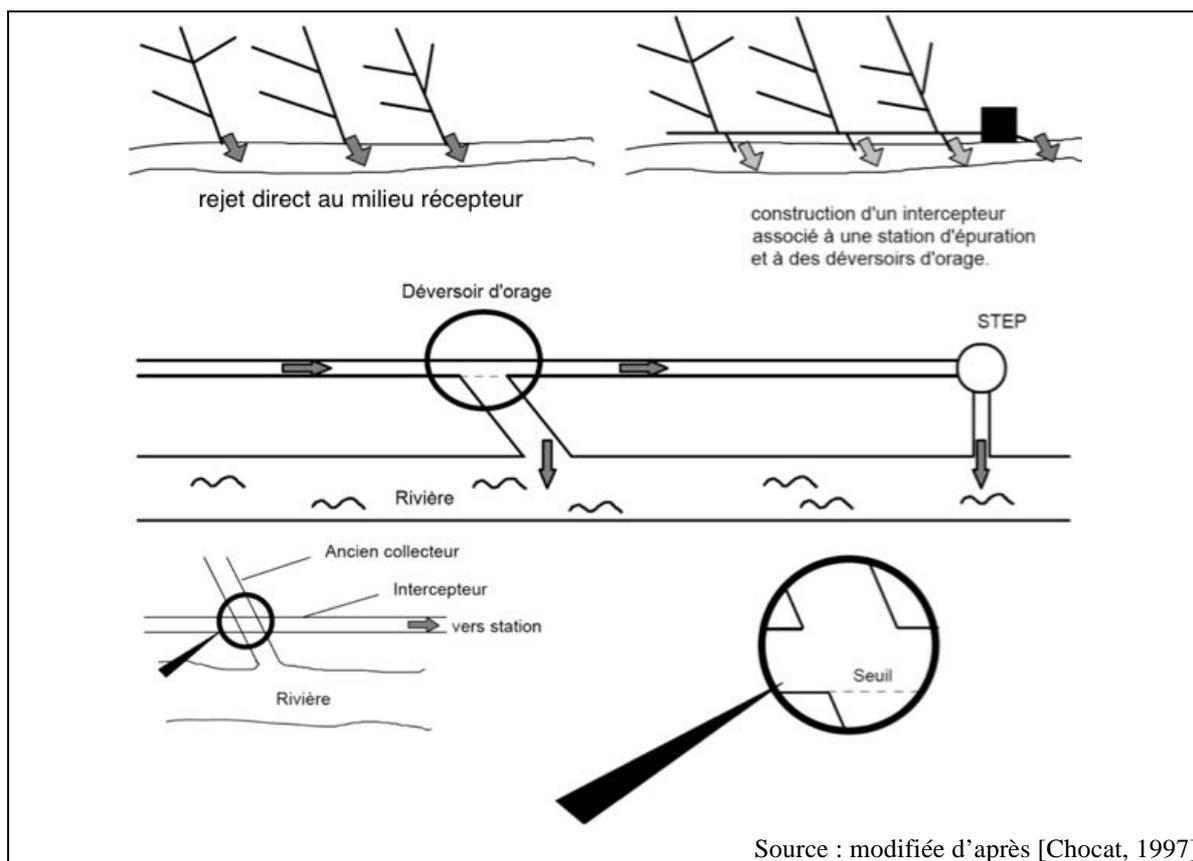


Figure 5 : Implantation des déversoirs d'orage dans les réseaux d'assainissement

Ainsi apparaît la notion de déversoir d'orage dans les réseaux d'assainissement. Les seuils étaient les dispositifs les mieux maîtrisés à cette époque. Connus depuis l'antiquité, ils furent introduits au Moyen Age dans le but d'utiliser au mieux l'énergie hydraulique⁶¹. Dans un premier temps, cette technique a donc été réutilisée, et les premiers déversoirs d'orage étaient : les déversoirs frontaux pour lesquels les seuils sont construits perpendiculairement à l'écoulement ; et les déversoirs latéraux pour lesquels les seuils sont construits parallèlement aux flux (cf. *infra* Encadré 3 et Figure 6).

⁶¹ Les seuils permirent de maintenir le niveau d'eau nécessaire au fonctionnement des roues hydrauliques des moulins. La différence avec un déversoir d'orage est que le seuil permet de contrôler une hauteur d'eau à l'amont d'un ouvrage pour un débit amont donné, alors qu'un déversoir est utilisé pour contrôler un débit à conserver en aval indépendamment de la hauteur d'eau en amont.

Mais la diversité des situations locales et l'absence de règles de construction claires ont conduit, au fil des années, à la mise en place d'ouvrages très diversifiés et compliqués⁶², notamment au cours des années 1980 avec l'apparition du concept de gestion automatisée des réseaux d'assainissement (sous-section 2.2). Dans ce contexte, les déversoirs d'orage sont considérés comme des points de contrôle particulièrement importants pour réguler les débits tout en permettant de mieux rapprocher deux impératifs parfois contradictoires : diminuer les rejets, et protéger contre les inondations. Pour cela, de nouveaux ouvrages réglables ont été imaginés, tels que les déversoirs d'orage à vanne réglable.

⁶² La géométrie des ouvrages construits était plus conditionnée par la forme des réseaux existants et l'imagination du concepteur que par des règles explicites (rigoureuses) de dimensionnement. Cela va poser des difficultés pratiques pour l'équipement des réseaux en dispositifs de mesure. D'ailleurs, l'instruction technique INT 77/248 de 1977 précise qu'il y a un intérêt à prévoir les infrastructures destinées à recevoir ces dispositifs de mesure dès la conception des réseaux, car la réalisation ultérieure peut s'avérer difficile voire impossible, mais généralement très onéreuse.

Encadré 3 : Typologie des déversoirs d'orage selon leur fonctionnement

Le concept de déversoir d'orage regroupe une grande diversité d'ouvrages. Selon la nature du dispositif de dérivation (élément caractéristique principal d'un déversoir d'orage), les déversoirs d'orage peuvent être classés comme suit :

- Les déversoirs à seuil haut : une partie des effluents est dérivée lorsque le niveau de l'eau dépasse le niveau du seuil.
- Les déversoirs à seuil bas : ils sont constitués d'une ouverture faite latéralement dans le collecteur. En pratique, une multitude de forme d'ouvrages peuvent exister. On distingue généralement les déversoirs frontaux et les déversoirs latéraux.
- Les déversoirs dont le fonctionnement est lié à autre chose qu'un seuil déversant tels que les déversoirs à ouverture dans le radier et les déversoirs régulés par une vanne réglable.



déversoir à seuil haut (à droite) ; déversoir à seuil frontal (à gauche)



déversoir à seuil latéral (à droite) ; déversoir à ouverture dans le fond (à gauche)



déversoir régulé par une vanne secteur

Source : [Vazquez et *al.*, 2006]

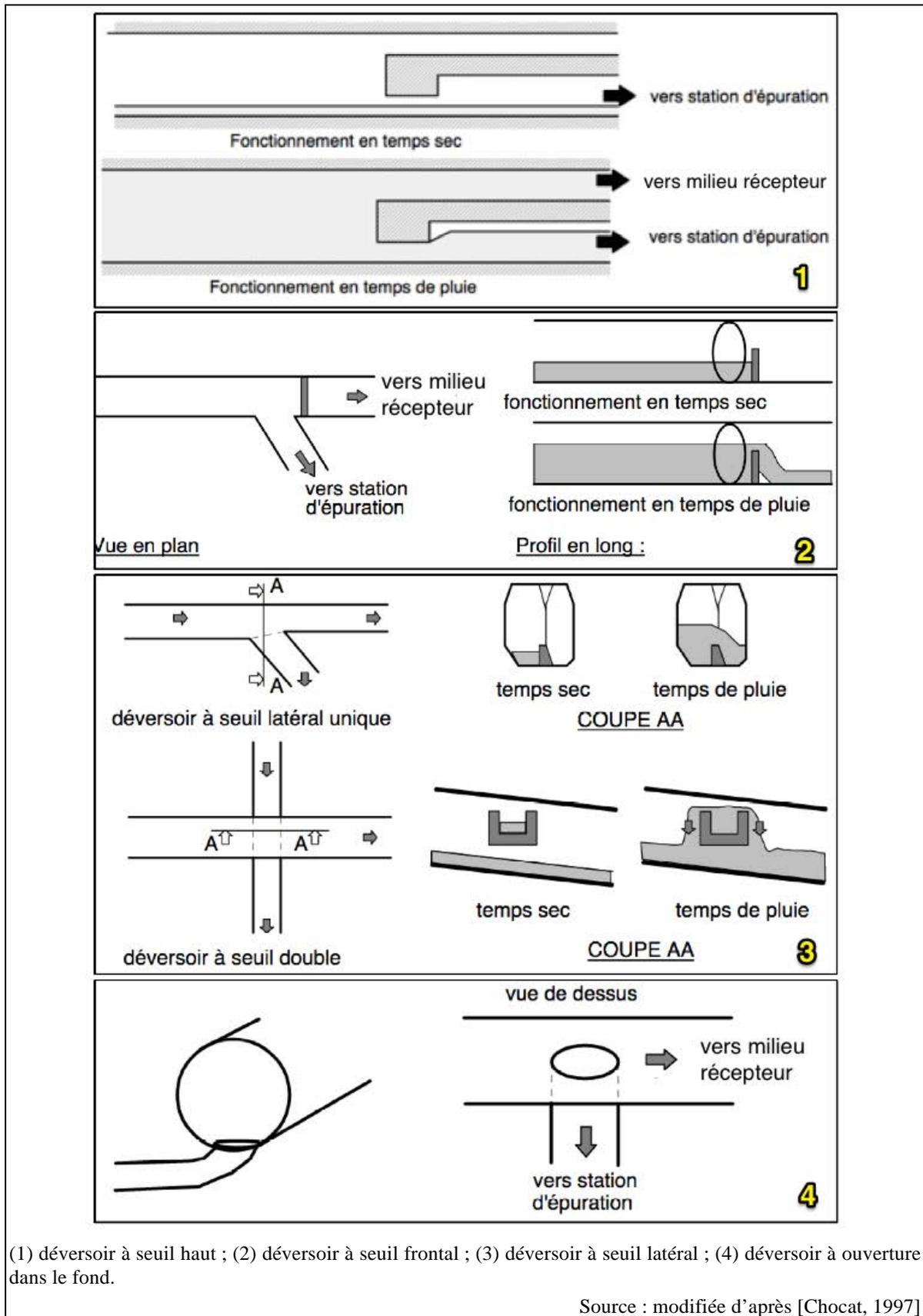


Figure 6 : Exemples de déversoirs d'orage : schémas de fonctionnement

D'un autre côté, la conception des déversoirs d'orage a longtemps consisté à respecter un principe simple de dilution des eaux usées par les eaux pluviales, les déversements étaient régulés de façon à ce que le rejet se déclenche lorsque les apports dépassaient trois à cinq fois le débit moyen de temps sec. Ce principe de dilution était fondé sur l'idée que seules les eaux usées étaient polluées. Or, les études menées dans les années 1960, essentiellement aux Etats-Unis, sur les RUTP, ont démontré que les eaux pluviales en ville étaient également polluées : « Les eaux de ruissellement sur les toits et les voiries ont été reconnues comme polluées dès 1888, au congrès international d'hygiène de Vienne par Durand-Claye, le père de la loi sur le tout-à-l'égout de 1884. Toutefois, cette réalité a été oubliée durant la première moitié du XX^e siècle et ce n'est que dans les années 60 qu'elle a réémergée dans les milieux scientifiques et techniques, principalement aux USA » [Chebbo et Tassin, 2000, p.11].

Puis, les études expérimentales entreprises en Europe dès le début des années 1970 sur les sources de la pollution du ruissellement urbain ont démontré que les rejets des déversoirs d'orage de réseaux unitaires par temps de pluie participent fortement à la dégradation des milieux récepteurs. La pollution est principalement due aux matières en suspension qui transportent des particules souvent toxiques et d'origines diverses (pesticides, métaux lourds, hydrocarbures, etc.) [Bachoc et *al.*, 1992 ; Ahyerre et *al.*, 2001 ; Ashlet et *al.*, 2003 ; Chebbo et Gromaire, 2004].

2.2 Des études de diagnostic à l'autosurveillance

Comme nous l'avons mentionné plus haut (paragraphe 2.1.2), les études de diagnostic ont été encouragées par les agences de bassin dès 1982 afin d'éclairer les insuffisances des réseaux d'assainissement et d'améliorer les connaissances sur leur fonctionnement. En pratique, ces études nécessitent la mise en place de moyens de mesure consacrés à l'enregistrement de débits et au suivi de la qualité des effluents, le tout dans le cadre de campagnes de mesures qui se déroulent à différentes périodes de l'année afin de saisir l'intégralité des contextes hydrologiques.

Les résultats de ces mesures servent après traitement et interprétation à définir la nature et l'ampleur des anomalies des réseaux en vue d'en identifier les causes et hiérarchiser les

actions à mener pour y remédier. Mais, il s'est avéré à l'issue de plusieurs études de diagnostic que celles-ci, bien qu'elles aient contribué au développement d'une pratique de la mesure, de l'acquisition et du traitement des données en assainissement, elles ont aussi démontré leur faiblesses liées essentiellement aux délais de mesure (une campagne de mesure dure entre un et deux mois) [Joannis, 1991]. La conjonction de ces intérêts et ces limites va favoriser l'apparition du concept du diagnostic permanent concomitamment à la diffusion de la gestion automatisée des réseaux d'assainissement.

Le développement des études de diagnostic était l'occasion, notamment pour ceux qui en étaient chargés, principalement des bureaux d'études spécialisés, de suivre le progrès de la métrologie promue par l'introduction officielle de l'informatique dans la conception des réseaux d'assainissement avec l'instruction technique INT 77/248 de 1977 :

Les appareils de mesure, les capteurs, ont évolué. Les capteurs de mesure de distance ou de la vitesse d'écoulement sont connus depuis de nombreuses années dans l'industrie agro-alimentaire, et n'ont commencé à être utilisés en assainissement qu'au début des années 1980 : « le retard en équipements est un leitmotiv des chercheurs et des techniciens gestionnaires, exprimé à l'occasion de colloques comme celui sur "Eau et Informatique", tenu à Paris en 1986. La lente évolution des capteurs contraste avec les progrès de l'électronique et de l'informatique (...) » [Bédiot et *al.*, 1987, p.289]. Ainsi, avec la recherche et le développement des matériels adaptés bénéficiant d'expérimentation sur le terrain et en laboratoire, est né un marché des capteurs et de leur installation dans le contexte spécifique des réseaux d'assainissement, qui s'est accompagné par la mise au point de recommandations et de protocoles spécifiques de maintenance et de vérification *in situ*. Une évolution plus rapide a concerné les moyens d'acquisition et de traitement des données illustrée par le passage de la saisie sur papier et du dépouillement manuel au transfert direct (télétransmission) et à l'exploitation informatisée des résultats grâce à l'apparition sur le marché de nouveaux matériels : les micro-ordinateurs, les centrales d'acquisition des mesures *in situ*, les logiciels de traitement et d'exploitation des données [Joannis, 1991].

Toutefois, il a été démontré que les études de diagnostic étaient insuffisantes pour appréhender tous les aspects du fonctionnement du réseau, notamment les événements susceptibles d'entraîner des rejets d'effluents bruts dans le milieu récepteur (apports d'eaux

claires parasites, drainage d'eaux pluviales, pannes de postes de relèvement, travaux ou manœuvres sur le réseau, etc.). Les délais d'acquisition des mesures ne peuvent couvrir qu'une durée limitée et leurs résultats sont tributaires des conditions hydrologiques et des aléas pouvant affecter le fonctionnement du réseau : « (...) la durée des mesures est loin d'être suffisante pour obtenir des résultats représentatifs : les aléas perturbent les mesures et ne donnent pas d'autres informations en contrepartie. Si bien que les possibilités de contrôle des aléas, le comportement du réseau dans d'autres conditions que celles qui ont été observées, son évolution future, y compris dans une certaine mesure l'efficacité des solutions proposées et la qualité de leur mise en œuvre, ne constituent, dans le contexte des études de diagnostic, que des extrapolations effectuées à partir d'une "photographie instantanée" et de quelques informations complémentaires (...). On en arrive naturellement au concept d'un diagnostic permanent, venant compléter et prolonger la première réponse apportée par les études de diagnostic aux problèmes rencontrés sur les réseaux d'eaux usées » [Joannis, 1991, p.73]. D'autant plus, que poursuivre l'acquisition des mesures en permanence, au delà des périodes d'études, s'est révélé particulièrement intéressant pour la mise en œuvre de la télésurveillance et la gestion automatisée des réseaux d'assainissement. Le contexte d'apparition de cette automatisation, ses intérêts, et l'appui qu'elle a trouvé dans l'approche du diagnostic permanent sont présentés dans Encadré 4.

Encadré 4 : La gestion automatisée des réseaux d'assainissement

La dégradation des réseaux d'assainissement et les conséquences de l'imperméabilisation croissante des sols urbains, ont aggravé la vulnérabilité des réseaux face au caractère aléatoire des événements pluvieux, notamment les plus exceptionnels, auxquels ils doivent faire face conformément aux règles de l'hygiène publique et de la sécurité des populations tout en respectant la qualité des milieux récepteurs. La gestion automatisée des réseaux d'assainissement est apparue dès la fin des années 1970 comme une technique qui pourrait dans de nombreux cas d'anomalies (réseaux sous dimensionnés, déversoirs d'orage mal conçus, dilution des eaux usées par des eaux parasites, etc.) servir de remède sans pour autant remettre en cause complètement la structure du réseau d'assainissement, et ce par le maintien des conditions optimales de son fonctionnement et de celui de ses ouvrages annexes. Selon les objectifs poursuivis en matière de gestion des réseaux, les systèmes de gestion automatisée peuvent viser : l'aide à l'exploitation du réseau d'assainissement ; l'amélioration de la qualité du milieu récepteur ; et la lutte contre les débordements des réseaux.

L'aide à l'exploitation du réseau d'assainissement. – La gestion automatisée d'un réseau d'assainissement permet le contrôle continu de son fonctionnement : la télédétection des apports d'eaux claires parasites, la télésurveillance des organes électromagnétiques (pompes, vannes, etc.), la programmation du fonctionnement des pompes suivant l'heure, la saison et les marées de manière à ce qu'elles fonctionnent le plus possible pendant les heures de tarifs réduits d'EDF, l'aide à la planification de l'entretien, la visualisation régulière de la disponibilité hydraulique du réseau par

simulation de son comportement en période de temps sec pour différentes positions d'ouverture des vannes (cette simulation aide à déterminer les zones d'influence de manœuvre des vannes et de détecter les zones d'insuffisance de la capacité hydraulique des collecteurs).

L'amélioration de la qualité du milieu récepteur. – Trois niveaux d'action sont possibles sur le réseau par un système de gestion automatisée conçu dans le but d'améliorer la qualité du milieu récepteur : le contrôle des déversements (dérivation des eaux de petites pluies, télécontrôle du fonctionnement des déversoirs d'orage à seuils mobiles) ; l'utilisation des bassins de retenue pour l'écrêtement des débits de pointe des eaux pluviales ; et la régulation des apports de charges polluantes à la station d'épuration afin d'éviter la dilution des effluents (par exemple en stockant les eaux de manière à faire arriver en premier les eaux les plus chargées à la station au cas où elle serait saturée et ne pourrait tout absorber).

La lutte contre les débordements des réseaux. – La capacité des réseaux peut être améliorée grâce à un système de gestion automatisée. Pour cela, plusieurs possibilités sont offertes : contrôler la capacité de stockage des bassins de retenue (par exemple en les laissant se vider tant que l'aval est disponible et de manière à leur permettre d'absorber les pointes de débits qui vont se suivre et maximiser ainsi la disponibilité des bassins) ; utiliser au maximum les collecteurs disponibles inégalement sollicités lors d'un orage par la déviation des eaux vers les collecteurs vides tout en tenant compte de la variabilité des débits en amont, contrôler les entrées d'eaux parasites.

Plusieurs objectifs peuvent être visés en même temps, ce qui impose des règles de gestion complexes, notamment lorsqu'il s'agit de répondre à des objectifs parfois contradictoires comme par exemple, l'utilisation d'un bassin de retenue en vue de lutter contre la pollution du milieu naturel et d'écrêter les débits par temps de pluie (il faut laisser le temps aux eaux de décanter tout en assurant un minimum de capacité de stockage au cas où un orage viendrait saturer le réseau).

Remarquons que le premier objectif d'aide à l'exploitation du réseau dépend d'un système de gestion automatisée "statique" pour laquelle aucune action en temps réel sur les flux hydrauliques n'est envisagée, c'est-à-dire que les règles de gestion sont indépendantes d'un événement pluvieux isolé. Les deux autres objectifs, améliorer la qualité des milieux récepteurs et lutter contre les débordements des réseaux, ne peuvent être atteints que par un système de gestion automatisée "dynamique" pour laquelle le contrôle des flux en temps réel est nécessaire en vue de permettre une adaptation du réseau aux situations provoquées par les événements aléatoires. La disponibilité sur le marché de moyens techniques d'automatisation a contribué à la diffusion de la gestion automatisée des réseaux d'assainissement : les capteurs de mesure (trois types de mesures sont nécessaires à une gestion automatisée dynamique : les mesures de la pluie, les mesures de débit et les mesures de pollution) ; les outils de télétransmission et de traitement de l'information ; et les modèles mathématiques de simulation du fonctionnement hydraulique des réseaux.

Synthèse réalisée par : Selma Baati, 2018
Source : [Lancelot, 1985]

La finalité environnementale des réseaux d'assainissement s'est davantage affirmée quand les préoccupations de restauration et de préservation des milieux aquatiques ont fait leur chemin dans la politique communautaire sur l'eau au début des années 1990. Dans son Livre vert sur l'environnement urbain, la Commission européenne a présenté les rejets des systèmes d'assainissement comme l'un des principaux problèmes environnementaux

auxquels les villes européennes font face : « dès l'instant où les villes ont cessé d'utiliser les rivières comme sources d'eau potable, les cours d'eau sont devenus des dépotoirs dans lesquels on a déversé un volume croissant d'effluents divers nuisibles à la qualité de l'eau et à la vie sauvage » [CCE, 1990, p.32]. La parution de la directive 91/271/CEE du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux résiduaires urbaines traduit la montée en puissance de ces préoccupations (directive ERU). Elle vise à protéger l'environnement contre les détériorations dues à l'ensemble des rejets urbains (eaux usées, eaux pluviales et eaux industrielles). Pour cela, elle impose aux Etats membres la collecte et le traitement de ces eaux, et introduit de nouvelles mesures de contrôle du fonctionnement des systèmes d'assainissement en vue d'en évaluer les performances, et d'assurer un suivi de la qualité des rejets et de leurs impacts sur les milieux récepteurs. Ainsi, la production des données sur les effluents collectés, traités et rejetés fait l'objet d'une procédure obligatoire d'« autosurveillance » dès la parution de l'arrêté du 22 décembre 1994 relatif à la surveillance des ouvrages de collecte et de traitement des eaux usées mentionnées aux articles L372-1-1 et L372-3 du code des communes, portant transposition de la directive ERU.

En conclusion, ce chapitre a permis de présenter les éléments nécessaires à la compréhension de l'émergence des dispositifs de mesure en assainissement au regard des évolutions normatives et techniques qui se sont succédées dans la conception des réseaux d'assainissement, et des problématiques de fonctionnement des ouvrages mis en place au fil de ces changements : plus précisément, les dispositifs métrologiques ont été introduits dans le cadre des études de diagnostic développées au début des années 1980 en vue de collecter les informations susceptibles d'éclairer les phénomènes de dégradation des réseaux observés dès les années 1970. Puis, la prise de conscience environnementaliste s'est traduite par l'adoption en 1991 d'une première directive sur l'assainissement des agglomérations de l'Union européenne. Cette directive ainsi que ces différents textes d'application définissent les obligations auxquelles les communes (et leurs structures de coopération) doivent se conformer pour assurer la collecte, le transport et le traitement des eaux résiduaires urbaines de manière à respecter les normes de traitement et de rejet fixées. Dans ce contexte, la mise en place des dispositifs de mesure est devenue obligatoire, laquelle disposition vise à suivre en continu le fonctionnement des systèmes d'assainissement (ces obligations de surveillance sont abordées en détail au Chapitre 4). Ce

chapitre a aussi permis de mettre en exergue l'intérêt des mesures en assainissement pour connaître les débits évacués par les réseaux (notamment pour l'estimation des débits d'eaux parasites causant des dysfonctionnements des réseaux et des stations de traitement), et pour caractériser la pollution induite dans les milieux récepteurs par les rejets urbains de temps de pluie. Enfin, l'historique de la conception des réseaux d'assainissement et la mise en place au cours de leur développement d'ouvrages à géométrie irrégulières, notamment en ce qui concerne les ouvrages de régulation des effluents transitant dans les collecteurs (les déversoirs d'orage), donne une idée sur les difficultés de mise en œuvre de l'autosurveillance des réseaux dans les agglomérations de Lyon et de Nantes (Chapitre 5 et Chapitre 6).

Chapitre 2

Problématique

Ce travail traite du milieu sociotechnique impliqué dans l'autosurveillance des réseaux d'assainissement pour mieux comprendre les conditions de mise en œuvre et de diffusion de ce dispositif. Le milieu sociotechnique désigne :

- l'ensemble des dispositifs techniques qui constituent le système d'assainissement urbain (canalisations, déversoirs d'orage, postes de relèvement, stations de traitement des eaux usées, installations de mesure, etc.) ;
- les organisations engagées dans la conception, la réalisation et le maintien en l'état de ces dispositifs (collectivités territoriales, entreprises gestionnaires de réseaux, entreprises de réalisation, bureaux d'études, agences de l'eau, police de l'eau, etc.) ;
- les normes réglementaires et techniques ;
- les modèles économiques en vigueur ;
- les pratiques existantes (notamment les pratiques de mesure dans les réseaux).

De fait, le milieu sociotechnique est à la fois technique, physique, organisationnel, réglementaire, politique, social et économique. Il est nécessaire à l'existence de l'autosurveillance des réseaux d'assainissement [Simondon, e2001].

1 Questions de recherche

Les objets et dispositifs techniques sont influencés par le milieu dans lequel ils existent. Pour Gilbert Simondon [e2001], l'évolution des objets techniques suit un processus de concrétisation qui leur donne une place intermédiaire entre l'objet « naturel », c'est-à-dire

produit spontanément par la nature, et la « représentation scientifique » : au départ « abstrait », sans cohérence interne⁶³, l'objet technique devient « concret » au fur et à mesure de transformations et de modifications. Le stade abstrait d'un objet technique est marqué par le fait que celui-ci n'a pas de capacité de régulation. L'accomplissement cohérent de ses fonctions ne peut se produire que par des régulations extérieures. Pour cette raison, il est « artificiel » : l'objet artificiel n'est pas un système naturel, physique ; « il est la traduction physique d'un système intellectuel » [Simondon, e2001, p.46]. Par la concrétisation, l'objet primitivement « abstrait » s'unifie intérieurement, et ce faisant s'adapte à ses conditions intrinsèques et au milieu extérieur. Il perd progressivement son caractère d'artificialité⁶⁴ ; il n'est plus seulement l'application de certains principes scientifiques antérieurs et devient comparable à l'objet spontanément produit⁶⁵.

La tendance vers la concrétisation est la conséquence de perfectionnements qui ne peuvent être opérés sans interaction entre l'objet technique et son milieu d'évolution, laquelle interaction définit le mode d'existence de cet objet. Ainsi, les objets qui sont en voie d'élaboration sont des objets « artificiels » qui n'ont d'existence que dans un environnement artificiel, typiquement un laboratoire. Ils existent en dehors du « monde naturel » et sont donc isolés. A l'inverse, par la concrétisation, l'objet artificiel se passe peu à peu de son laboratoire associé. Il s'associe avec un autre milieu sociotechnique et devient « autonome » dans l'entretien de ses conditions de fonctionnement, alors qu'au début, il était isolé et « hétéronome » [Simondon, e2001, p.47].

De cette manière, le milieu sociotechnique est le milieu associé qui assure les conditions d'existence de l'autosurveillance. Le processus de concrétisation décrit le passage d'un dispositif expérimental intégrée à la vie de laboratoire à un dispositif banal inscrit dans le quotidien des gestionnaires et exploitants des réseaux d'assainissement. Dès lors, quel est le milieu sociotechnique dans lequel l'autosurveillance aura à être déployée? En quoi ce

⁶³ L'objet technique abstrait présente des imperfections. Il est fait du rapprochement de plusieurs systèmes constituant chacun un sous-ensemble de fonctionnement. L'isolement relatif de chaque système multiplie les risques de dysfonctionnements internes et avec le milieu extérieur.

⁶⁴ « (...) l'artificialité essentielle d'un objet réside dans le fait que l'homme doit intervenir pour maintenir cet objet dans l'existence en le protégeant contre le monde naturel, en lui donnant un statut à part d'existence » [Simondon, e2001, p.47].

⁶⁵ « (...) les objets techniques tendent à la concrétisation, tandis que les objets naturels tels que les être vivants sont concrets dès le début. Il ne faut pas confondre la tendance à la concrétisation avec le statut d'existence entièrement concrète » [Simondon, e2001, p.49].

milieu sociotechnique peut-il participer de sa concrétisation ? Quels sont les facteurs qui favorisent ou limitent ce processus ? Comment le milieu sociotechnique peut-il constituer le milieu associé à l'autosurveillance ?

Pour décrire et analyser le milieu sociotechnique associé à l'autosurveillance des réseaux, l'enquête de terrain vise à renseigner le processus de déploiement de cette autosurveillance : la mise en place des dispositifs de mesure ainsi que le recueil et l'exploitation des données produites (traitement, validation et valorisation). Le protocole de recherche mis en œuvre a pour objectifs de :

- mieux connaître les pratiques des gestionnaires liées à l'autosurveillance des réseaux ;
- identifier les interactions entre les dispositifs techniques et organisationnels développés pour assurer les activités de surveillance des réseaux, et le milieu sociotechnique dans lequel ces dispositifs sont intégrés ;
- mieux saisir les raisons qui poussent (ou pas) les gestionnaires vers l'autosurveillance (ces raisons peuvent être réglementaires, économiques, organisationnelles ou politiques).

2 Le cadre conceptuel mobilisé

Dans cette thèse nous nous appuyons sur un modèle d'interprétation ressorti de recherches sur la mobilisation des dispositifs techniques dans les activités sociales urbaines [Toussaint et Zimmermann, 2001 ; Toussaint, 2009 ; Toussaint et Vareilles, 2010]. Ce modèle considère la ville à partir des objets qui rendent possible la vie urbaine. En effet, les objets caractéristiques des villes contemporaines sont divers et occupent de la place en surface et dans le sous-sol urbain (voiries, espaces verts, places publiques, immeubles de logement, les réseaux d'eau, d'assainissement, d'électricité, de gaz, etc.). Les assemblages de ces objets forment « les dispositifs techniques et spatiaux de l'urbain » nécessaires à la vie en

ville et qui en assurent les conditions optimales de fonctionnement⁶⁶. En cela, ils sont envisagés comme « des instruments » de l'activité urbaine⁶⁷. Selon cette approche :

- toute activité sociale nécessite la mobilisation d'un ou de plusieurs objets techniques ;
- il n'y a pas d'objets et de dispositifs en fonctionnement sans activités de « fabrication » : les fabricants regroupent différentes organisations engagées dans l'émergence, la mise en œuvre et le fonctionnement des dispositifs techniques. Elles sont socialement légitimes pour constituer l'existence des dispositifs en ressources (par exemple, le service public de l'eau et de l'assainissement rendu aux usagers). Autrement dit, il ne peut y avoir de dispositifs techniques sans organisations et tout dispositif technique est aussi dispositif organisationnel ;
- les objets et les dispositifs fabriqués, comme instruments entre les mains des individus, délivrent des licences d'action et constituent ainsi une offre en pratiques sociales : ils appellent des pratiques, démultiplient ou limitent les moyens d'action de ceux qui en usent.

Ainsi, l'autosurveillance comme l'un des dispositifs techniques et spatiaux de l'urbain, est ici observée comme un ensemble de dispositifs techniques et organisationnels (égouts, déversoirs d'orage, capteurs, armoires électriques, collectivités territoriales, agences de l'eau, laboratoires de recherche, bureaux d'études, etc.). Par ailleurs, penser l'autosurveillance sous une double dimension technique et organisationnelle nous conduit à l'envisager comme un assemblage de nature hybride liant des entités hétérogènes d'humains et de non-humains. De ce fait, les objets participent de l'action. Ils sont des acteurs non-humains.

Aussi l'autosurveillance, comme instrument à disposition des gestionnaires des réseaux d'assainissement, appelle des pratiques et ouvre des possibilités d'action. Mais la capacité de l'autosurveillance à être un instrument est variable. Elle dépend de son appropriation aux

⁶⁶ Sur le fondement de l'intitulé « dispositifs techniques et spatiaux de l'urbain » cf. [Toussaint, 2003, pp.51-77].

⁶⁷ « Les instruments rendent intelligible le monde et chaque instrument nouveau, en modifiant les modalités d'intelligibilité du monde, modifie sa signification et ouvre les portes à de nouvelles possibilités d'agir. Ils sont partis prenantes de l'activité cognitive de ceux qui en usent. En effet, l'instrument permet à l'individu de recueillir une information sur le monde sans accomplir sur ce monde une action préalable. Partant, il le rend ingénieux et démultiplie sa capacité d'agir » [Toussaint, 2009, pp.491-492].

activités de suivi et de contrôle des systèmes d'assainissement, c'est-à-dire de ce qui fait qu'elle soit mobilisable et de la manière dont elle est mobilisée. En d'autres termes, les possibilités d'action ouvertes par l'autosurveillance dépendent de la configuration de ce dispositif et des usages en vigueur.

Enfin, l'existence de l'autosurveillance implique des rapports entre ce dispositif et son environnement sociotechnique.

2.1 Les non-humains, des acteurs à part entière

Dans la vision traditionnelle des sciences sociales issue des courants interactionnistes, la société est faite d'humains. Les sociologues, attachés principalement à l'étude des groupes et des liens sociaux, ont montré peu d'intérêt pour la dimension matérielle du social [Conein, et *al.*, 1993]. Latour [1994] critique cette indifférence à l'égard des objets dans la mesure où ils ne sont convoqués dans les analyses que sous trois modes : « l'outillage invisible et fidèle, la superstructure déterminante, l'écran de projection (...). Esclave, maître, support de signe, dans les trois cas, les objets demeurent invisibles, en tous les cas, asociaux, marginaux, impossible à engager finement dans la construction de la société » [Latour, 1994, p.597].

Dans les années 1970, les études sociales des sciences et des technologies ont contribué à modifier le traitement sociologique réservé aux objets. Pour expliquer le processus d'élaboration des faits scientifiques et des artefacts techniques deux démarches ont été suivies :

La première souscrivant à une approche constructiviste de la connaissance, considère que les contenus scientifiques et techniques sont socialement construits⁶⁸. Michel Callon [2006b] considère que dans ce genre d'analyse de la science, les non-humains, bien qu'ils soient présents, ils sont dans « une position subordonnée »⁶⁹.

⁶⁸ Par exemple [Collins, e1992].

⁶⁹ « (...) leur présence ressemble à celle de meubles dans un intérieur bourgeois. Au mieux lorsque ces non-humains prennent la forme d'artefacts techniques, ils sont nécessaires à la vie quotidienne qu'ils rendent plus facile et plus agréable ; au pire, lorsqu'ils sont présents sous la forme d'énoncés référant à des entités telles

La seconde est illustrée par la théorie de l'acteur-réseau, connue également comme sociologie de la traduction ou sociologie de l'acteur-réseau (SAR) [Akrich et *al.*, 2006]. Elle se distingue de la précédente conception par le rôle actif qu'elle fait jouer aux entités mobilisées dans et par les activités de fabrication des faits scientifiques et techniques, spécialement les entités non-humaines. Ainsi, pour expliquer l'élaboration et la circulation des objets scientifiques et techniques, les auteurs aux origine de la théorie de l'acteur-réseau, en particulier Callon et Latour, s'efforcent de suivre finement la constitution progressive de « collectifs hybrides » associant différents éléments humains et non-humains [Latour et Woogler, e1988 ; Latour, e2005 ; Callon, 1989]. Dans cette perspective, plusieurs concepts ont été développés comme ceux d'« inscription », de « circulation » et de « traduction ».

Dans le cas de la science, la notion d'inscription désigne toutes les traces produites lors d'expérimentations en vue de décrire ce que sont capables de faire les entités sur lesquelles sont menées les recherches (cartes, diagrammes, graphiques, tableaux, modèles, notes d'observations, mesures électriques, etc.) [Callon, 2006b]. Ces inscriptions sont ensuite mises en forme par les chercheurs qui les combinent avec d'autres traces ou inscriptions, les évaluent et les interprètent. C'est la traduction. Cette notion désigne à la fois un résultat « provisoire » composé au moins en partie par d'autres traces interprétées à la lumière d'autres résultats ; et un processus par lequel des « micro-traductions » s'enchaînent préparant chacune la suivante et qui font avancer la fabrication d'énoncés et leur circulation (entre les laboratoires, les centres de recherche, les commissions d'experts, les cabinets ministériels, etc.) avec les inscriptions dont ils sont issus.

Ainsi, comme processus, la traduction participe au travail d'articulation d'un « réseau de traduction » ou d'« une chaîne de traduction » sociotechnique mêlant des dispositifs techniques, des acteurs humains, des organisations, des inscriptions, etc. en interaction les uns avec les autres⁷⁰ [Callon, 2006a]. Par exemple, dans un rapport (mensuel ou annuel) de synthèse sur les données d'autosurveillance, ce sont les tronçons des réseaux d'assainissement et les déversoirs d'orage qui sont présents dans ce bilan par le biais des

que les gènes, les quarks ou les trous noirs, ils constituent des éléments du contexte à prendre en considération, un cadre de l'action » [Callon, 2006b, p.272].

⁷⁰ Le réseau (ou la chaîne) de traduction est qualifié(e) de sociotechnique du fait de sa nature hybride [Latour, e2005]

différents résultats de mesures fournies par les capteurs. Les inscriptions que constituent ces rapports renvoient : aux différentes entités qui les ont produites de manière directe ou indirecte (instruments de mesure, système de supervision et de validation automatique des données, ingénieurs, techniciens, égoutiers, etc.) ; et à d'autres traces et inscriptions (série de pluviométrie, abaques, modèles de simulation hydraulique, dimensions de canalisations, etc.) nécessaires pour leur évaluation et validation. La chaîne de traduction qui aboutit à l'élaboration de ce document et à sa mise en circulation inclut les gestionnaires des réseaux, les collectivités locales, les instances de contrôle et de suivi (agence de l'eau et police de l'eau), les laboratoires de recherche travaillant sur le sujet, etc. ; mais également les capteurs, les préleveurs d'échantillons d'eaux usées, les moyens d'enregistrement local et de communication automatique des valeurs de mesure, etc. Le dispositif d'autosurveillance lie tous ces éléments à la fois humains et non-humains.

La constitution des chaînes de traduction « demande des compétences incorporées à la fois dans des êtres humains et/ou dans des artefacts techniques (et notamment des instruments) » [Callon, 2006a, p.237]. Ainsi, nous considérons que les connaissances relatives à la métrologie des réseaux d'assainissement comme distribués entre des acteurs humains (fonctionnaires des collectivités, des chercheurs, des ingénieurs, etc.) et des acteurs non-humains (des séries de données, des échantillons d'eaux usées, des modèles de réseaux, des dispositifs de mesure, etc.).

Dans le sillage des concepts développés par les sociologues de la traduction, Dominique Vinck élabore la notion d'« objet intermédiaire ». A l'origine, cette notion est utilisée dans le cadre de travaux portant sur l'analyse des réseaux de coopération scientifiques et sur l'étude du travail de conception des produits pour qualifier les artefacts (textes, calculs, graphes, maquettes, logiciels, échantillons biologiques, souches de virus, etc.) qui circulent d'un acteur à l'autre ou autour desquels des acteurs gravitent [Vinck et Jeantet, 1995 ; Jeantet, 1998 ; Vinck, 1999]. Le suivi de ces entités physiques a permis de cartographier et de documenter les activités observées. En effet, les enquêtes menées ont fait apparaître un grand nombre d'objets qui donnent accès à des acteurs, des relations, des cours d'action, des organisations et des pratiques qui ne sont pas toujours révélés dans les présentations et les discours officiels des acteurs interrogés. « L'attention portée par les acteurs à ces objets laissait supposer qu'ils étaient importants (...) pour l'action engagée, soit par ce qu'ils

apportaient quelque chose à l'action, soit par ce qu'ils la prolongeaient ou qu'ils la transformaient [Vinck, 2009, p.54]. Cela a conduit Vinck à s'intéresser aux détails de ces objets, notamment à la manière dont ils contribuent à l'articulation entre des mondes sociaux hétérogènes par référence au concept d'« objet-frontière » proposé par Susan Leigh Star et James Richard Griesemer [1989].

La théorisation de l'objet intermédiaire a été conduite autour des concepts suivants : la « représentation » ; la « traduction » ; et la « médiation » :

La représentation renvoie à l'idée d'inscription de quelque chose dans la matière de l'objet. L'objet intermédiaire est la représentation de ceux qui l'ont conçu. Il matérialise leurs intentions, leurs habitudes, et reflète les compromis qu'ils ont construits. Il constitue, de ce fait, une « trace » laissée par ses auteurs et une « marque » des conditions sociotechniques de leurs activités. Il est aussi la représentation d'un objet qui n'existe pas encore. Il donne à voir « une image » d'un objet à venir. En ce sens, l'objet intermédiaire rend présent un « objet virtuel » [Vinck, 2005].

La traduction doit être entendue comme un processus de transformation. L'objet intermédiaire ne se réduit pas aux intentions de ses auteurs. Le passage de l'intention à la réalisation d'un objet intermédiaire occasionne un déplacement de l'idée initiale. « La matérialisation introduit quelque chose de nouveau, un glissement qui n'est pas nécessairement voulu ni contrôlé, voire une trahison. L'objet résultant réalise autre chose que ce qui a été voulu » [Vinck, 2009, p.57].

Enfin, Vinck suggère de traiter les objets intermédiaires comme des médiateurs de l'action. L'hypothèse au cœur de cette théorisation de l'objet – hypothèse que l'auteur partage avec les sociologues de la traduction – est de considérer que « la connaissance comme l'action ne résident pas dans un seul lieu qui en serait le siège ou l'origine, mais au contraire, distribuées entre plusieurs humains en interaction ainsi qu'entre les humains et une multitude d'objets (...) » [Vinck, 2005, p.60] :

Dans les activités de recherche ou de conception étudiées, plusieurs objets sont produits et mobilisés. Ils interagissent avec les acteurs qui les manipulent, mais aussi avec d'autres acteurs humains ainsi que non-humains. Au cours de leur passage d'une entité à l'autre, le

contenu initial des objets se déforme. Les objets intermédiaires contribuent ainsi au déplacement des choix opérés, à la construction de compromis et au rapprochement entre des points de vue divergents jusqu'à l'émergence d'une « représentation partagée » et relativement stabilisée de l'objet à fabriquer. C'est-à-dire que l'objet intermédiaire oriente l'action et la délimite. Il offre de nouvelles prises pour l'action et établit des relations entre les entités qui le reprennent. En cela, il est dit médiateur entre acteurs.

L'objet intermédiaire contribue également à la construction de savoirs partagés. En tant que médiateurs des connaissances, les objets intermédiaires sont présentés comme des supports de conventions permettant d'établir un référentiel sur lequel s'appuie la suite de l'action. Selon la nature de ces conventions, Vinck définit deux formes d'objets :

- les objets intermédiaires de faible niveau de codification ou les objets « ouverts » qui se prêtent plus au moins facilement à l'intégration des connaissances (par exemple, un dessin d'observation) ;
- les objets intermédiaires très codifiés ou les objets « fermés » qui font appel à des conventions de haut niveau (par exemple, un plan de câblage).

Dans un cours d'action, la mobilisation d'un objet conduit parfois à la disparition d'un autre. Les objets intermédiaires « délaissés » sont des marqueurs de rupture ou de transition entre des phases distinctes de l'activité. Ils sont des objets « de rupture » qui correspondent à un changement de représentation. Les objets qui les suivent sont de nature différente⁷¹.

Dans certains cas, un objet intermédiaire peut devenir un « objet-frontière ». Selon Star et Griesemer [1989], un objet-frontière est un arrangement par lequel des individus ou des groupes d'individus coopèrent sans pour autant avoir établi au préalable un consensus. Seulement, les formes que prennent ces objets-frontière ne sont pas arbitraires. Elles sont pour la plupart des infrastructures organiques apparues en raison des besoins de structurer l'information⁷² [Star, 2010]. Pour Star, l'infrastructure est une notion fondamentalement relationnelle. L'émergence d'une infrastructure relève de pratiques organisées [Star et

⁷¹ Par exemple, le remplacement des valeurs de mesures rejetées en automatique par des valeurs reconstituées lors de la validation des données. Les valeurs de mesure rejetées constituent des informations.

⁷² « L'important pour les objets-frontière est la façon dont les pratiques se structurent et la manière dont le vocabulaire émerge pour faire des choses ensemble » [Star, 2010, p.19].

Ruhleder, 2010]. L'une des propriétés de cette infrastructure est l'« incorporation de normes et standards ». C'est autour de cet aspect que Vinck se propose de décrire le processus à travers lequel s'opère le passage de l'objet intermédiaire à l'objet-frontière. C'est ce qu'il appelle l'« équipement ».

L'idée est de dire que certains objets intermédiaires, du fait de leurs configurations, véhiculent une structure minimale commune à un ou plusieurs mondes sociaux. C'est le cas, par exemple, des données d'autosurveillance échangées entre différents acteurs conformément au langage commun français des données et référentiels sur l'eau⁷³. La structure minimale reconnaissable apparaît soit par ce que l'objet intermédiaire est élaboré suivant des protocoles précis (nomenclature, normes, codes, langage formel) ; soit parce que l'objet intermédiaire est doté d'éléments additionnels permettant de l'inscrire dans un espace d'échange plus vaste⁷⁴. Dans tous les cas, cette structure partagée forme un équipement permettant de relier l'objet intermédiaire à des appuis conventionnels et à des espaces de circulation : « Par travail d'équipement, nous entendons l'activité collective qui consiste à s'accorder sur les éléments qu'il convient d'ajouter aux objets intermédiaires afin qu'ils s'inscrivent dans un espace d'échange entre acteurs plus ou moins hétérogènes. L'équipement des objets intermédiaires vient des acteurs qui gravitent autour de ces objets ou qui les font circuler entre eux » [Vinck, 2009, p.66].

2.2 De l'appropriation des objets techniques

Les objets et les dispositifs techniques constituent des offres en pratiques sociales. L'apparition de nouvelles pratiques sociales s'opère via une appropriation. Cette notion couramment employée dans différentes disciplines des sciences sociales (anthropologie, sociologie, psychologie et urbanisme), connaît des acceptions complexes, encore mal élucidées et dont le contenu diffère d'un auteur à un autre. Par exemple, du point de vue de l'urbanisme, la notion d'appropriation renvoie à l'occupation des espaces urbains. L'expression « appropriation de l'espace » désigne « les conduites qui assurent aux

⁷³ Le format d'échange SANDRE.

⁷⁴ Par exemple, les fiches de réception des échantillons d'eaux usées apportés au laboratoire. Elles reprennent quelques informations comme : le poids de chacun des flacons, date et lieu des prélèvements, numéro de réception.

humains un maniement affectif et symbolique de leur environnement spatial » [Merlin et Chaoy, 2010, p.58].

Dans son ouvrage intitulé *Sociologie de l'innovation*, Gérald Gaglio [2011] décrit l'appropriation dans les termes suivants : « Au plan individuel, s'approprier par exemple un objet (...) consiste à le faire sien, à lui octroyer une place dans son quotidien. L'appropriation suppose donc de gagner en familiarité vis-à-vis de l'objet acquis ou à disposition. Elle sous-entend un apprentissage. Avancé, cet apprentissage entraîne une sensation d'évidence (...). L'appropriation confère ainsi une légitimité à la nouveauté. Des usages se cristallisent et amènent par exemple, à conserver son mobile sans plus remettre en cause sa possession. (...). L'appropriation transformant une invention en innovation a également cours dans un système sociotechnique et un ensemble de pratiques déjà là. Elle s'inscrit dans des interdépendances, et tributaire d'une antériorité. (...). Enfin, l'appropriation d'une nouveauté relève du registre du faire (avec la création de pratiques) mais repose aussi sur l'adoption du (des) principe(s) qu'elle sous-entend (...) » [Gaglio, 2011, pp.18-23].

Le courant de la sociologie des usages né dans les années 1980 et intéressé à l'étude de nouvelles technologies de l'information et de la communication, présente l'appropriation comme un processus individuel et collectif dans le rapport aux objets [Denouël et Granjon, 2011]. La notion a été élaborée dans le cadre des premières études attachées à l'analyse des écarts entre les usages prescrits et les usages effectifs des objets de communication, pour souligner le rôle actif des usagers dans la construction de l'usage⁷⁵. « L'exemple du détournement des services utilitaires de vidéotex au profit d'usage de divertissement et de rencontres virtuelles est resté célèbre » [Jouët, 2000, p.495]. Les analyses proposées font massivement appel aux théories de l'autonomie sociale, plus particulièrement, aux écrits de Michel De Certeau [e1990] sur les arts de faire et le potentiel inventif des pratiquants de la vie quotidienne. L'image de l'acteur social inventif et créatif est originelle dans la description du rôle actif de l'utilisateur dans le modelage des emplois de la technique.

Ce rôle actif de l'utilisateur va au delà de ses compétences de bricolage, il le place également dans sa capacité à créer de nouveaux usages. En ce sens, Pierre Chambat [1994] décrit

⁷⁵ Par exemple [Baboulin, et *al.*, 1983].

l'appropriation comme une négociation qui s'établit entre l'utilisateur et l'offre technique, « négociation plaçant l'utilisateur à parité avec le concepteur » [Chambat, 1994, p.261]. C'est sur ce fondement théorique que se construit l'approche d'appropriation des dispositifs techniques par les utilisateurs auquel se sont ajoutées d'autres dimensions sociologiques dont principalement : le rôle des pratiques antérieures, les significations des usages de nouveaux outils, les processus d'acquisition de savoirs et les processus d'insertion des technologies dans la vie quotidienne⁷⁶. Dans cet ordre d'idées, Serge Proulx [2005] présente un modèle de l'appropriation selon trois conditions qui nécessitent d'être réunies pour parler d'une appropriation avérée :

- Premièrement, il s'agit pour l'utilisateur de montrer un minimum de maîtrise technique et cognitive de l'objet technique. Josiane Jouët [2000] insiste sur cette « dimension cognitive et empirique » de l'usage qui rend accessible les fonctionnalités et prédispose à l'appropriation. L'usage s'opérationnalise selon les procédures inscrites dans la logique de la technique, et « sa construction, met en jeu des processus d'acquisition de savoirs (découvertes de la logique et des fonctionnalités de l'objet), de savoir-faire (apprentissage des codes et du mode opératoire de la machine) et d'habiletés pratiques » [Jouët, 2000, p.502].
- En second lieu, cet objet doit s'intégrer de manière significative dans le quotidien de son usager. L'attribution du sens à l'objet et à ses usages concourt à l'inscription sociale de l'objet et à sa « banalisation », c'est à dire à son passage au statut d'« objet d'ordinaire » [Jouët, 2000]. Le processus de banalisation tient compte de l'existant – l'ensemble sociotechnique que constituent les objets déjà en usage et les pratiques déjà formées – et de l'objet technique à intégrer ainsi que des fonctionnalités qui lui sont associées, et qui doivent trouver leur place dans cet ensemble. Cela suppose l'acquisition d'une certaine familiarité vis-à-vis de l'objet technique : « face à un nouveau dispositif technologique (...), les utilisateurs effectuent une sorte de procès en légitimité de son usage. De l'issue de ce procès dépendront les conditions de l'intégration sociale » [Mallein et Toussaint, 1994, p.315].

⁷⁶ Exemples : [Jouët, 1993], [Mallein et Toussaint, 1994], [Pronovost, 1994].

– Troisièmement, l’usage répété de l’objet ouvre vers de nouvelles possibilités d’action⁷⁷.

Pour sa part, Akrich s’intéresse à la manière dont les dispositifs techniques deviennent appropriés en centrant ses analyses du processus de la diffusion sur les relations que ces dispositifs entretiennent avec l’environnement sociotechnique dans lequel ils s’insèrent. Son modèle de la diffusion repose sur une hypothèse sémiotique, à savoir qu’il est possible de décrire un objet technique comme « un script définissant un espace, des rôles et des règles d’interaction entre les différents acteurs (humains et non-humains) qui viendront incarner ces rôles » [Akrich, 1990, pp.2-3]. Cela signifie que la conception d’un objet technique peut être vue comme l’élaboration d’un scénario qui opère un partage des compétences entre l’objet technique, ses usagers, et l’ensemble sociotechnique que constitue l’environnement qui l’accueillerait. Une représentation plus au moins stabilisée de cet environnement se spécifie par la confrontation entre les inscriptions sociotechniques du script et les conditions sociotechniques décrites par la mise à l’épreuve de l’objet auprès d’usagers. Cet alignement entre l’environnement prévu et l’environnement dans lequel le dispositif technique s’insère, s’opère par transformations et adaptations successives : « (...) le scénario de départ qui se présente essentiellement sous une forme discursive, va progressivement par une série d’opérations de traduction qui le transforment lui-même être approprié, porté par un nombre toujours croissant d’entités, acteurs humains et dispositifs techniques » [Akrich, 1993, p.5]. Pour mettre en évidence l’importance des ajustements entre les dispositifs techniques et leur environnement sociotechnique, Akrich s’appuie sur des exemples tirés d’expériences dans des pays en voie de développement. Le téléviseur photovoltaïque destiné aux villages non électrifiés en Afrique⁷⁸ [Akrich, 1991], ou la

⁷⁷ Akrich propose une typologie des formes d’intervention des usagers sur les dispositifs techniques. Elle distingue : le « déplacement » lorsque l’usager modifie le spectre des usages (comme le sèche cheveux utilisé pour sécher une colle) ; l’« extension » lorsque l’usager ajoute des éléments au dispositif technique de façon à enrichir la liste des usages prévus (comme suspendre un sac au poignet d’une poussette) ; le « détournement » quand l’usager se sert du dispositif pour un dessein qui n’a rien à avoir avec les usages prévus ; et enfin, l’« adaptation » lorsque l’usager modifie le dispositif pour l’ajuster à un usage propre sans pour autant toucher à sa fonction première. Les modifications apportées visent généralement l’amélioration de l’ergonomie comme le rehaussement d’une poussette de marché pour les personnes qui ont des difficultés à se baisser [Akrich, 1998, pp.4-10].

⁷⁸ Les conditions sociotechniques propres au paysage africain ont conduit à l’élaboration d’un téléviseur différent de celui habituellement commercialisé. L’assemblage des différents composants électriques dans des boîtiers solides et étanches traduit l’adaptation aux conditions locales de transport. De plus, ces différents boîtiers de l’appareillage électronique sont rangés dans des tiroirs placés en dessous de l’écran. En cas de panne, et pour pallier l’absence de compétences et de l’outillage nécessaire, le technicien de maintenance se

machine conçue pour la fabrication des briquettes à partir des tiges de coton au Nicaragua⁷⁹ [Akrich, 1993], illustrent la manière dont un dispositif technique devient à la fois sa propre description et une description de l'environnement sociotechnique dans lequel il est appelé à évoluer.

Cependant, dans certaines situations, une adaptation « exagérée » de l'objet technique conduit à son exclusion. L'exemple devenu célèbre du kit d'éclairage photovoltaïque [Akrich, 1987 ; 1991 ; Akrich et *al.*, 1988] décrit le cas d'un dispositif qui, d'adaptations en adaptations, devient extérieur à son environnement. La conception de ce kit n'a pas réussi à établir un compromis satisfaisant entre sa configuration et les revendications des usagers. « Les détours particuliers qui ont abouti à sa conception permettent d'expliquer certaines de ses caractéristiques qui de restrictives qu'elles se voulaient, deviennent répulsives » [Akrich, 1987, p.4]. La forme contraignante (rigide et hermétique) du kit proposé par ses concepteurs a rendu impossible toute tentative de bricolage, ce qui a fait obstacle à sa diffusion⁸⁰.

contente d'échanger le boîtier défectueux par un boîtier de rechange. Les réparations sont effectuées dans un atelier central spécialisé dans la réparation.

⁷⁹ L'utilisation des tiges de coton à des fins énergétiques est née d'une coopération entre une institution nicaraguayenne chargée de la gestion du réseau électrique national et un organisme de recherche suédois (*The Bijker Institute of Ecological Economics*). La suède a développé une machine qui compacte les résidus forestiers et les transforme en briquettes utilisées comme combustibles. Il s'agit donc d'un transfert de technologie ; la matière première de ce projet serait le bois. Mais le déplacement de la machine suédoise a nécessité des modifications. Les transformations ont commencé par l'orientation vers une nouvelle matière première autre que le bois ; les résidus agricoles de la culture du coton afin de tenir compte du contexte politique et géographique du Nicaragua (le pays est soumis à la guerre, les ressources forestières de la plaine occidentale, seul territoire sous contrôle gouvernemental et où se concentrent les activités économiques du pays, sont rares). Puis la compacteuse s'est transformée en une arracheuse par adaptations au comportement mécanique des tiges de coton – comportement différent de celui du bois lors du compactage – et aux conditions locales de leur cueillette, ramassage et stockage.

⁸⁰ Le kit d'éclairage photovoltaïque est l'assemblage de trois éléments : un panneau photovoltaïque producteur d'électricité ; des batteries pour le stockage de l'énergie ; et des tubes fluorescents. Le panneau photovoltaïque convertit l'énergie solaire en énergie électrique sous forme de courant continu qui, selon les concepteurs, est plus économique (un dispositif de conversion en courant alternatif serait une source de perte d'énergie). Les pôles de branchement (contrairement au courant alternatif qui ne distingue pas de pôles) ne sont pas marqués, et tout branchement illicite risquerait d'endommager définitivement l'installation. Les batteries de stockage de l'énergie sont étanches pour que l'entretien ne soit pas un facteur limitant de la durée de vie du système, elles sont hermétiquement protégées de l'intervention extérieure. Le modèle de lampes utilisé, des tubes fluorescents adaptés à l'éclairage par l'énergie solaire, permet d'économiser les ampères des batteries et de garantir une intensité lumineuse maximale, toutefois, elles sont introuvables sur le marché local. Enfin, les fils qui relient les divers éléments entre panneaux photovoltaïques, batteries et tubes fluorescents ont une longueur fixe qui ne peut être modifiée ; les liaisons sont réalisées par des prises non

Ces exemples font apparaître trois types de rapports entre un dispositif technique et son milieu sociotechnique :

- un dispositif technique qui n’a pas de milieu sociotechnique, il se forge un milieu adéquat. Ainsi l’exemple nicaraguayen décrit la genèse simultanée d’un objet et de l’environnement adapté à son déploiement. Le déplacement de la machine suédoise a nécessité sa redéfinition en raison de la modification du contexte (social, technique, économique, géographique et politique) qui a favorisé son émergence et son usage en Suède ;
- un dispositif technique qui se transforme pour tenir compte du milieu sociotechnique existant. L’exemple du téléviseur photovoltaïque montre l’articulation entre un dispositif technique (son contenu technologique) et l’environnement existant par incorporation dans le contenu même de ce dispositif d’une définition réaliste de cet environnement ;
- un dispositif extérieur à son milieu sociotechnique (c’est le cas du kit photovoltaïque). Ou bien ce dispositif se transforme pour tenir son milieu et il se pérennise, ou bien ce milieu lui échappe, « il ne l’encaisse plus, il ne le réabsorbe plus, et il perdra en existence » [Latour, 1992, p.173].

2.3 Des modes d’existence des objets techniques

Relier la diffusion d’un dispositif technique à la réalisation ou l’irréalisation de son adaptation à son environnement sociotechnique rappelle la notion du « milieu associé » fondée par Simondon [e2001] dans *Du mode d’existence des objets techniques*. Comme expliqué précédemment (en page 77), pour Simondon, l’objet technique est soumis à une genèse qu’il conçoit comme un processus de concrétisation. Ce processus est ce qui permet à l’objet technique d’évoluer progressivement, par adaptations à ses conditions internes et à ses conditions de fonctionnement, d’un état « abstrait » à un état « concret » :

standards (un interrupteur risquerait d’être un point d’entrée illicite dans le système). La faible longueur des fils a été retenue afin de maîtriser les pertes d’énergie, mais elle ne permet pas l’installation du kit sur le toit. Une installation au sol nécessite l’aménagement d’un enclos pour assurer sa protection du bétail en libre circulation.

Il existe une forme primitive de l'objet de nature « abstraite » correspondant à un assemblage d'unités matérielles plurifonctionnelles et relativement indépendantes les unes des autres. Pour son bon fonctionnement, l'objet technique nécessite d'être constitué en un système fermé par un phénomène de cohérence interne à travers lequel les fonctions de ses différentes unités structurales convergent en une unité fonctionnelle. La réalisation d'une cohérence interne amène l'objet technique à se rapprocher du mode d'existence d'un objet « naturel » ou « concret » : « L'objet technique abstrait, c'est à dire primitif, est très loin de constituer un système naturel ; il est la traduction en matière d'un ensemble de notions et de principes scientifiques séparés les uns des autres en profondeur, et rattachés seulement par leur conséquences qui sont convergentes pour la production d'un effet recherché (...). Au contraire, l'objet technique concret, c'est-à-dire évolué, se rapproche du mode d'existence des objets naturels, et tend vers la cohérence interne, vers la fermeture du système des causes et des effets qui s'exercent circulairement à l'intérieur de son enceinte, et de plus il incorpore une partie du monde naturel qui intervient comme condition de fonctionnement, et fait ainsi partie du système des causes et des effets » [Simondon, e2001, p.46].

L'adaptation aux conditions de fonctionnement est soit une adaptation de l'objet technique aux conditions humaines et matérielles de sa production⁸¹ ; soit une adaptation à la tâche pour laquelle il est fait. Dans les deux cas, l'objet technique reçoit une spécialisation exagérée, que Simondon nomme l'« hypertélie », rendant l'objet fragile face aux éventuels changements des conditions de fabrication ou de fonctionnement. Pour illustrer ses propos, Simondon cite l'exemple du moteur à réaction d'un avion adapté aux hautes altitudes dont le fonctionnement pourrait être gêné à basse altitude, en particulier pour atterrir et décoller⁸².

La désadaptation consécutive à l'hypertélie pourrait être limitée sous une nouvelle forme d'adaptation. Il s'agit de l'adaptation au milieu extérieur selon les conditions définies par la mise en relation de l'objet technique et son environnement. Ce milieu est le « milieu associé », il est ce par quoi l'objet technique s'auto-conditionne aux conditions de ses

⁸¹ « Chaque objet peut utiliser au mieux les caractères électriques, mécaniques ou encore chimiques des matériaux qui le constituent » [Simondon, e2001, p.50].

⁸² « La grande vitesse atteinte par un avion à réaction devient un caractère assez paralysant lorsqu'il s'agit de prendre contact avec le sol ; la réduction de la surface importante, allant de pair avec l'usage du moteur à réaction, oblige à atterrir à très grande vitesse (presque la vitesse de croisière d'un avion à hélice) ce qui nécessite une piste d'atterrissage très longue » [Simondon, e2001, p.50].

possibilités de fonctionnement et précise le mouvement de son adaptation dans le sens de son autonomie et de sa concrétisation. « Comme une voûte qui n'est stable que lorsqu'elle est achevée, cet objet remplissant une fonction de relation, ne se maintient et n'est cohérent qu'après qu'il existe et parce qu'il existe ; il crée de lui même son milieu associé (...) » [Simondon, e2001, p.56]. C'est le cas par exemple du moteur de la locomotive⁸³ qui à la rencontre de son milieu technique et son milieu géographique, s'adapte en incorporant les deux à la fois [Simondon, e2001, pp.52-53]. Il devient médiateur de la relation entre l'environnement technique et l'environnement naturel au sein duquel il fonctionne.

Ainsi le « mode d'existence » d'un objet technique serait à la fois ses conditions de fonctionnement internes et externes, mais aussi les évolutions par lesquelles ces modalités de fonctionnement tendent à se rapprocher du mode d'existence des « objets naturels ». Cette approche est intéressante pour aborder des dispositifs techniques dans la mesure où elle permet de considérer les objets dans leur rapport au monde. Cependant, elle présente des limites pour appréhender la dimension organisationnelle d'un dispositif technique. Les acteurs humains (et leurs logiques d'action) sont quasiment inexistantes. Or les dispositifs techniques sont aussi des dispositifs organisationnels. Ils dépendent pour leur conception, leur réalisation, leur entretien, etc. d'organisations.

3 Partis pris et hypothèses de recherche

La diffusion des objets et des dispositifs techniques peut donc être analysée comme un processus à travers lequel ces objets et dispositifs s'associent avec le milieu sociotechnique nécessaire à leur existence, soit en se constituant un milieu sociotechnique propre, soit en se déployant dans un milieu sociotechnique existant. Ce faisant, ils trouvent une place dans le

⁸³ Le réseau de distribution d'énergie fourni par le courant alternatif triphasé à haute tension ne permet pas la traction des trains. Contrairement à un moteur d'usine – fixe, qui démarre à charge nulle et ne fournit une grande quantité d'énergie mécanique que lorsqu'il a atteint sa vitesse de régime – le moteur de la locomotive démarre à pleine charge (avec l'inertie du train). Il a besoin d'un minimum d'énergie quand il a atteint sa vitesse de régime pour maintenir une vitesse constante, et ne fournit un maximum d'énergie que pendant les régimes transitoires (accélération ou freinage selon le profil de la voie). L'adaptation du moteur de la locomotive au courant continu du réseau triphasé (transformateurs, redresseurs, etc.) permet de l'adapter énergétiquement au réseau de distribution d'énergie mais aussi aux conditions géographiques et météorologiques représentées par le profil de la voie, la résistance du vent, et éventuellement de la neige que la locomotive repousse et écarte.

monde et sont appropriés aux activités quotidiennes. Autrement dit, l'adoption et la diffusion d'un objet technique résulteraient de son appropriation au milieu sociotechnique dans lequel il aura à s'insérer. Cette appropriation est technique, organisationnelle, réglementaire, politique, économique et sociale. Elle tiendrait dans la capacité de cet objet à être mobilisable et mobilisé dans l'activité sociale, c'est-à-dire à s'actualiser dans des usages existants ou à en susciter de nouveaux.

Cette approche nous conduit à relier la question d'adoption et de diffusion de l'autosurveillance des réseaux d'assainissement à celle de son appropriation au milieu sociotechnique existant. L'adoption et la diffusion de cette autosurveillance résulteraient de son appropriation à ce milieu. Cette appropriation tiendrait dans la capacité de l'autosurveillance à être mobilisable et mobilisée dans les activités de gestion des systèmes d'assainissement, c'est-à-dire d'y trouver des usages (en particulier ici le suivi du fonctionnement des réseaux d'assainissement) et des organisations pour assurer son existence.

Cette manière de poser le problème nous engage à orienter l'enquête vers les milieux sociotechniques existants et à porter une attention particulière aux objets : à la fois les dispositifs techniques impliqués dans l'autosurveillance et les objets intermédiaires qui circulent entre les acteurs. De fait, ce travail considère la manière dont les activités liées à l'autosurveillance s'effectuent et mobilisent des objets à partir des traces laissées par ces activités⁸⁴, essentiellement les données produites. Ces données, comme objets intermédiaires, donnent accès à l'ensemble des acteurs et des dispositifs techniques engagés dans ces activités. Le suivi de ces données et leur différentes traductions permet de restituer ces activités et par là le milieu sociotechnique associé aux dispositifs. Pour cela, le dispositif d'enquête s'attache à suivre ces données et s'intéresse à leur production et exploitation (recueil, traitement, validation, valorisation) ainsi qu'aux objets et dispositifs techniques mobilisés dans ces activités.

⁸⁴ « Les traces sont les indices matériels plus au moins permanents produits par l'activité. Par exemple, les brouillons, les réponses intermédiaires ou finales portées sur le papier sont autant que traces. (...) Comme le dit son nom, la trace n'est qu'une information partielle de l'activité qui l'a produite » [Vermersch, e2019, p.12].

Une enquête exploratoire a été réalisée en 2012 [Baati et *al.*, 2012]. Elle impliquait un travail bibliographique et documentaire, et des entretiens auprès d'acteurs lyonnais. Cette enquête a permis d'établir le cadre légal (textes législatifs et réglementaires nationaux et européens) qui s'applique à l'autosurveillance des réseaux d'assainissement. Ce cadre se révèle assez contraignant. La démarche d'autosurveillance qui en découle définit des normes techniques relatives à l'emplacement et au type des mesures, précise le rôle et les relations entre les acteurs concernés par cette démarche, et codifie de nouveaux objets intermédiaires (manuels d'autosurveillance, bilans, bases de données, etc.). La mise en œuvre de cette démarche est contrôlée par l'agence de l'eau et la police de l'eau.

L'enquête a également permis de repérer certaines difficultés soulevées par la mise en œuvre de cette démarche :

- L'autosurveillance des réseaux d'assainissement nécessite la réalisation d'études longues pour l'optimisation de l'emplacement des sites de mesure et le choix du matériel adéquat. Elle conduit parfois à des modifications coûteuses des ouvrages pour permettre l'installation du matériel, surtout au voisinage des déversoirs d'orage.
- La réalisation de mesures est compromise par les conditions pratiques de mesurage dans les réseaux. L'atmosphère humide, la qualité des effluents et les variabilités temporelles et saisonnières des régimes hydrauliques constituent des contraintes non seulement pour le mesurage mais aussi pour la pérennité des instruments de mesure.
- Ces contraintes soulèvent l'enjeu de la fiabilité des résultats de mesure et de leur valorisation pour des fins d'exploitation du système d'assainissement (par exemple, la modélisation hydraulique).
- L'autosurveillance conduit à des changements techniques et organisationnels. Elle oblige à la mobilisation de moyens matériels, humains et financiers adaptés.

Les résultats de cette enquête nous conduisent à formuler les hypothèses suivantes sur les rapports entre l'autosurveillance et le milieu sociotechnique existant ainsi que sur les finalités et les modes d'appropriation de l'autosurveillance déployée :

- Les difficultés observées résulteraient de désajustement entre les dispositifs techniques et organisationnels mis en place pour assurer cette autosurveillance, et le milieu sociotechnique existant.

- La réglementation serait une fin en soi. En ce sens, la satisfaction des prescriptions réglementaires deviendrait l'objet de la démarche d'autosurveillance au détriment des préoccupations environnementales à l'origine de cette démarche et qui constituent son ancrage dans l'assainissement urbain. Dans ce cas, la valorisation de l'autosurveillance se réduirait à l'observation des normes réglementaires ;
- L'autosurveillance n'aurait d'ancrage dans le milieu sociotechnique que réglementaire et économique. Le rôle de l'agence de l'eau semble prédominant dans la structuration de cette démarche (contrôle de la conformité de l'autosurveillance déployée aux exigences réglementaires et financement d'une partie des investissements nécessaires pour la mise en place de cette autosurveillance).

Chapitre 3

Terrain et méthodes d'enquête

Afin de répondre aux objectifs de la recherche et de vérifier les hypothèses posées, ce travail s'appuie sur une enquête de terrain qui a visé à renseigner les modalités de mise en œuvre de l'autosurveillance des réseaux d'assainissement par les gestionnaires partenaires du projet MENTOR : Métropole de Lyon et Nantes Métropole⁸⁵. Le protocole d'enquête comprend une recherche documentaire, des entretiens auprès des acteurs mobilisés dans le suivi et le contrôle des réseaux d'assainissement, et des observations de ces activités⁸⁶. Initialement, un dispositif d'observation participante a été envisagé. Par observation participante nous entendons un dispositif dans lequel l'observateur s'immerge dans le travail des enquêtés et partage leurs activités pour mieux les observer. En raison des contraintes réglementaires et organisationnelles, ce dispositif a évolué vers un dispositif d'observation *in situ* avec un observateur présent sur le lieu de l'action, mais en retrait par rapport à cette action. La mise en œuvre de ce dispositif d'observation *in situ* diffère selon les collectivités pour tenir compte des spécificités des services enquêtés. L'objet du présent

⁸⁵ Une troisième étude de cas, Colmar Agglomération, a été abandonnée suite aux difficultés de réalisation des premières études de cas (cf. sous-section 2.1).

⁸⁶ Note aux lecteurs : les références aux discours des personnes interviewées et aux données recueillies par observation sont mentionnées entre crochets et comprennent la nature du matériau d'enquête utilisé (entretien ou journal d'enquête) et un code correspondant à la date (aa/mm/jj) de l'entretien ou de la séance d'observation en commençant par EN (pour entretien) ou CR (pour compte rendu d'observation) (exemples : [entretien, EN141004], [Journal d'enquête, CR140516]). Ces références sont regroupées en Annexe 3 et Annexe 4 dans des tableaux qui proposent des informations complémentaires. Les "a", "b" et "c" suivant la date d'un entretien signalent que ces entretiens ont été réalisés à la même date (exemples : EN130918a, EN130918b, EN130918c). Enfin, les enquêtés sont anonymisés par le changement de leurs noms et le floutage de leurs photos. Les personnes interviewées sont désignées par "Madame XX [fonction]" ou "Monsieur XX [fonction]". Les acteurs observés sont cités selon un code d'anonymisation "X0n" (exemples : X01, X03) ; avec n : position de l'acteur dans la liste de classement des personnes observées par ordre alphabétique.

chapitre est d'expliciter les méthodes de recherche mobilisées. Pour ce faire, les caractéristiques générales des agglomérations étudiées seront présentées, de façon à rendre compte de l'intérêt que chacune d'entre elles présente pour les questions abordées dans ce travail (1). La section suivante décrit l'évolution du protocole de recherche au fil de l'avancement de l'enquête (2). Enfin, nous examinerons le protocole d'enquête mis en œuvre et les méthodes utilisées ; les conditions de l'enquête ainsi que les difficultés rencontrées notamment celles relatives aux particularités du milieu étudié, les réseaux d'assainissement, seront aussi décrites (3).

1 Présentation des études de cas

L'enquête de terrain consiste à étudier les conditions d'adoption et de diffusion de l'autosurveillance des réseaux d'assainissement dans deux collectivités locales : la Métropole de Lyon et Nantes Métropole. Ce choix n'avait pas pour objectif de comparer la mise en œuvre de l'autosurveillance dans les deux agglomérations étudiées, mais plutôt de renseigner une problématique commune à deux terrains. Les cas étudiés présentent des organisations différentes de leur service de gestion de l'eau et de l'assainissement. Celui-ci relève directement de la Métropole de Lyon (depuis 1966) ; il est géré pour le territoire nantais par des opérateurs publics et privés. L'agglomération lyonnaise constitue le terrain principal à partir duquel ont été élaborés le protocole d'enquête et les hypothèses de recherche. Elle est un cas particulier du bassin Rhône-Méditerranée-Corse (RMC) du fait du nombre considérable de ses déversoirs d'orage (près de 400 déversoirs d'orage situés sur des réseaux unitaires). Pour l'agglomération nantaise, les surverses fréquentes des réseaux séparatifs d'eaux usées dans les cours d'eau sensibles à cause de la présence des eaux claires parasites dans ces réseaux, constituent une source de pollution préoccupante et font l'objet d'un suivi particulier dans le cadre d'un zonage de déversement dans les milieux sensibles. Les bassins de collecte des réseaux séparatifs qui enregistrent des durées de surverses les plus importantes sont classés en zones prioritaires d'intervention, appelées "zones rouges".

Dans les deux cas, les systèmes de mesure ont été introduits dans les années 1990 à la suite de la publication de l'arrêté relatif à la surveillance des ouvrages de collecte et de traitement des eaux usées mentionnées aux articles L. 373-1-1 et L. 372-3 du Code des

communes. L'instrumentation des réseaux d'assainissement en dispositifs de mesure se fait en collaboration avec des chercheurs du Laboratoire de Génie Civil et Ingénierie Environnementale (LGCIE) de l'INSA de Lyon⁸⁷, et avec des chercheurs du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC) de Nantes⁸⁸. Ces chercheurs contribuent à l'étude du fonctionnement hydraulique des réseaux, participent à la qualification et au choix des points de mesure, et à la définition des procédures de validation des résultats.

1.1 Le cas lyonnais

L'agglomération lyonnaise comporte 59 communes réparties sur 533 km² et compte 1,3 millions d'habitants. Entre 1969 et 2014, le regroupement de ses communes forme la communauté urbaine de Lyon, La Courly puis le Grand Lyon, qui fait place à la Métropole de Lyon le 1^{er} janvier 2015. Le service public de l'assainissement est géré en régie directe⁸⁹ par la Métropole de Lyon⁹⁰ pour toutes les communes de son territoire. Le patrimoine est composé de :

- 3 181 km de réseaux enterrés dont 606 km de collecteurs visitables : ce réseau est composé de 1 841 km de réseau unitaire et de 1 340 km de réseau séparatif (913 km pour les eaux usées et 427 km pour les eaux pluviales) ;
- 397 déversoirs d'orage ;
- 12 stations de traitement des eaux usées ;
- 80 postes de relèvement et de refoulement ;
- 135 bassins de rétention et 56 bassins d'infiltration des eaux pluviales.

⁸⁷ Aujourd'hui Laboratoire de Déchets Eaux Environnement Pollution (DEEP) : <https://www.ifsttar.fr/accueil/>

⁸⁸ L'actuel Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR) : <https://www.ifsttar.fr/accueil/>

⁸⁹ La régie directe est un mode de gestion suivant lequel une collectivité locale assure elle-même l'exploitation du service (elle gère le réseau, l'entretient, le renouvelle, relève les compteurs et facture aux abonnés).

⁹⁰ Les compétences de l'assainissement détenues par le Grand Lyon ont été reprises par la Métropole de Lyon. L'organisation de ce service n'a pas évolué. Les enquêtes portant sur l'agglomération lyonnaise ont été réalisées avant le 1^{er} janvier 2015. Nous utilisons l'appellation Grand Lyon lors de la présentation du protocole d'enquête et de la situation avant 2015, et Métropole de Lyon pour désigner la collectivité territoriale.

La collectivité territoriale s'engage à partir de 1996 dans les activités de modélisation et de surveillance de son réseau d'assainissement. Les années 1990 et 2000 sont une période d'expérimentation et de mise au point des dispositifs techniques et organisationnels nécessaires au développement de ces activités. A partir de 2010, les activités de surveillance tendent à se pérenniser et s'inscrivent dans un programme quadriennal d'instrumentation validé par l'agence de l'eau RMC et la police de l'eau. Le réseau de métrologie lyonnais est composé de 24 sites de mesure répartis sur l'ensemble du territoire de la Métropole de Lyon :

- dix sites de mesure installés au voisinage des déversoirs d'orage : ils visent à quantifier les flux rejetés au milieu naturel (mesure de hauteur d'eau et/ou de la vitesse d'écoulement) ;
- dix sites de mesure installés sur des collecteurs à des points caractéristiques du réseau : il s'agit d'évaluer les flux de transit (mesure de hauteur d'eau et/ou de la vitesse d'écoulement) ;
- quatre sites de mesure à l'exutoire de zones industrielles : ils ont pour objectif de quantifier et de qualifier les flux (mesure de hauteur d'eau et/ou de la vitesse d'écoulement, du pH, de la conductivité, de la température et d'autres paramètres physico-chimiques selon la nature des flux drainés).

1.2 Le cas nantais

L'agglomération nantaise s'étend sur 523 km² et compte près de 600 000 habitants répartis sur 24 communes. Elle est organisée depuis 2001 sous la forme d'une communauté urbaine, Nantes Métropole, devenue compétente en matière d'eau et d'assainissement. Elle peut assurer une gestion directe ou déléguée de ce service. A Nantes Métropole, les services de l'eau relèvent de deux grands acteurs : l'autorité organisatrice et les opérateurs (ou les exploitants).

L'autorité organisatrice, représentée par la Direction du Cycle de l'Eau (DCE), définit et détermine la politique publique de l'eau et de l'assainissement poursuivie par la communauté urbaine et les moyens de sa mise en œuvre par la fixation du niveau de service rendu et sa tarification. Elle évalue et contrôle la conduite et la conformité des opérations

menées par les opérateurs publics et privés. Elle assure la gestion et la maîtrise d'ouvrage pour la création de nouvelles infrastructures ou leur renouvellement.

Les exploitants sont les organismes chargés par la DCE de produire un service aux usagers conformément aux obligations de résultats fixées selon la nature de leur contrat : contrat de délégation de service public pour les opérateurs privés, et contrat d'objectifs et de moyens pour les opérateurs publics. Ces derniers sont rattachés à la Direction des Opérateurs Publics de l'Eau et de l'Assainissement (DOPEA) dont les activités se répartissent entre : deux grands pôles, Assainissement et Eau Potable ; un service Clientèle ; et un Service Qualité Sécurité Environnement (QSE).

Ainsi, l'assainissement est géré par un opérateur public et des opérateurs privés. Le centre de l'agglomération est exploité en régie et fait l'objet d'un contrat opérateur public attribué à la DOPEA. Le reste du territoire est exploité via des contrats d'affermage par des opérateurs privés (SUEZ et SAUR). Tout le patrimoine assainissement est la propriété de l'autorité organisatrice. Ce patrimoine comprend :

- 4 387 de linéaire total de collecte d'effluents : ce réseau est composé de 359 km de réseau unitaire, et de 3 927 km de réseau séparatif (1 914 km pour les eaux usées et 2 114 km pour les eaux pluviales) ;
- 47 déversoirs d'orage tous placés sur le réseau unitaire ;
- 9 stations de traitement des eaux usées ;
- 381 postes de refoulement pour les réseaux séparatifs dont 120 équipés de seuils de trop-plein (surverses) ;
- 11 stations de relèvement d'eaux pluviales ;
- 2 bassins de stockage et de rétention des eaux pluviales.

Dans le cadre de l'autosurveillance des réseaux d'assainissement, un dispositif métrologique a été mis en place en deux temps. Entre 1996 et 1998, il s'agissait d'instrumenter des réseaux unitaires situés sur la communes de Nantes. Entre 2004 et 2006, l'instrumentation s'étend aux réseaux séparatifs des communes limitrophes de Nantes. Le réseau de métrologie exploité par l'opérateur public de l'assainissement (la DOPEA) comporte 86 points de mesure répartis sur 22 sites :

- 31 points de mesure de débits de transfert sur le réseau ;
- 18 points de mesure de débits de rejet au niveau de déversoirs d'orage ;
- 19 points de détection de surverse ;
- 15 pluviomètres.

2 Exploration et évolution du protocole de recherche

L'enquête de terrain vise à mieux connaître et évaluer l'appropriation de l'autosurveillance des réseaux d'assainissement aux activités de suivi et de contrôle des systèmes d'assainissement. Cela passe par l'observation des pratiques que les acteurs mettent en œuvre afin de mieux saisir la capacité des dispositifs d'autosurveillance déployés dans les agglomérations étudiées à être mobilisables et mobilisés dans les activités de surveillance des réseaux d'assainissement.

En sciences sociales, l'observation « si difficile soit-elle en réalité », est le principal outil de production des données ; l'entretien « en est le complément plus au moins indispensable » [Beaud et Weber, e2003, p.176]. Pour Alain Blanchet et Anne Gotman [e2007], l'entretien mobilisé dans des enquêtes sur les pratiques sociales, ne vise pas simplement de décrire les pratiques des enquêtés, mais aussi de les « faire parler sur ». Ainsi, en leur faisant décrire et raconter leurs pratiques, l'interviewer vise la production d'un discours qui décrit « l'état des choses ». Autrement dit, il cherche le prélèvement d'informations permettant la restitution du déroulement des actions et des enjeux tels qu'ils sont articulés dans les activités quotidiennes des enquêtés. Mais produire ce discours sur les pratiques comporte toujours un certain nombre de risques inhérents, selon Blanchet et Gotman, à deux principaux facteurs : l'« objectivation » du discours de l'interviewé ; et la « régionalisation des représentations ».

L'objectivation renvoie au fait que lorsqu'il parle, l'interviewer ne livre pas un matériau langagier déjà constitué, mais il le construit en parlant. Il opère ainsi une transformation de son expérience « en passant du registre procédural (savoir-faire) au registre déclaratif (savoir-dire) ». Les faits existent en tant que réalité vécue, cependant ils sont fabriqués au cours du processus interlocutoire : « explicitant ce qui n'était pas encore qu'implicite, s'expliquant sur ce qui jusqu'ici allait de soi, extériorisant ce qui était intériorisé, l'interviewé (...) peut vouloir reculer autant devant la nouveauté de ces propos que devant

leur incongruité » [Blanchet et Gotman, e2007, p.25]. La régionalisation des représentations évoque le fait que tous les comportements « ne sont pas formulables n'importe où, ni dans n'importe quelle circonstance », mais qu'ils sont structurés « en régions plus au moins étanches et hiérarchisées » [Blanchet et Gotman, e2007, p.26]. Ce qui peut se traduire plus prosaïquement par "on ne dit pas n'importe quoi à n'importe qui n'importe où". Ces risques rendent compliquée l'appréhension des pratiques sociales par la production de données verbales. Ils conduisent à privilégier des méthodes permettant de saisir les activités sociales dans leur contexte « naturel », dans un contexte « non artificiel » [De Sardan, 2001]. Pour cela, plusieurs outils méthodologiques sont à disposition de l'enquêteur : l'observation participante, l'observation directe et les entretiens *in situ* ou d'explication ouvrant la possibilité aux enquêtés de se remettre en situation d'action. Le choix des méthodes d'investigation peut être amené à être reconsidéré au cours de l'enquête et susciter des rectifications.

Cette section vise à décrire l'évolution de l'élaboration du choix des méthodes dans les premières étapes de l'enquête de terrain. Elle montre en quoi les informations recueillies lors du travail exploratoire ont amené à la redéfinition de la méthode d'observation pour la suite de l'enquête.

2.1 L'enquête exploratoire

La première phase de l'enquête a consisté à mener une recherche documentaire et des entretiens exploratoires. L'objectif étant de prendre connaissance de la situation des dispositifs d'autosurveillance : identification de leur constitution matérielle et organisationnelle, historique de leur mise en œuvre dans les agglomérations étudiées, et leur évolution. Il s'agissait d'aborder le terrain d'une manière large de façon à appréhender des phénomènes non envisagés jusque-là et prendre en compte les difficultés et conditions imprévues.

La recherche documentaire et bibliographique traite du cadre légal qui régit les activités de suivi et de contrôle des systèmes d'assainissement. Elle concerne également la métrologie des réseaux et le fonctionnement général des dispositifs techniques impliqués dans ces activités. Elle a porté sur des textes législatifs et réglementaires ; des notes et documents techniques ; des rapports de stratégies et d'orientation ; des plaquettes de présentation des

ouvrages et des activités étudiées ; des manuels d'hydrologie et des articles scientifiques. Les informations recueillies ont permis de dresser l'historique de la mise en œuvre des dispositifs d'autosurveillance, d'éclairer les facteurs et raisons amenant à l'émergence des systèmes de mesure dans les réseaux d'assainissement des agglomérations étudiées, et d'appréhender la manière dont ces systèmes ont évolué. Bien que l'enquête de terrain visait à renseigner les activités liées à l'autosurveillance, il s'avérait nécessaire de considérer les réseaux d'assainissement bien antérieurs aux systèmes de mesure datant des années 1990. Ainsi, rendre compte des activités de surveillance nécessite de considérer les dispositifs préexistants, c'est-à-dire cet environnement sociotechnique que constituent les réseaux d'assainissement, leur évolution, et l'histoire de leur mise en œuvre. La recherche documentaire a également permis de restituer le cadre légal des activités de surveillance des réseaux d'assainissement et d'établir un premier recensement des objets intermédiaires et dispositifs techniques mobilisés dans ces activités.

Ces résultats ont orienté la réalisation des premiers entretiens auprès des acteurs lyonnais. Les acteurs contactés étaient ceux visés par la réglementation, et les interviews ont été effectuées autant que possible dans l'ordre d'apparition de ces acteurs dans la démarche réglementaire d'autosurveillance. Cet ordre suit la circulation des données produites entre les acteurs. Les entretiens réalisés visaient à faire décrire un état des choses. Par exemple, décrire le processus de recueil et de traitement des résultats de mesure, préciser un organigramme et le rôle des individus mobilisés dans les activités de surveillance des réseaux d'assainissement, expliciter les raisons de mise en œuvre de l'autosurveillance. L'analyse thématique de ces entretiens a permis d'esquisser des résultats sur l'organisation des activités liées à l'autosurveillance des réseaux d'assainissement et sur le rôle de la réglementation dans cette organisation.

L'enquête exploratoire était aussi l'occasion d'acquérir des connaissances préalables sur le milieu étudié et le contexte environnant des situations d'action que nous projetons d'observer. Par rapport aux espaces urbains ouverts, les sites de mesure constituent un milieu « fermé » et « difficile » [Arborio et Fournier, e2005]. Selon Magali Boumaza et Aurélie Campana [2007], la difficulté peut être inhérente à l'objet étudié ou induite par son contexte. Elle conditionne dès le départ les méthodes d'enquête ou impose de les réviser. Le trait commun qui caractérise les terrains difficiles est « le danger qui les entoure », qu'il

soit physique – le danger ambiant incarné par l’environnement de l’enquête – ou émotionnel qui fait naître des sentiments d’insécurité ou des réactions tels que la peur, la crainte et le dégoût [Boumaza et Campana, pp.11-14]. Enquêter sur les pratiques d’autosurveillance des réseaux d’assainissement implique une présence de l’enquêteur sur les sites de mesure pour observer les activités des acteurs en surface et dans les réseaux. L’entrée sur les sites de mesure est soumise à un certain nombre de règles. La présence sur ces lieux, en tant que visiteur, nécessite de solliciter une demande d’autorisation d’"occupation d’ouvrage" plus au moins longue à obtenir. Dans le cadre d’études, cette occupation doit faire l’objet d’une convention de "stage pour étude" qui fixe les durées d’investigation à l’avance. La présence du stagiaire sur un site de mesure entraîne également la mise en œuvre de mesures de protection et de sécurité en particulier dans des situations d’observation difficiles dans le réseau à proximité des points de mesure. Pour cela, le stagiaire doit participer à une formation "accueil sécurité" au même titre que n’importe quel autre nouvel arrivant. En effet, les égouts forment un milieu insalubre et confiné⁹¹ qui comporte des risques : obscurité ; humidité ; eau dont le débit peut brutalement varier ; présence possible d’animaux sauvages ; circulation de rejet chimiques divers qui peuvent contaminer l’air ambiant ; et surtout des réactions biochimiques propres aux espaces humides et riches en matière organiques, consommant de l’oxygène de l’air et produisant un gaz toxique, le sulfure d’hydrogène (H_2S), et du biogaz, type méthane (CH_4) extrêmement inflammable. Pour sa sécurité, les conditions d’accueil du stagiaire impliquent que celui-ci soit accompagné par une personne spécifique dans les réseaux. Ainsi, l’observation des activités dans les réseaux nécessite la mobilisation d’une personne supplémentaire.

L’enquête exploratoire a également révélé que les activités d’instrumentation des réseaux (choix et installation des appareils de mesure, travaux de génie civil, installation de matériels d’acquisition de mesures, etc.) sont peu fréquentes. Dans les collectivités étudiées, les dispositifs métrologiques sont en grande partie installés. Ces activités sont exceptionnelles. Les activités régulières concernent la vérification des installations de mesure, leur entretien, et l’exploitation des données produites (traitement et validation des

⁹¹ Un espace confiné est un lieu dont le rapport volume/dimension d’ouverture est tel que les échanges naturels de l’air intérieur avec l’atmosphère extérieure sont particulièrement réduits [INRS, 2004].

résultats de mesure, mise en forme de ces résultats et leur transmission aux instances de contrôle : agence de l'eau et police de l'eau).

Compte tenu de ce contexte, un ajustement méthodologique s'est avéré nécessaire.

2.2 Ajustement du dispositif d'observation

La méthode d'enquête par observation a évolué au fil de l'avancement de l'enquête. Dans un premier temps, le protocole d'observation envisagé a consisté en une observation participante des activités de surveillance des réseaux d'assainissement en vue de rendre compte des pratiques telles qu'elles sont observables à partir des comportements des individus et des dispositifs présents.

L'enquête par observation participante permet à l'enquêteur de vivre la réalité des sujets observés dont il est lui même membre, et de pouvoir comprendre « certains mécanismes difficilement décryptables pour quiconque demeure en situation d'extériorité » [Soulé, 2007, p.128]. L'observation participante peut être réalisée sans que les enquêtés ne soient prévenus et n'aient donné leur accord. L'enquêteur peut aussi être connu en tant qu'observateur extérieur de la part des enquêtés. En observation participante, l'observateur rend compte de ses observations en tant que membre d'un groupe. Il prend le rôle des acteurs dont il se propose d'étudier le comportement, ce qui implique son engagement dans une interaction de longue durée avec ces acteurs [De Sardan, 2001]. Cette immersion prolongée de l'observateur dans le quotidien des enquêtés lui donne un accès privilégié à des informations inaccessibles au moyens d'autres méthodes d'enquête.

En raison des difficultés pratiques et organisationnelles relatives aux propriétés du milieu étudié nous avons donc repris la méthode d'observation initialement prévue. Pour conserver un caractère *in situ* des observations, nous avons opté pour un dispositif d'observation directe : « sur les terrains a priori les plus fermés, que ce soit pour des raisons institutionnelles ou autres, l'observation directe des pratiques est donc la plus efficace pour pallier les défauts des méthodes fondées sur le recueil de discours comme l'entretien ou le questionnaire » [Arborio et Fournier, e2005, p.22]. Les réponses aux questions constituent généralement des synthèses ou des généralisations des pratiques. La personne interrogée exprime une sorte de synthèse de son expérience et de ses actes suscitée par la question.

Dans la plupart des cas, le discours recueilli restitue le « comportement moyen » de la personne [Peretz, 1998]. Il existe également des écarts entre le discours donné et les pratiques. L'interviewé peut tenir un discours « très positif » de ses pratiques, il n'évoque que rarement les problèmes qu'il rencontre [Diaz, 2005]. Il peut aussi formuler des réponses contraires à son comportement habituel et conformes à ce qu'il croit être l'attente de l'interviewer.

D'une façon générale, l'observation directe des pratiques vise à connaître le fonctionnement ordinaire d'un milieu social. Elle consiste à observer les comportements des individus dans les lieux de leurs activités sans en modifier le déroulement ordinaire. L'observateur est présent sur place parmi les acteurs observés, il assiste aux gestes et aux actes qui produisent leurs actions, écoute leurs échanges verbaux, inventorie les objets dont ils s'entourent, qu'ils échangent ou produisent. Selon Henri Peretz [1998], l'observation directe est particulièrement « féconde » pour enquêter sur les pratiques des acteurs travaillant ou agissant dans « des milieux très réglementés, fortement institutionnalisés » [Peretz, 1998, p.21].

L'observateur est accepté comme tel au sein d'une organisation régie par des règles formelles et hiérarchisées. L'observation directe permet d'appréhender la mise en œuvre des règlements et de certains aspects importants comme la division du travail, l'emploi du temps, la hiérarchie des tâches et des fonctions, la sécurité ou l'hygiène. Présent sur les lieux, l'enquêteur examine l'application, la transgression et la réinterprétation par les acteurs observés de ces différents aspects dans le déroulement quotidien de leurs activités. Il saisit ainsi la division effective et non simplement formelle des tâches entre les différentes catégories d'acteurs impliqués dans ces activités. Dans le même temps, il examine comment ces acteurs manipulent les objets et les instruments et voit à l'œuvre leurs actes, les savoir-faire et les compétences qu'ils mobilisent. La présence sur les lieux, permet aussi à l'enquêteur de saisir les aspects changeants ou non inscrits dans les règlements et d'enregistrer les variations « quotidiennes ou saisonnières » dans le déroulement des activités du milieu étudié. « Ces variations sont celles qui pèsent sur toute activité sociale ou celles spécifiques à ce milieu » [Peretz, 1998, p.26]. Ainsi l'observateur pourra enregistrer les activités routinières et exceptionnelles des enquêtés.

Pour mettre en œuvre ce dispositif d'observation directe, deux conventions de stage ont été signées entre le laboratoire EVS-INSA de Lyon et le Grand Lyon, et le laboratoire EVS-INSA de Lyon et Nantes Métropole. Les activités observées concernent l'entretien et la vérification du fonctionnement des dispositifs métrologiques développés par les collectivités territoriales, et l'exploitation des résultats de mesure. Les durées d'observation tiennent compte de l'organisation des activités au sein de ces collectivités. Elles sont discutées et fixées par les responsables des services mobilisés.

3 Les dispositifs de l'enquête

Le protocole d'enquête mis en œuvre comprend des entretiens auprès des acteurs impliqués dans les activités de surveillance des réseaux d'assainissement, et des observations directes de ces activités. A côté de ces dispositifs d'enquête formels, les réunions du consortium sont aussi l'occasion de recueillir des informations sur les pratiques de mesure dans les réseaux de la part des praticiens et des chercheurs participants. Elles sont organisées tous les six mois et rassemblent des partenaires du projet (chercheurs et acteurs opérationnels). Le corpus de travail est composé de sources écrites, de notes écrites, de photographies, d'enregistrements audio des observations, de transcriptions d'entretiens et de dialogues en situation. L'objectif de cette section est de présenter les dispositifs de l'enquête et les conditions de sa réalisation. Plus particulièrement, seront décrites les difficultés rencontrées lors de l'enquête par observation directe. Elles sont essentiellement liées aux propriétés du milieu observé et aux situations d'observation spatialement dispersées. Les moyens de recueil et d'enregistrement des données observées seront aussi précisés.

3.1 Les entretiens

Les entretiens ont été réalisés avant et après les observations *in situ*. Les entretiens avant les observations visaient à recueillir des informations sur l'organisation des activités de surveillance des systèmes d'assainissement au sein des collectivités territoriales : services mobilisés ; répartition des activités entre les services ; relations avec les agences de l'eau et la police de l'eau, les acteurs privés (bureaux d'études, EDF, entreprises de réalisations, etc.) et les acteurs de la recherche ; modalités d'exploitation des données (traitement, examen et validation des résultats de mesure) ; les protocoles en vigueur. Ces entretiens étaient l'occasion d'un premier contact avec les services enquêtés et permettaient de

préparer la mise en œuvre du dispositif d'observation. Les entretiens après les observations consistaient à compléter les informations recueillies et à revenir avec les acteurs sur des situations d'action précises pour leur demander de les expliciter.

Les personnes interviewées appartiennent à la Direction de l'Eau de la Métropole de Lyon ; à la Direction des Opérateurs Publics de l'Eau et de l'Assainissement (DOPEA) de Nantes Métropole ; à l'agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse⁹² (RMC) ; et au Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie⁹³. Les entretiens concernant les personnels des collectivités territoriales sont organisés avec les correspondants du projet MENTOR pour ces collectivités⁹⁴. Ceux-ci nous ont aidé à identifier les personnes à interviewer au sein de leur organisation. L'enquête auprès des acteurs de l'agence de l'eau RMC a permis d'approfondir les connaissances sur la démarche d'autosurveillance appliquée aux réseaux d'assainissement : études préalables nécessaires pour l'instruction des dossiers ; études et validation des dossiers ; validation des données transmises par les exploitants des réseaux ; moyens financiers (primes pour épuration et aides pour l'autosurveillance).

Ce dispositif s'appuie sur 17 entretiens : 11 entretiens ont été réalisés en 2012 et 2013 à Lyon, et 6 entretiens ont eu lieu entre septembre et novembre 2014 à Nantes (cf. Annexe 3–Récapitulatif de l'enquête par entretien). Ces entretiens s'appuient sur une grille thématique qui guide la production du discours. Les discours recueillis sont enregistrés, transcrits⁹⁵, puis analysés selon un découpage thématique du corpus produit.

3.2 Les observations directes

Les observations concernent les activités des acteurs engagés dans la mise en œuvre de l'autosurveillance des réseaux d'assainissement. Ces activités sont organisées différemment

⁹² L'agence de l'eau RMC compte quatre délégations régionales. Le siège situé à Lyon est composé de trois directions : la Direction de la planification et de la programmation ; la Direction des interventions et des bassins Eaux Résiduaires Urbaines (ERU)-baignade-réseaux ; la Direction des données, redevances et relations internationales.

⁹³ Cet entretien visait à expliciter des éléments de la réglementation et des conditions de contrôle par l'Etat de son application.

⁹⁴ Il s'agit pour la Métropole de Lyon du responsable de l'unité Surveillance et pilotage des flux, et pour Nantes Métropole du responsable du Pôle Assainissement.

⁹⁵ A l'aide du logiciel Express-ScribeTM.

selon les collectivités territoriales. Dans l'agglomération lyonnaise, ces activités sont le fait d'une équipe spécifique, l'équipe Métrologie réseau qui dépend de l'unité Surveillance et pilotage des flux du service Exploitation réseau au sein de la Direction de l'Eau du Grand Lyon⁹⁶. Cette équipe créée en 2000, a la charge de la gestion et l'exploitation du réseau de métrologie lyonnais. Elle est composée de huit personnes, dont un responsable, un responsable adjoint, deux chefs d'équipe et quatre agents. Dans l'agglomération nantaise, les activités de surveillance des réseaux sont menées dans le cadre de campagnes qui ont lieu deux fois par an. Pour ces campagnes, une équipe est constituée de façon *ad hoc* avec des agents du pôle Assainissement de Nantes Métropole⁹⁷.

En raison de ces différences dans l'organisation des activités, le dispositif d'observation directe varie selon les collectivités territoriales⁹⁸ : à Lyon, les séances d'observation sont ponctuelles et régulières, elles sont décidées quotidiennement suivant le planning de l'équipe Métrologie réseau ; à Nantes les séances d'observation concernent la campagne réalisée en octobre 2014, elles se sont étendues sur deux semaines. Compte tenu de l'état d'instrumentation des réseaux d'assainissement dans les deux agglomérations étudiées, l'installation de nouveaux instruments de mesure est assez rare et n'a pu être observée. Les observations réalisées ont porté en particulier sur :

- l'exploitation des systèmes de mesure mis en place : maintenance et vérification du bon état de fonctionnement des instruments de mesure et de transmission automatique des résultats de mesure, programmation des préleveurs automatiques des échantillons d'eaux usées, récupération *in situ* des résultats de mesure, essais d'armoires électriques de commandes ;
- l'exploitation des données : traitement, examen, validation et mise en forme des résultats de mesure.

La qualité et la forme des matériaux recueillis dépendent des propriétés des lieux d'enquête et de la position occupée par l'enquêteur lors de son travail d'observation. Dans ce qui suit, nous présentons, les conditions des observations réalisées en suivant les acteurs au bureau

⁹⁶ Cf. Annexe 1 – Organigramme de la Direction de l'Eau du Grand Lyon/Métropole de Lyon.

⁹⁷ Cf. Annexe 2 – Organigramme du Pôle Assainissement de Nantes Métropole.

⁹⁸ Les plannings d'observation dépendent aussi des conditions météorologiques. En cas de pluie, la descente dans le réseau est interdite.

et sur le terrain, en surface ou dans les réseaux, et les techniques d'enregistrement des données observées.

3.2.1 La configuration spatiale des sites observés

Les activités de vérification des systèmes de mesure reposent sur un travail collaboratif entre plusieurs acteurs qui se déplacent entre différents sites de mesure. Ces activités sont menées conjointement en surface et dans les réseaux. En effet, un site de mesure est réparti entre deux espaces d'intervention (Figure 7 ; Figure 8) :

- un espace "souterrain" où se trouvent la (ou les) capteur(s) de mesure du niveau d'eau et/ou de la vitesse : l'accès à cet espace se fait via les bouches d'égouts ;
- un espace "aérien" auquel sont reliés les différents capteurs : il s'agit de l'armoire de commande électrique dont la loquette est située généralement au bord de la route. Pour les zones industrielles, on parle de station de métrologie. Celle-ci désigne un local qui abrite l'armoire électrique et les dispositifs de prélèvement des échantillons d'eaux usées.

La dispersion géographique des périmètres dans lesquels les agents déroulent leurs activités provoque un éclatement des cours d'action et donc de la situation d'observation en deux espaces d'investigation. L'étendue des périmètres d'intervention allant de quelques mètres à quelques kilomètres (surtout à Nantes) rend inaccessibles et invisibles des activités et des actions qui s'effectuent dans des espaces différents et au même moment puisqu'il est impossible d'investir simultanément ces espaces durant une même séance d'observation. Le défi auquel j'ai été confrontée était de restituer d'une manière cohérente, ordonnée et la plus fidèle possible les cours d'action, les trajectoires des différents participants aux actions, les relations qui se nouent entre eux, et les objets qu'ils manipulent et mobilisent. La restitution s'appuie sur un travail de construction ultérieure de l'enchaînement chronologique des événements. L'enregistrement des échanges effectués entre les divers participants à l'action via les talkies walkies (ou les téléphones portables) permettait plus au moins d'opérer cette reconstitution du réel.



Site de mesure Quai Jayr, Lyon 9^e – Métropole de Lyon

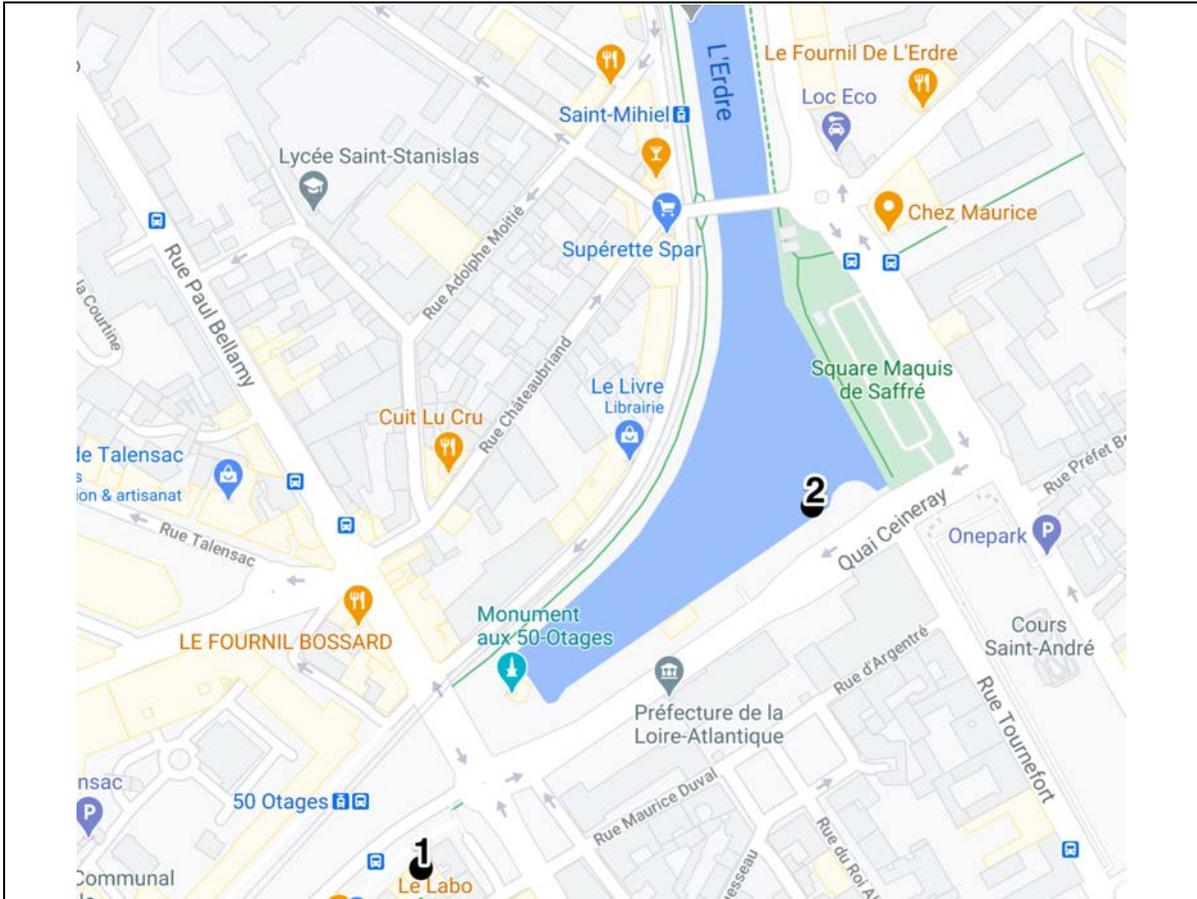
Source : [Journal d'enquête, CR140516]



Site de mesure à Chassieu (zone industrielle) – Métropole de Lyon

Source : [journal d'enquête, CR140409]

Figure 7 : Exemples de site de mesure à Lyon



Site de mesure Rive Gauche Erdre à Nantes – Nantes Métropole (Google Maps, octobre 2014) : (1) accès au réseau (9 allée d’Erdre) ; (2) emplacement de l’armoire électrique de commande



Source : [Journal d’enquête, CR141013]

Figure 8 : Exemple de site de mesure à Nantes

3.2.2 Le langage propre du milieu observé

L'observation directe ne se limite pas aux données visibles. Les "mots" employés par les observés pour caractériser les situations et les objets avec lesquels ils sont en interaction sont tout aussi importants. L'une des premières difficultés rencontrées au début de l'enquête par observation était la compréhension du "jargon métrologique" utilisé par les acteurs observés. L'appareillage d'acquisition et de transmission des mesures varie d'un site de mesure à l'autre. Cet appareillage dépend de la nature et du nombre des points de mesure⁹⁹. Le Tableau 2 présente la constitution matérielle des sites de mesure observés à Lyon et à Nantes.

Tableau 2 : Appareillage des sites de mesure observés

Nature et nombre de capteurs installés	Armoires électriques de commande
Le cas lyonnais	
un (ou plusieurs) capteur(s) de mesure de la hauteur d'eau.	<ul style="list-style-type: none"> – un transmetteur de hauteur à une ou plusieurs voies (selon le nombre de capteurs) ; – un automate ; – des transmetteurs téléphoniques (RTC¹⁰⁰ et ADSL¹⁰¹).
un (ou plusieurs) capteur(s) de mesure de la vitesse d'écoulement.	<ul style="list-style-type: none"> – un transmetteur de vitesse à une ou plusieurs voies (selon le nombre de capteurs) ; – un automate ; – des transmetteurs téléphoniques (RTC et ADSL).
un (ou plusieurs) capteur(s) de mesure de la hauteur d'eau ; un (ou plusieurs) capteur(s) de mesure de la vitesse d'écoulement.	<ul style="list-style-type: none"> – un transmetteur de hauteur à une ou plusieurs voies ; – un transmetteur de vitesse à une ou plusieurs voies ; – un automate ; – des transmetteurs téléphoniques (RTC et ADSL).
Le cas nantais	
un (ou plusieurs) capteur(s) de mesure de la hauteur d'eau.	<ul style="list-style-type: none"> – un débitmètre ; – un automate ; – un transmetteur téléphonique RTC.
un (ou plusieurs) capteur(s) de mesure de la hauteur d'eau ; un (ou plusieurs) capteur(s) de mesure de la vitesse d'écoulement.	

⁹⁹ Un site peut contenir un ou plusieurs points de mesure.

¹⁰⁰ Pour Réseau Téléphonique Commuté.

¹⁰¹ De l'anglais *Assymmetric Digital Subscriber Line*.

La plupart de ces instruments sont appelés soit par le nom de leur fabricant, soit par le nom de leur gamme ou leur modèle de fabrication (cf. *infra* Tableau 3). Pour comprendre les logiques des actions et saisir le sens des conversations que les agents tiennent entre eux et avec leurs supérieurs hiérarchiques, il était nécessaire de connaître les significations des termes prononcés par les acteurs en action. Par exemple, à Lyon, en cas de problème persistant, les agents appellent souvent leurs chefs d'équipe. Aussi, de retour aux bureaux, les agents font un compte rendu oral sur la nature de leurs interventions. Ils décrivent les dysfonctionnements, les dégâts, ou les dégradations constatées (surtout après les orages), ainsi que les actions entreprises pour réparer les pannes, rétablir les connexions électriques, etc.

Les agents observés n'ont pas toujours conscience que je comprenais pas tout immédiatement. Je ne pouvais pas non plus les interrompre sans cesse pour leur demander des précisions sur leurs propos. Pour ne pas perturber le déroulement des actions, je me contentais dans un premier temps de noter les "expressions métrologiques" qu'ils utilisaient pour caractériser les situations et les objets manipulés. Les précisions sur cette terminologie sont apportées lors de conversations à la fin des séances d'observation (sur le chemin de retour dans le véhicule, ou dans les locaux des équipes lors d'entretiens informels).

Tableau 3 : Le vocabulaire métrologique utilisé *in situ*

Instrument	Type ¹⁰²	Fabricant	Modèle/gamme	Appellation d'usage
Le cas lyonnais				
Capteur de mesure de la hauteur	Ultrasonore	Siemens	-	"le siemens"
Capteur de mesure de la vitesse	A effet Doppler	Hydreka	-	"l'hydreka"
Transmetteur de hauteur		Siemens	Multiranger 100	"le multi"
			HydroRanger	"l'hydro"
Transmetteur de vitesse		Hydreka	Mainstream (III)	"le mainstream"
			Mainstream (IV)	
Automate		Sofrel	S50	"le sofrel"
		Lacroix	S510 (le plus récent)	
Le cas nantais				
Capteur de mesure de la hauteur	Piézorésistif	-	-	"le piézo"
Capteur de mesure de la vitesse	A effet Doppler	-	-	"le doppler"
Débitmètre		Nivus	Débitmètre à ultrason OCM F	"l'ocm" ou "le nivus"
Automate		Sofrel Lacroix	S50	"le sofrel"

3.2.3 Observer dans les réseaux

Le réseau d'assainissement est considéré comme un espace confiné, insalubre et dangereux. Les accès aux réseaux sont souvent situés sur la voie publique, à plusieurs mètres en dessous du niveau du sol. Les accidents les plus fréquents relevés dans ces espaces sont attribuables aux chutes (de plein pied ou de hauteur), la manutention et la circulation routière. Ceux liés directement au confinement sont plus au moins rares mais touchent des victimes qui subissent détresses respiratoires¹⁰³ et noyades. Intervenir dans le réseau expose aux dangers suivants :

¹⁰² Le type du capteur renvoie à son principe de fonctionnement. Cf. page 211.

¹⁰³ A Nantes, plusieurs personnes sont décédées en 2006 intoxiquées par l'hydrogène sulfuré lors d'une intervention sur un même réseau. A Lyon, suite à une intoxication d'un agent dans le réseau en été 2013, toutes les opérations ont été arrêtées pendant plusieurs jours, le temps de faire les analyses et de connaître les substances à l'origine de l'intoxication. Cet accident a également entraîné une modification des règles de sécurité : désormais chaque équipe en intervention a un document établi par le médecin du travail détaillant

- risques de chute ;
- risques de noyade : les intervenants s’informent des prévisions météo (notamment la pluie). Ils doivent être attentifs en permanence aux variations du niveau d’eau. La descente dans les points bas du réseau est interdite en cas d’instabilité orageuse ;
- risques liés à la qualité des effluents : des infections graves peuvent être contractées dans les situations suivantes : morsures ou contact avec des excréments de rats, piqûres de seringues ou métaux rouillés, contact ou ingestion d’eau polluée¹⁰⁴ ;
- risques d’asphyxie et/ou d’intoxication : l’air respirable contient environ 21 % d’oxygène. En deçà d’une teneur de 17 %, l’air devient difficilement respirable, l’organisme commence à s’adapter. Entre 13 % et 10 %, des risques majeurs, pertes de connaissance brutale, sans signes précurseurs apparaissent. Les suites d’un accident peuvent être fatales si l’intéressé n’est pas immédiatement secouru ;
- risques d’incendie et d’explosion.

La diminution du taux d’oxygène dans les réseaux est essentiellement causée par la décomposition anaérobique des matières organiques avec formation de gaz toxiques et inflammables. Les gaz les plus fréquents sont : l’oxyde de carbone (CO) qui provoque des nausées et des maux de tête ; l’hydrogène sulfuré (H₂S) irritant pour les yeux et les voies respiratoires ; et le méthane (CH₄) très explosif et provoque l’asphyxie. L’ensemble du réseau de collecte des eaux usées et pluviales (ainsi que les ouvrages) sont classés en zone susceptible d’être explosive. Pour mesurer la toxicité, des détecteurs spécifiques sont utilisés (mesure de l’oxygène¹⁰⁵, de l’oxyde de carbone, de l’hydrogène sulfuré et du méthane). En cas de dépassement des Valeurs Limites d’Exposition (VLE)¹⁰⁶ et/ou des

les risques d’intoxication auxquels s’exposent les personnes travaillant dans le réseau ; en cas d’accident, ce document doit être remis aux pompiers ou au médecin urgentiste.

¹⁰⁴ Pour prévenir ces risques, les intervenants sont contraints à un suivi médical régulier : une prise de sang par semestre et la vaccination contre la leptospirose. La réglementation recommande cette vaccination mais ne la rend pas obligatoire. Le tétanos, l’hépatite A et la leptospirose sont reconnues comme maladies professionnelles de l’égoutier.

¹⁰⁵ La concentration d’oxygène doit être comprise entre 19.5 % et 23 %.

¹⁰⁶ La VLE est la valeur maximale instantanée ou sur une période de 15 minutes de la concentration d’une substance dans l’air qui ne doit pas être dépassée sans risques pour la santé [INRS, 2004].

Limites Inférieures d'Explosivité (LIE)¹⁰⁷, ces appareils se déclenchent ; le travail doit être interrompu.

Les protocoles de sécurité¹⁰⁸ destinés à préciser les conditions d'intervention en espace confiné dans le domaine de l'eau et de l'assainissement imposent le port d'un matériel spécifique, les Equipements de Protection Individuelles (EPI) :

- le casque : protège des chutes d'objets et des heurts de la tête ;
- le vêtement de travail (combinaison) : protège de l'environnement salissant, humide et pathogène ;
- les gants : protègent contre les risques mécaniques, les liquides et les produits chimiques ;
- les chaussures (bottes, cuissardes ou grenouillères de sécurité) protègent des effluents ;
- le harnais et les dispositifs antichute ont pour rôle d'arrêter les chutes de hauteur, d'éviter d'être entraîné par le courant, et de permettre la remontée d'une victime ;
- le gilet haute visibilité permet pour les intervenants sur le domaine routier d'être repérés ;
- le masque auto-sauveteur : il s'agit d'un appareil individuel de protection respiratoire qui permet de protéger l'intervenant contre la présence de gaz ou de particules toxiques dans l'atmosphère en lui assurant un taux d'oxygène suffisant. Il doit être à proximité immédiate de l'agent ou porté à la ceinture. Dans la mesure où le détecteur est en alarme, l'utilisation du masque est obligatoire pour une évacuation sans danger.

Le dispositif de sécurité n'autorise à descendre dans le réseau qu'après une formation à la sécurité : présentation des risques encourus, usage des EPI, ventilation d'un espace confiné, utilisation d'un détecteur de gaz, utilisation du masque auto-sauveteur, notions sur le

¹⁰⁷ La LIE est la concentration minimale d'une substance inflammable dans l'air en volume à partir de laquelle l'explosion du mélange peut se produire sous l'effet d'un apport d'énergie correspondant à son énergie minimale d'inflammation (flamme, étincelle) ou sous l'effet d'une surface suffisamment chaude [INRS, 2004].

¹⁰⁸ Ces protocoles sont issus des principes de prévention des accidents du travail et maladies professionnelles décrits dans la loi n°91-1414 du 31 décembre 1991 (loi modifiant le code du travail et le code de la santé publique en vue de favoriser la prévention des risques professionnels et portant transposition de directives européennes relatives à la santé et à la sécurité du travail) [INRS, 2012].

balisage¹⁰⁹, maîtrise des conditions d'évacuation en cas d'accident (entraînement aux étapes primordiales à suivre). Ces formations sont dispensées soit en interne, soit par un organisme habilité CATEC (Certificat d'Aptitude à Travailler sur les Espaces Confinés dans les domaines de l'eau et de l'assainissement).

Les procédures de sécurité imposent également la présence d'un accompagnateur qualifié pour toute personne étrangère au service¹¹⁰. Elles distinguent entre trois catégories d'acteurs : les intervenants ; le surveillant ; et l'accompagnateur. Les intervenants doivent être médicalement aptes à intervenir dans un espace confiné et maîtriser les procédures d'alerte, de secours et d'évacuation d'un espace confiné. Le surveillant aide à la préparation de l'intervention, suit son déroulement et ne doit en aucun cas pénétrer dans le réseau. Il ouvre les accès, contrôle la zone d'accès au réseau à l'aide d'un détecteur, met en place les moyens d'aération (au moins deux tampons du regard de visite de l'égout doivent être ouverts) et assure en cas de besoin une ventilation mécanique par soufflage (ventilation forcée), réalise le balisage, vérifie le bon fonctionnement des moyens de communication avec l'équipe qui descend. En cas d'alarme, d'incident ou d'accident pour les personnes qui ont pénétré le réseau, il met en œuvre la procédure de secours, alerte les secours et contribue à l'évacuation de ses co-équipiers depuis la surface. Avant de descendre, les détecteurs de gaz doivent être mis en service. La ventilation doit être établie depuis au moins 20 minutes. Pour descendre et monter, les intervenants utilisent un harnais relié à un stop chute. Ils doivent porter le détecteur de gaz en état de marche pendant toute l'intervention. Si le détecteur se met en alarme, le masque auto-sauveteur doit être immédiatement mis ; l'ouvrage doit être évacué. L'accompagnateur a les compétences d'un intervenant et doit être capable d'expliquer et d'assister des personnes en espace confiné¹¹¹. Il est amené à réaliser les tâches suivantes : s'assurer que la personne à accompagner est autorisée à pénétrer dans le réseau, donner les consignes de sécurité à respecter, expliquer

¹⁰⁹ Si le travail s'effectue sur l'espace public urbain (voirie, trottoir, place publique) un balisage de la zone d'intervention est mis en place avec des barrières, un ruban de balisage et des panneaux de signalisation. Un arrêté d'arrêt de circulation peut parfois être nécessaire. La nécessité de ces arrêtés complique parfois l'intervention. Par exemple, s'il pleut pendant les jours couverts par l'arrêté, l'intervention est annulée et un nouvel arrêté est demandé. Les chantiers sont décalés.

¹¹⁰ Dans l'agglomération lyonnaise le règlement local de sécurité rend également obligatoire la présence de cet accompagnateur pour toute intervention dans les réseaux des zones industrielles compte tenu des risques accrus d'intoxication au gaz dans ces zones.

¹¹¹ A Lyon, une personne de la Cellule d'Assistance Opérationnelle (CAO) ; à Nantes, un égoutier.

l'utilisation des matériels spécifiques nécessaires à la descente et au secours, vérifier l'équipement de la personne à accompagner en moyens de protection individuels préconisés. Si pendant l'intervention un détecteur se met en alarme, l'accompagnateur fait mettre le masque auto-sauveteur à la personne accompagnée, assure sa sécurité et son évacuation.

Dans certains cas, les acteurs s'écartent de ces protocoles. Le port des EPI n'est pas toujours strictement observé. En général, les intervenants descendent dans le réseau, ils portent une combinaison, des gants, un casque et une lampe. Ils n'ont pas toujours un masque auto-sauveteur, ni un détecteur de gaz (généralement un détecteur par équipe), et ne sont jamais équipés de cordage de sécurité (Extrait 1). Ces équipements peuvent les gêner dans leurs gestes ; certains sont lourds ou volumineux¹¹².

¹¹² Les masques auto-sauveteurs sont jugés encombrants.

Extrait 1: Première visite du réseau (site Chassieu – Lyon Métropole)

(...)

X06 [accompagnateur] : Selma tu fais attention, il peut y avoir des rats...il y a des araignées aussi

X03 : les araignées et les rats sont un signe d'une bonne atmosphère en bas, c'est qu'il y a de la vie et donc on peut descendre.

(...).

X06 et X03 descendent dans le réseau (...). X06 me dit de ne pas descendre tout de suite car X03 [au pied de la chambre] est en train de tirer les câbles des anciennes sondes (...).



X01[surveillant] (à droite) ; X03 (à gauche) [en bas] en train de tirer les câbles des sondes inopérantes.

(...).

X06 : X01 tu peux envoyer la jeune demoiselle

En posant mon pied sur le premier échelon de l'échelle, j'ai eu peur (on m'a tellement parlé de dangers, risques, alertes, l'accident de X01 à Perrache)...l'odeur était nauséabonde...j'ai lâché la grille d'appui et j'ai sorti mon pied...je me suis mise au bord de l'accès...

X01 : attends ! Ne bouge pas ! Je vais chercher une corde...X06 tu l'attends en bas on va l'accrocher

C'est à ce moment-là que j'ai réalisé que je n'avais pas un harnais de sécurité pour le cordage et que personne ne le portait (...).

X01 et X04 arrivent...j'accroche le mousqueton à ma ceinture

X03 [en bas] : eh X01 et moi pourquoi tu ne m'a pas accroché ?! [Il rit]...Alors Selma tu ne veux pas voir les crocodiles en bas ?!

Je souris... j'allume ma lampe et je descends.

X06 : X01 ne tire pas trop la corde, tu vas lui soulever son ceinturon [je portais le détecteur de gaz et le masque auto-sauveteur à la ceinture].

Source : [Journal d'enquête, CR140509]

3.2.4 Recueil et enregistrement des données d'observation

Les données disponibles en fin des observations sont de deux catégories : le journal d'enquête rédigé à partir des données d'observations enregistrées ; et les documents recueillis au cours de l'enquête. Les documents collectés (exemples : des rapports et bilans d'exploitation, des cartes, règlements intérieurs d'assainissement, supports de formation accueil sécurité) jouent un rôle dans la contextualisation des observations réalisées. Ils sont traités comme « des témoignages du milieu sur lui-même » [Peretz, 1998].

Le journal d'enquête a été rédigé en respectant le vocabulaire métrologique employé par les acteurs *in situ*. Les séances d'observations font l'objet de comptes rendus rédigés après chaque visite de terrain sur un support informatique et regroupés dans un journal d'observation. Ce document mêle différents types d'informations : les propos des acteurs, les circonstances des observations, des notes sur les activités observées, des anecdotes observées ou racontées par les agents, mes impressions et des remarques relatives à l'état de la réflexion (hypothèses et questions). Dans les premières observations, ce journal a été envoyé à mes directeurs de thèse, de manière à ce qu'ils puissent suivre l'avancement de l'enquête et qu'ils apportent des commentaires au sein du même document moyennant un code couleur permettant l'identification des auteurs.

Les activités observées sont restituées à partir de notes manuscrites prises dans un carnet au moment de l'action ou juste après, d'enregistrements audio, de photographies de l'action et de traces produites par ces activités. La prise de notes s'effectuait le plus souvent sous forme de schémas pour mémoriser la configuration des sites et leur constitution matérielle et instrumentale, les espaces d'intervention, les déplacements des participants entre ces espaces, et les chaînes d'acquisition et de transmission des résultats de mesure (cf. Figure 9 et Figure 10 pour des exemples de schémas illustrant le fonctionnement et la configuration de sites observés). Les enregistrements audio comprennent les propos exprimés par les acteurs observés soit en situation d'action, soit en situation de conversation avec divers participants. La photographie vise à fixer dans la situation d'action la posture des acteurs, les acteurs et les dispositifs techniques mobilisés, et les équipements des sites de mesure. Elle est aussi utilisée comme outil de reconstitution du déroulement des événements observés. Le recours à la prise de photos quand la situation d'observation rend impossible la prise de notes (surtout dans les réseaux) permet la restitution chronologique des actions

observées par l'assemblage de photos prises à divers moments de l'action (Figure 11). Les traces peuvent être des copies de documents utilisés par les acteurs (Figure 12) ou des captures d'écran (Figure 13). Elles peuvent également être provoquées par la situation de l'observation lorsque l'observé explique à l'observateur la configuration des dispositifs techniques et leur fonctionnement (Figure 14).

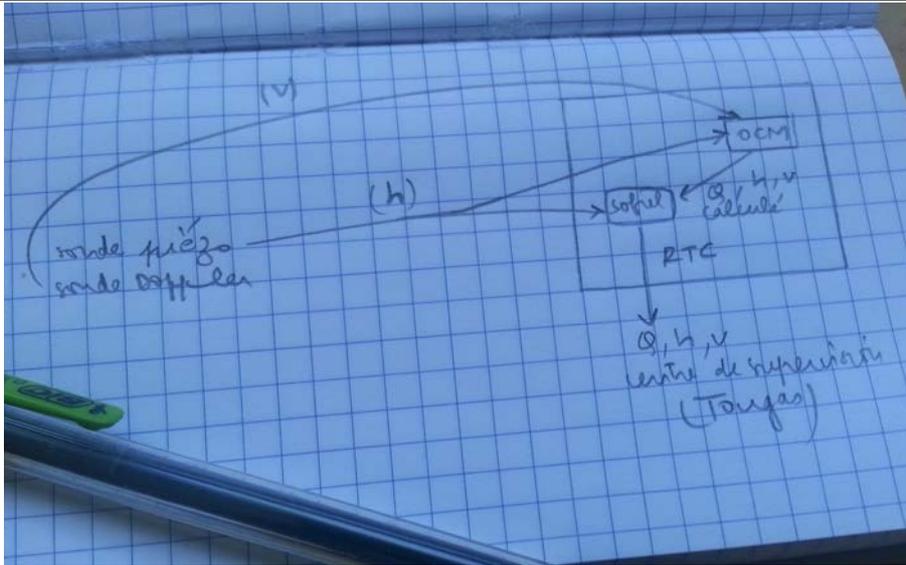


Schéma de la chaîne d'acquisition et de transmission des résultats de mesure (carnet d'observation, notes prises le 02/10/2014)



Armoire électrique du site : l'ampèremètre est branché sur la boucle sonde piézo.-Sofrel pour mesurer le signal électrique émis par la sonde.

Source : [Journal d'enquête, CR141002]

Figure 9 : Equipement du site Dreyfus à Chapelle-Sur-Erdre – Nantes Métropole



Matériels nécessaire à la vérification des sondes : piges (ou cales) et plateau sur trépied pour la vérification des sondes ultrasonores (mesure du niveau d'eau) ; radar (posé sur le plateau) pour la vérification de la sonde Doppler (mesure de la vitesse de l'écoulement).

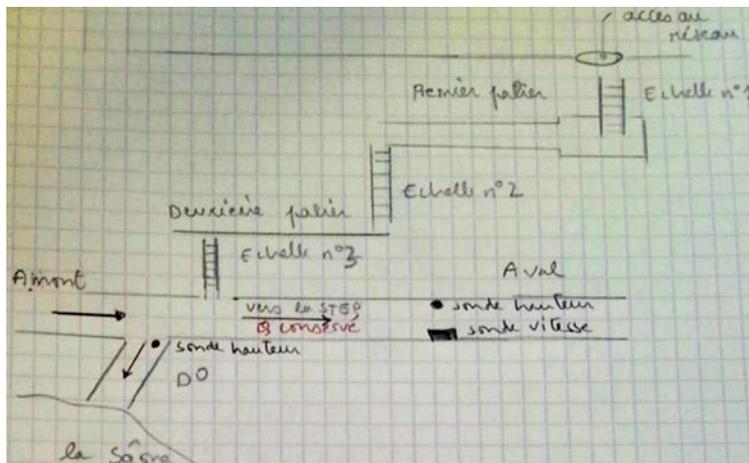


Schéma de la partie souterraine du site de mesure : en amont du réseau, une sonde ultrasonore (au niveau du déversoir d'orage) pour la mesure du débit déversé ; en aval, une sonde ultrasonore et une sonde Doppler (au radier) pour la mesure du débit conservé.



Emplacement des sondes en aval du réseau (à droite) et en amont au niveau du déversoir d'orage (à gauche).

Source : [Journal d'observation, CR140514]

Figure 10 : Configuration et équipement du site Quai des Etroits à Lyon 5^e – Métropole de Lyon



Site Quai des Etroits à Lyon 5^e – Métropole de Lyon : vérification de la sonde ultrasonore en aval du réseau.
Passages des cales (de gauche à droite et de haut en bas) : cale 493 cm, cale 995 cm, cale 1595 cm.

Source : [journal d'observation, CR140514]

Figure 11 : Opération de vérification d'un capteur ultrasonore

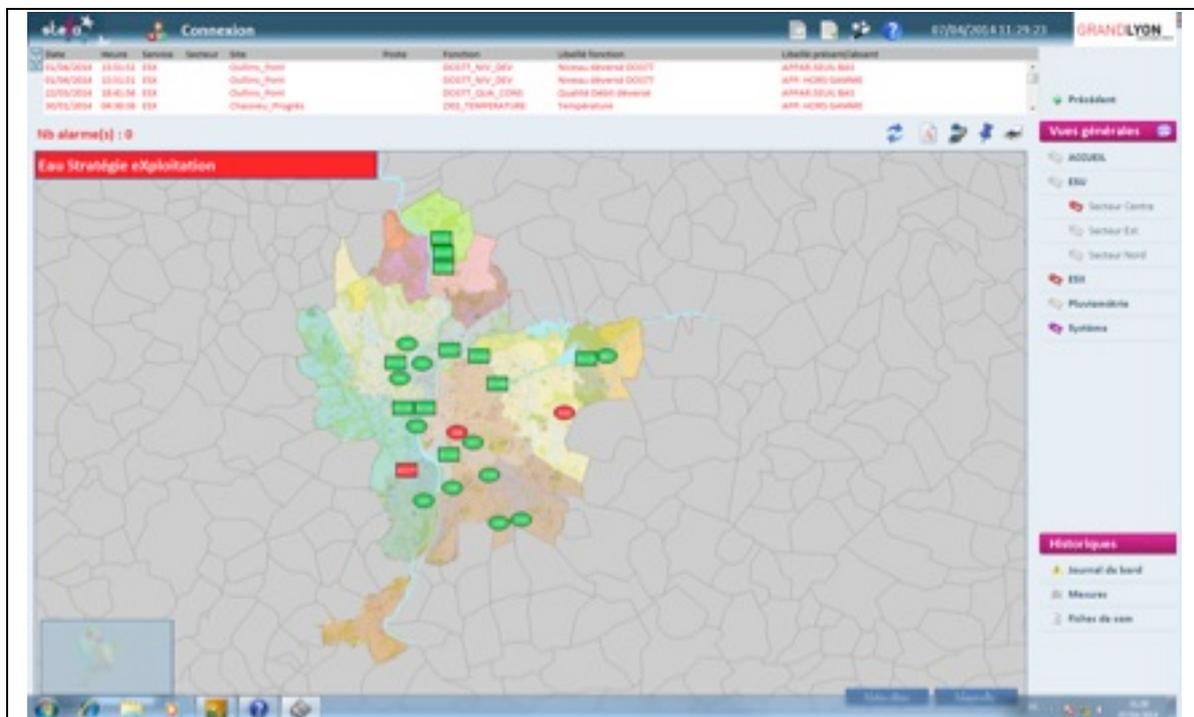
Direction de l'Assainissement Nantes Métropole		DOCUMENT OPERATIONNEL FICHE VERIFICATION CAPTEUR PIEZOMETRIQUE		Réf. AOPDy87 Indice A Page 1/1	
Site	DREYFUS	Echelle en mètres	3		
Situation	Collecteur de Gesvines	Talon physique en cm	5		
Point de mesure	Transfert	Etendue mesure	-0.70 / 3.05		
Codification GMAO	Sig****/102/1	Lecture SGL: TM n°	1		

%	Signal généré (mA)	Signal théorique (mA)	Date:		Date:		Date:						
			Signal mesuré (mA)	Précision (%)	Lecture SGL	Drivie (%)	Signal mesuré (mA)	Précision (%)	Lecture SGL	Drivie (%)			
0	0	4	4.0146		0.06								
25	735	8	8.0335		0.81								
50	1470	12	12.0530		1.56								
75	2205	16	16.0625		2.31								
100	2940	20	20.0554		3.04								
75	2205	16											
50	1470	12											
25	735	8											
0	0	4											

résultat de la vérification: talon dans SGL: 0.18 ht eau: 11.000 ht SGL: 0.18 ht Poste Central - Modification talon OCM - Modification talon PC - Vérification du paramétrage SGL -	résultat de la vérification: talon dans SGL: ht eau: _____ Heure _____ ht SGL: ht Poste Central Modification talon OCM - Modification talon PC Vérification du paramétrage SGL -	résultat de la vérification: talon dans SGL: ht eau: _____ Heure _____ ht SGL: ht Poste Central Modification talon OCM - Modification talon PC Vérification du paramétrage SGL -
--	---	---

Source : [Journal d'observation, CR141002]

Figure 12 : Exemple de Fiche de vérification d'un capteur piézométrique



Capture d'écran de l'outil STELLA (Supervision de la Télégestion Lyonnaise de l'Assainissement).

Source : [journal d'observation, CR140407]

Figure 13 : Vue générale des sites de mesure, Equipe Métrologie réseau – Métropole de Lyon

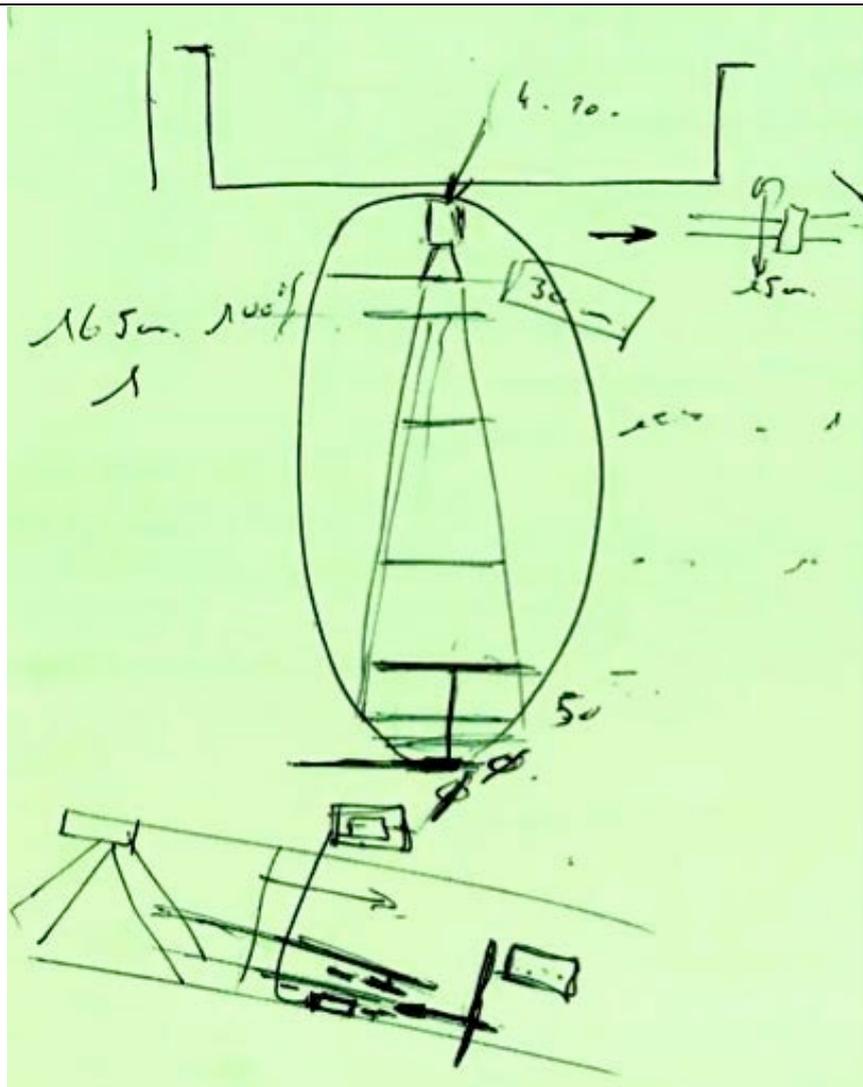


Schéma réalisé par une personne de l'équipe Métrologie réseau qui représente la vérification d'une sonde ultrasonore au moyen du dispositif "piges-plateau-trépiéd".

Source : [Journal d'observation, CR140402]

Figure 14 : Schéma de vérification d'une sonde ultrasonore

L'instauration de la confiance dans les premiers moments de l'enquête était nécessaire pour le recueil et l'enregistrement de ces données, tout particulièrement les photographies et les enregistrements audio. Mon statut de doctorante permettait difficilement de réduire l'écart éducatif qui me séparait des agents observés. Je suis assimilée à la catégorie des cadres avec lesquels ils n'ont habituellement de relations que de subordination. Les enquêtés cherchaient à savoir ce que je faisais, ce que je voulais, quelles informations j'attendais et à qui/quoi va servir mon "étude" ou ma "recherche". Pour me démarquer des assimilations et des confusions faites avec la surveillance, je m'efforçais d'expliquer la nature de mon travail avec précision et clarté de façon à leur montrer qu'il est d'une autre nature, que je ne divulgue rien, et qu'il n'y pas d'enjeux en dehors de mon univers d'étudiante. L'objectif de

cet exercice, parfois difficile, est de donner des gages de neutralité et de régler les interrogations posées par les enquêtés sur mes liens avec les responsables des services (les correspondants du projet MENTOR). De temps en temps, les enquêtés manifestaient leur méfiance par des plaisanteries notamment en me voyant prendre des notes qu'ils considéraient sans importance¹¹³. D'un autre côté, faire savoir aux agents que je vais prendre des photos ou qu'ils sont enregistrés atténuait les réactions de gêne bien qu'ils aient souvent besoin d'un certain temps pour ne plus prêter attention à l'enregistrement de leurs actes et paroles. Pour les rassurer, je leur rappelais l'engagement à respecter l'anonymat des noms et des photos. Outre les demandes d'autorisation pour photographier et enregistrer, me transformer parfois en participante (aider ou remplir un rôle attribué par les observés) permettait plus au moins d'atténuer l'artificialité de la situation (Extrait 2).

Toutes les observations ont été réalisées le matin (les descentes dans les réseaux se font uniquement tôt le matin). Au total, 25 séances d'observation ont été réalisées. L'enquête lyonnaise s'est déroulée du 31 mars au 30 juin 2014. Elle comporte 16 séances d'observation. L'enquête nantaise a eu lieu en octobre 2014. Elle consiste en 9 séances d'observation (cf. Annexe 4 – Récapitulatif de l'enquête par observation directe).

¹¹³« Arrête de l'embêter quand elle prend des notes ! Je ne sais pas qu'est ce qu'elle prend comme notes...Tu sais quoi, elle note toutes les bêtises que tu racontes pour les sortir en réunion à Monsieur XX [responsable du pôle Assainissement de Nantes Métropole] » [journal d'observation, CR141113].

Extrait 2 : Paramétrage et vérification du site Poumeyrol à Caluire-et-Cuire – Métropole de Lyon

Nature de l'opération : câblage du transmetteur des hauteurs (récemment changé) et vérification de deus sondes US.

Configuration du site :

Partie aérienne : armoire électrique	Multiranger (Siemens)
	Sofrel (S50)
	ADSL et RTC
Partie souterraine	En amont du collecteur (égout n°2) : une sonde US sur un DO pour la mesure de la hauteur d'eau déversée
	En aval du collecteur (égout n°1) : une sonde US mesure de la hauteur d'eau pour le calcul du débit conservé



Emplacement de l'armoire électrique et du point d'accès au réseau

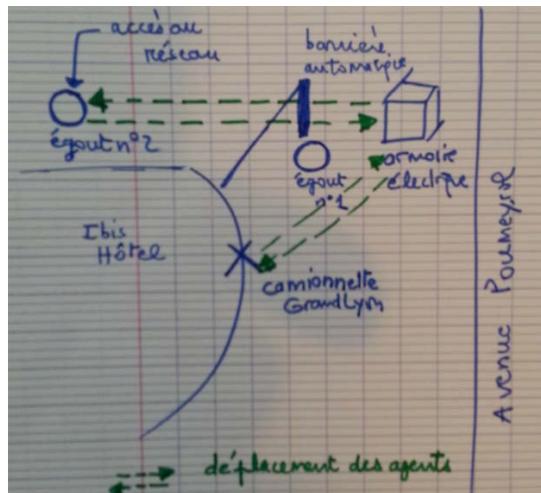


Schéma du site : déplacement des agents entre l'armoire électrique et le réseau

(...)

X03 : Selma tu travailles pour la police ?! C'est l'interrogatoire ?! Je ne répondrai plus en absence de mon avocat [il sourit]...

X01 : oui tu as raison X03...En plus il ne faut pas qu'on dise des bêtises parce qu'elle va tout répéter à Monsieur XX [responsable de l'unité Surveillance et pilotage des flux]

(...)

X03: après ils disent pourquoi les gens se barrent ? Vous n'êtes pas bien en métrologie ?!

X01: attention X03, elle enregistre tout !...Selma on fera le coup à X05 tout à l'heure, je lui dirais bon X05 qu'est ce que tu en pense d'un tel ou tel...on va le laisser parler...bon X05 elle a tout enregistré ! On va rigoler

(...)

X03 : tu sais ils sont en train de chercher un agent de maîtrise là où je vais X01

X01 : oui mais la priorité aux agents de la voirie

Selma : X03 tu vas pour un poste d'agent de maîtrise ?

X01: non agent !

X03 : non pour un poste d'ingénieur ! [Il rit]

X01 : oh oh ! X03 on a oublié de mettre "entretien" [mode entretien] depuis tout à l'heure on travaille en mode normal !

X03: c'est rien ! Il n'y a pas de jus !

X01 : oui quand même ! si X04 nous regarde avec le webcam, il va le noter !

X03: il va récupérer les photos de Selma, il va faire son analyse...

(...)

X05: bon ! Et Selma est ce qu'elle vous a été utile ce matin ?

X01: elle a pris des photos, elle a tout enregistré ! [Il rit]

X03 : oui elle a tout enregistré !

X05: ce n'est pas vrai ! [Il sourit]...c'est le mouchard ! Elle vient pour les info après elle va voir Monsieur XX [responsable de l'unité Surveillance et pilotage des flux] regarde ce qu'il ont dit ! Eh Selma tu fais l'espion russe ?!

X01 : elle va mettre toutes les photos sur Facebook

X01 et X03 rient...

(...)

X05 : X01 bon alors tu as eu une réponse [par rapport au nouveau poste auquel il a postulé] ?

X01 : pas encore...il ne faut pas les bousculer les gens non plus...toi aussi tu veux que je parte ?! Tu note Selma...tu note ! Tu as entendu X03 ?! Il me demande à moi quand est ce que tu pars ?

(...)

X03 sort un mètre ruban de sa poche.

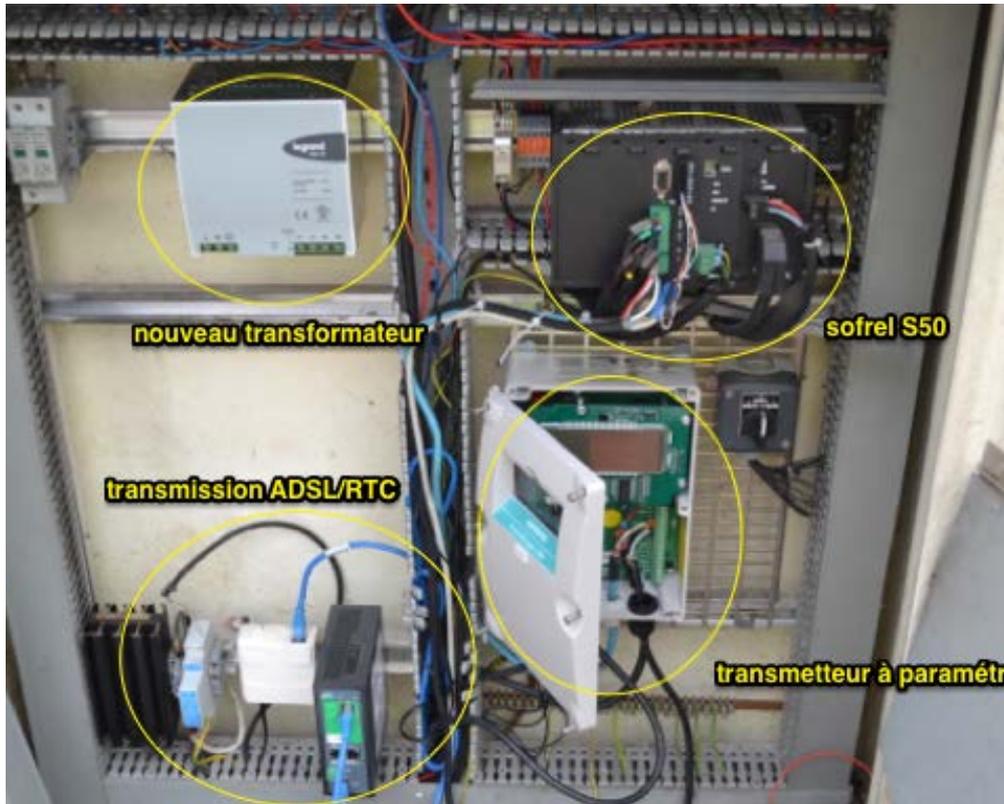
X01 : X03 arrête un peu ! Qu'est ce que tu es en train de faire avec ça ?

X03 : je mesure le temps qui me reste avec vous !

(...)

X05 : il y un souci avec la paramétrage !

X01 : nous [X01 et X03] on a fait ce qu'on a pu



Paramètre	Unité	Valeur	Remarque
P000	Préchauffement	1	1
P001	Préchauffement	2	2
P002	Préchauffement	3	3
P003	Préchauffement	112	112
P004	Préchauffement	3	3
P005	Préchauffement	2160	2160
P006	Préchauffement	1875	1875
P007	Préchauffement	0	0
P008	Préchauffement	1	1
P009	Préchauffement	10	10
P010	Préchauffement	1	1
P011	Préchauffement	0	0
P012	Préchauffement	0	0
P013	Préchauffement	3	3
P014	Préchauffement	6	6
P015	Préchauffement	3	3
P016	Préchauffement	3	3
P017	Préchauffement	2	2
P018	Préchauffement	1	1
P019	Préchauffement	1	1
P020	Préchauffement	1	1
P021	Préchauffement	2	2
P022	Préchauffement	1	1
P023	Préchauffement	1	1
P024	Préchauffement	2	2
P025	Préchauffement	1	1
P026	Préchauffement	1	1
P027	Préchauffement	1	1
P028	Préchauffement	1	1
P029	Préchauffement	1	1
P030	Préchauffement	1	1
P031	Préchauffement	1	1
P032	Préchauffement	1	1
P033	Préchauffement	1	1
P034	Préchauffement	1	1
P035	Préchauffement	1	1
P036	Préchauffement	1	1
P037	Préchauffement	1	1
P038	Préchauffement	1	1
P039	Préchauffement	1	1
P040	Préchauffement	1	1
P041	Préchauffement	1	1
P042	Préchauffement	1	1
P043	Préchauffement	1	1
P044	Préchauffement	1	1
P045	Préchauffement	1	1
P046	Préchauffement	1	1
P047	Préchauffement	1	1
P048	Préchauffement	1	1
P049	Préchauffement	1	1
P050	Préchauffement	1	1
P051	Préchauffement	1	1
P052	Préchauffement	1	1
P053	Préchauffement	1	1
P054	Préchauffement	1	1
P055	Préchauffement	1	1
P056	Préchauffement	1	1
P057	Préchauffement	1	1
P058	Préchauffement	1	1
P059	Préchauffement	1	1
P060	Préchauffement	1	1
P061	Préchauffement	1	1
P062	Préchauffement	1	1
P063	Préchauffement	1	1
P064	Préchauffement	1	1
P065	Préchauffement	1	1
P066	Préchauffement	1	1
P067	Préchauffement	1	1
P068	Préchauffement	1	1
P069	Préchauffement	1	1
P070	Préchauffement	1	1
P071	Préchauffement	1	1
P072	Préchauffement	1	1
P073	Préchauffement	1	1
P074	Préchauffement	1	1
P075	Préchauffement	1	1
P076	Préchauffement	1	1
P077	Préchauffement	1	1
P078	Préchauffement	1	1
P079	Préchauffement	1	1
P080	Préchauffement	1	1
P081	Préchauffement	1	1
P082	Préchauffement	1	1
P083	Préchauffement	1	1
P084	Préchauffement	1	1
P085	Préchauffement	1	1
P086	Préchauffement	1	1
P087	Préchauffement	1	1
P088	Préchauffement	1	1
P089	Préchauffement	1	1
P090	Préchauffement	1	1
P091	Préchauffement	1	1
P092	Préchauffement	1	1
P093	Préchauffement	1	1
P094	Préchauffement	1	1
P095	Préchauffement	1	1
P096	Préchauffement	1	1
P097	Préchauffement	1	1
P098	Préchauffement	1	1
P099	Préchauffement	1	1
P100	Préchauffement	1	1

X01 et X03 en train de paramétrer le transmetteur de hauteur

X03 : on descend X05...

X05 : attendez ! Avant de descendre je vais quand même vous vérifier l'échelle sur le Sofrel

X03 : vas-y regarde !



X05 en train de vérifier la correspondance entre l'échelle du Sofrel et l'échelle de l'hydro (le transmetteur)

X05 [s'adresse à X01] : par contre tu vas avoir une échelle de moins quelque chose, ce moins quelque chose c'est un quart de la valeur maxi, d'accord ?!

X01 [sourit] : oui je sais...je l'ai déjà fait X05...Ne t'inquiète pas pour ça ! Sauf que ce n'est pas normal pour quoi il [X04] ne nous a pas donnée ça ?

X05 : il aurait dû le marquer sur le papier [la fiche de vérification]

X01 : on ne l'a pas ce papier ! Il a oublié de nous le donner

(...)

X05 : non ce n'est pas bon...il faut le régler l'hydro...ah non ce n'est pas bon !

X03 : viens on descend X05 ! Je vais te prendre les mesures exactes [pour le paramétrage de l'hydro]

(...)

X03 [appel avec un talkie walkie] : X01 tu m'entends ?

X01 [appel avec un talkie walkie] : oui je t'entends X03

X03 : alors je suis sur l'amont, le P06 [paramètre] c'est 1860

X01 : 1860 pour l'amont, bien reçu !

X03: et le P07 [paramètre] tu enlèves 300 de 1860

X01: ok reçu ! Donc ça fait 1560

Selma : ils ont mesuré la distance entre la sonde et le radier ?

X01 : oui

Selma : et c'est le max ?

X01 : oui c'est ça...

X01 saisit les nouvelles valeurs des paramètres P06 et P07 de l'hydro sur le PC. L'essai de vérification commence...

X03 : X01 j'ai mis la 493 en place [la première pige]

X01 : reçu pour 493 en place !...sur amont...

(...)

X01 : je me trouve sur l'hydro avec une valeur de 674...je suppose que ce ne doit pas être bon !

X03 : sur l'hydro tu as combien ?

X01 : 674 sur l'hydro et 593 sur le Sofrel

X03: tu as combine là ?

X01 : je vais te le dire...j'ai 683,87 millimètres

X03 : donc tu les enlève 683,87 moins 493 [hauteur de la première cale]

X01 : ça fait 190...ok il faut que je règle aussi le Sofrel parce qu'il est à 100 millimètres de plus [par rapport à la hauteur de la pige 493]...amont on a dit ? [Il se retourne vers moi]

Selma : oui c'est amont !

X01 : ok ! Donc là il faut que j'enlève 100 j'ai dit ?

Selma : oui sur le Sofrel

X01 : donc ça fait 1 280 divisé par 4 ça donne...

Selma : 320

X03 : tu touches le P06 et cale-toi sur 493 !

X01 : ok bien reçu !...alors ça a baissé mais pas assez...j'ai 673, il faut que j'arrive à 493...il faut que j'enlève...

Selma : tu as combien ?

X01 : 673

Selma : tu enlèves 180

X01 : donc P06 j'enlève 180

X01 rectifie les valeurs des paramètres P06 et P07 sur l'hydro...

X01 : X03 on y arrive ! Attends 2 minutes....bon au niveau de l'hydro on a 492 par contre pour le Sofrel je suis à 418...il faut que je règle le Sofrel

X03 : ok !

X01: il faut que j'ajoute...j'ai 418 pour arriver à 492

Selma : 75

X01: non je vais rajouter 60

(...)

X01 rajoute 60 mm sur le Sofrel, appuie plusieurs fois sur "entrer" pour l'actualiser...

X01: maintenant j'ai 435...donc là il faut qu'on rajoute du coup...

Selma : 58...non là tu as 433 donc tu rajoutes 60

X01 : ok ! Tu vois Selma j'ai bien fait de rajouter 60...X03 j'y suis presque je termine de régler le Sofrel après ça sera tout bon

X03 : bien reçu ! Tu nous dis

X01 rajoute 60 sur le Sofrel...

X01 : si je rajoute 60 ça fait 1440...1440 divisé par 4...Selma tu nous fais 1440 divisé par 4

Selma : ça fait...ça fait 360

X01 : ok 360...c'est long !...Ok je vais rajouter 40 !...on fait le réglage que pour la voie 1 [sonde amont] pour l'instant, après il faut le faire pour la voie 2 [sonde 2].

X01 remplit un tableau.

Pouvez-vous!		AVALE	
Amont	Aval	SOFREL	H480
493 = 494	933	493	933
935 = 933	1492	933	1495
935 = 933	1492	1500	933
935 = 933	1492	933	933
493	494	493	493
494	496		

Tableau de vérification des sondes

X01 : X03 c'est bon pour moi j'ai 494 sur le Sofrel et 492...impeccable !

(...)

X03 et X05 avancent vers l'aval...ils arrivent au niveau de l'égout n°1 à côté de l'armoire...X03 tapote sur le tampon...

X01 : ça y est ils sont là...c'est X03...

(...)

X01 : pour info les gars Monsieur XX [responsable de l'unité Surveillance et pilotage des flux] vient d'arriver donc faites attention !

X01 rit... « Tu vas voir [Selma] comment ils vont changer ! ».

(...)

X01 : j'ai 993 sur les deux, c'est parfait vous pouvez passer à la hauteur suivante !

X03 : ok ! Bien reçu merci !

X01 : tu vois comment il a changé ! Il a vraiment cru que Monsieur XX [responsable de l'unité Surveillance et pilotage des flux] est là ! [il rit]

X01 : bon les gars là il vient de se mettre à l'écart avec Selma je ne sais pas ce qu'ils se disent

X03 : 493 en place !

(...)

X03 : 995 en place

X01 : ok pour 995 en place !...pour info il vient de partir !

X03 : nous on est en place et toi tu es sur place !

X01 [sourit] : effectivement ! Je répète Monsieur XX [responsable de l'unité Surveillance et pilotage des flux] vient de partir...il n'est même pas venu me voir, il a juste discuté avec Selma

X03 : répète je n'ai pas entendu !

X01 : j'ai dit quand il est arrivé il n'est même pas venu me voir, il a juste parlé avec Selma

X03 : il est parti ?

X01 : affirmatif [Il rit]

(...)

X01 : j'ai 993 sur les deux...[Il remplit le tableau]

X03 : ok ! On descend [passage à la page 493]

X01 : vous êtes déjà en bas ! [Il rit]

X01 : ils se sont faits avoir...on va rigoler quand ils vont remonter

(...)

X01 : 493 sur les deux...c'est parfait !

X01 complète son tableau.

X01 : Selma je te laisse là, je vais aller récupérer le matos.

X03 et X05 montent...X01 et X03 rangent le matériel dans la camionnette.

X05 : on a combien là sur le Sofrel ?

Selma : 1,7 cm [lecture sur le PC]

X05 : oui c'est normal il y a très peu d'eau...oui mais là on a -500 comme ça se fait ?

Selma : non c'est ici X05

X05 : ah oui ! C'est lui qui est utilisé...c'est nickel, on a 1,7...on est bien !

X05 se retourne vers X01 et X03 « on est bien c'est nickel ! C'est bien X01 tu as bien travaillé »

X03 : moi je dis X01 c'est un as...Selma il faut le dire à X04 ! [Il rit]

(...)

X05 : bon alors qu'est ce qu'il a dit Monsieur XX [responsable de l'unité Surveillance et pilotage des flux] ! Tu nous dis tout ! »

X03 : pourquoi il n'est pas venu nous voir ?

Selma : non c'était une blague [je ris]

X01 et X03 rient.

X05 : ah bon ?! Bien joué X01.

Source [Journal d'enquête, CR140624]

Chapitre 4

Le cadre réglementaire de l'autosurveillance des réseaux d'assainissement

Les premiers résultats de l'enquête portent sur le cadre légal et sur les pratiques de suivi et de contrôle des réseaux d'assainissement au sein de la Métropole de Lyon. Ces activités sont régies par des textes réglementaires, nationaux et européens. Ils concernent plus largement la collecte, le traitement, et le rejet des eaux urbaines. Ces textes fondent ce qui est communément appelé "la démarche d'autosurveillance". Ce chapitre vise à décrire cette démarche, ce qui permet d'aborder sa mise en œuvre à Lyon et à Nantes, dans les deux chapitres suivants (Chapitre 5 et Chapitre 6), et à montrer de quelles manières les dispositions réglementaires contribuent à la structuration des activités de surveillance des réseaux d'assainissement. Pour ce faire, ce chapitre commence par présenter le corpus législatif et réglementaire analysé (1). Afin de pouvoir comprendre l'enjeu fort de l'autosurveillance qui réside dans la production des données, il s'agit par la suite de présenter les objectifs de gestion des eaux résiduaires urbaines fixés pour l'ensemble des Etats membres de l'Union européenne (2). Ensuite, les prescriptions techniques de surveillance sont exposées dont le suivi des systèmes de collecte (3). Enfin, la dernière section présente les modalités d'échange, de transmission et de contrôle des données d'autosurveillance (4).

1 Le corpus réglementaire analysé

Le cadre juridique des activités de surveillance et de contrôle des eaux urbaines se structure autour de dix textes de portée et de natures différentes (cf. *infra* Tableau 4). La directive 91/271/CEE du 21 mai 1991 relative aux eaux résiduaires urbaines (directive ERU), fixe les objectifs à atteindre en matière de gestion des eaux urbaines. Elle est transcrite dans le droit français par la loi sur l'eau n° 92-3 du 2 janvier 1992 et par plusieurs arrêtés, décrets et circulaires de mise en application publiés entre 1993 et 2015¹¹⁴.

Un décret, quatre arrêtés et deux circulaires du Ministère de l'environnement portent sur la surveillance des systèmes d'assainissement :

- Décret n° 94-469 du 3 juin 1994 relatif à la collecte et au traitement des eaux usées mentionnées aux articles L. 372-1-1 et L. 372-3 du code des communes.
- Arrêté du 22 décembre 1994 fixant les prescriptions techniques relatives aux ouvrages de collecte et de traitement des eaux usées mentionnées aux articles L. 372-1-1 et L. 372-3 du code des communes.
- Arrêté du 22 décembre 1994 relatif à la surveillance des ouvrages de collecte et de traitement des eaux usées mentionnées aux articles L. 372-1-1 et L. 372-3 du code des communes.
- Circulaire du Ministère de l'environnement du 12 mai 1995 relative à l'assainissement des eaux usées urbaines (texte non publié dans le journal officiel).
- Circulaire du Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement du 6 novembre 2000 relative à la surveillance des ouvrages de collecte et de traitement des eaux usées mentionnées aux articles L. 2224-8 et L. 2224-10 du code général des collectivités territoriales (texte non publié dans le journal officiel).

¹¹⁴ La législation communautaire relative à l'environnement a toujours forme de directive. Avant d'être appliquée, une directive doit être transcrite en droit national (lois) et en modalités d'applications locales tout en respectant la directive (décrets, arrêtés et circulaires). La loi se situe au dessus des décrets et des arrêtés, et elle peut indiquer que des décrets seront pris par le gouvernement pour préciser ses modalités de mise en œuvre. Le décret est un acte réglementaire décidé par le gouvernement, signé soit du Président de la République, soit du Premier Ministre. Un décret peut être complété par un arrêté ministériel. L'arrêté est une décision administrative à portée générale ou individuelle (spécifique à une activité ou à une zone géographique). Les arrêtés peuvent être pris par les ministres (arrêtés ministériels ou interministériels), les préfets (arrêtés préfectoraux), ou les maires (arrêtés municipaux). La circulaire précise comment doivent être appliqués les textes (elle n'a pas en principe de valeur réglementaire).

- Arrêté du 22 juin 2007 relatif à la collecte, au transport et au traitement des eaux usées des agglomérations d'assainissement ainsi qu'à la surveillance de leur fonctionnement et de leur efficacité, et aux dispositifs d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique supérieure à 1,2 kg/j de DBO5.
- Arrêté du 21 juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO5.

Deux décrets de mise en application de la loi sur l'eau n° 92-3 du 2 janvier 1992 fixent les régimes de déclaration et d'autorisation de rejets des eaux urbaines dans le milieu récepteur :

- Décret n° 93-742 du 29 mars 1993 relatif aux procédures d'autorisation et de déclaration prévues par l'article 10 de la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992.
- Décret n° 93-743 du 29 mars 1993 relatif à la nomenclature des opérations soumises à autorisation ou déclaration en application de l'article 10 de la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992.

Tableau 4 : Corpus réglementaire de l'autosurveillance des systèmes d'assainissement

Date	Texte	Citation
21 mai 1991	Directive 91/271/CEE relative aux eaux résiduaires urbaines.	DERU
2 janvier 1992	Loi n° 92-3 sur l'eau.	LSE 1992
29 mars 1993	Décret n° 93-742 relatif aux procédures d'autorisation et de déclaration prévues par l'article 10 de la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992.	
	Décret n° 93-743 relatif à la nomenclature des opérations soumises à autorisation ou déclaration en application de l'article 10 de la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992.	
3 juin 1994	Décret n° 94-469 relatif à la collecte et au traitement des eaux usées mentionnées aux articles L. 372-1-1 et L. 372-3 du code des communes.	
22 décembre 1994	Arrêté fixant les prescriptions techniques relatives aux ouvrages de collecte et de traitement des eaux usées mentionnées aux articles L. 372-1-1 et L. 372-3 du code des communes.	Arrêté du 22/12/94 (1)
	Arrêté relatif à la surveillance des ouvrages de collecte et de traitement des eaux usées mentionnées aux articles L. 372-1-1 et L. 372-3 du code des communes.	Arrêté du 22/12/94 (2)
6 novembre 2000	Circulaire du ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement relative à la surveillance des ouvrages de collecte et de traitement des eaux usées mentionnées aux articles L. 2224-8 et L. 2224-10 du Code général des collectivités territoriales (texte non publié dans le journal officiel).	
22 juin 2007	Arrêté relatif à la collecte, au transport et au traitement des eaux usées des agglomérations d'assainissement ainsi qu'à la surveillance de leur fonctionnement et de leur efficacité, et aux dispositifs d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique supérieure à 1,2 kg/j de DBO5.	Arrêté du 22/06/07
21 juillet 2015	Arrêté relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO5.	Arrêté du 21/07/15

2 La gestion des eaux résiduaires urbaines

En France, la gestion des eaux urbaines dépend donc de la politique environnementale européenne. La protection de l'environnement devient une compétence communautaire en 1987 après la signature de l'Acte unique européen. L'action de la Communauté en la matière est fondée sur les principes de prévention, la correction à la source des atteintes à l'environnement et la responsabilisation des pollueurs¹¹⁵ (principe du "pollueur-payeur"). Plusieurs directives sont apparues entre 1975 et 1985 concernant la protection et la préservation des ressources en eaux souterraines et superficielles. Elles portent essentiellement sur les usages de ces ressources, les qualités requises par usage (consommation humaine, baignade, vie piscicole et conchylicole¹¹⁶) et les pollutions causées par certaines substances dangereuses déversées dans le milieu naturel¹¹⁷. La directive 91/271/CEE du 21 mai 1991 relative aux eaux résiduaires urbaines pose pour la première fois le problème de la pollution due aux rejets des agglomérations appelés « eaux résiduaires urbaines »¹¹⁸. Cette section vise à décrire les obligations de collecte et de traitement des rejets imposées par cette directive (2.1) ainsi que les moyens d'observation de sa mise en œuvre (2.1).

2.1 Mise en application de la directive ERU

La directive ERU impose aux Etats membres de mettre en place des systèmes de collecte et des systèmes de traitement des eaux résiduaires urbaines pour toutes « les agglomérations d'assainissement »¹¹⁹ de plus de 2 000 équivalent habitant (EH)¹²⁰. De plus, des

¹¹⁵ Titre VII, article 130S de l'Acte unique européen.

¹¹⁶ Les directives 75/440/CEE du 16 juin 1975 (eau potable), 76/160/CEE du 8 décembre 1975 (eaux de baignade), 77/795/CEE du 12 décembre 1977 (eaux douces), 78-659 du 18 juillet 1978 (eaux douces piscicoles) et 79/923/CEE du 30 octobre 1979 (eaux conchylicoles).

¹¹⁷ Les directives 76/464/CEE du 4 mai 1976 et 80/68/CEE du 17 décembre 1979 sur les substances dangereuses.

¹¹⁸ Les eaux usées ménagères (eaux produites essentiellement par le métabolisme humain et les activités ménagères) seules ou mélangées avec des eaux usées industrielles (eaux provenant de locaux utilisés à des fins commerciales ou industrielles, autres que les eaux ménagères usées et les eaux de ruissellement) et/ou des eaux de ruissellement [DERU, art. 2].

¹¹⁹ Une agglomération d'assainissement désigne toute zone dans laquelle la population ou les activités économiques sont suffisamment concentrées pour qu'il soit possible de collecter les eaux usées et les acheminer vers un système de traitement [Arrêté du 22/12/94 (2), art. 5].

réglementations ou des autorisations préalables sont à prévoir pour tout rejet dans le milieu récepteur, et pour tout rejet d'eaux usées industrielles dans les systèmes d'assainissement. Enfin, les Etats membres veillent à ce que tous les rejets et leurs impacts sur les milieux récepteurs soient surveillés.

2.1.1 Obligations et échéances de mise en œuvre

Les dispositions réglementaires, législatives et administratives pour la transposition en droit national de la directive ERU doivent être élaborés avant le 30 juin 1993. Les Etats membres doivent préparer les programmes de mise en œuvre et les envoyer à la Commission européenne avant le 31 décembre 1993. Ces programmes présentent la planification entre 1993 et 2005 des investissements nécessaires pour la mise en place des systèmes de collecte et des stations de traitement.

Pour le 31 décembre 1993, les Etats membres doivent identifier les zones sensibles sur la base des critères définis dans l'annexe II de la directive ERU (critères d'identification des zones sensibles et des zones moins sensibles¹²⁰). Ce zonage doit être révisé tous les quatre ans, les nouvelles zones identifiées sensibles doivent se conformer aux exigences de collecte et de traitement dans un délai de sept ans¹²². L'identification des zones sensibles est un préalable pour la mise en application de la directive, car elle conditionne l'obligation

¹²⁰ L'équivalent habitant (EH) est l'unité utilisée en assainissement pour évaluer la pollution organique représentant la quantité de matière organique rejetée par jour et par habitant. L'EH est défini comme la charge organique biodégradable ayant une demande biochimique d'oxygène en cinq jours (DBO5) de 60 grammes d'oxygène par jour [CGCT, art. R 2224-6].

¹²¹ Les zones sensibles comprennent les masses d'eau particulièrement sensibles aux pollutions à l'échelle du bassin versant hydrographique (eutrophisation, rejet de phosphore et/ou d'azote). Une masse d'eau est un milieu aquatique homogène (un lac, un réservoir, une portion de cours d'eau, un aquifère ou une zone côtière) [OIEau, 2019]. Elle est identifiée sensible si elle appartient à l'une des catégories suivantes : masses d'eaux douces, estuaires et eaux côtières qui sont eutrophes ou peuvent devenir eutrophes si des mesures de protection ne sont pas prises ; eaux douces de surface destinées au captage d'eau potable pour lesquelles la concentration en nitrates est supérieure à celle fixée par la directive 75/440/CEE du 16 juin 1975 (ou risque de le devenir) ; zones pour lesquelles un traitement complémentaire au traitement prévu est nécessaire pour satisfaire aux autres directives du Conseil (les directives sur les eaux de baignade, les eaux conchylicoles, les eaux piscicoles, etc.) [DERU, annexe II].

¹²² Un Etat membre n'est pas tenu d'identifier des zones sensibles s'il applique un traitement rigoureux sur l'ensemble de son territoire. Cinq Etats membres ont décidé de généraliser ce type de traitement : le Danemark, le Luxembourg, les Pays-Bas, la Finlande et la Suède. Neuf Etats membres ont quand à eux classé leurs masses d'eau en zones sensibles et moins sensibles : la Belgique, l'Allemagne, la France, l'Espagne, l'Italie, la Grèce, l'Irlande, le Portugal et le Royaume-Uni [CCE, 2001].

d'équipement en système de collecte, le type de traitement à mettre en place, et l'échéancier qui leur est applicable :

- le 31 décembre 1998, toutes les agglomérations dont l'EH est supérieur à 10 000 et qui rejettent leurs effluents dans une zone identifiée sensible, ou dans son bassin versant, doivent être équipées d'un système de collecte et de traitement rigoureux. Ce traitement désigne un procédé plus poussé que le traitement secondaire (procédé de traitement biologique suivi d'une décantation secondaire permettant l'élimination de la pollution organique et des matières en suspension), et permettant d'abattre la pollution azotée et phosphorée et la pollution bactériologique. Un bassin versant qui contribue à la pollution d'une zone sensible doit être considéré en tant que telle [DERU, art. 5]. Par conséquent, les agglomérations situées sur les bassins versants pertinents des zones sensibles font obligatoirement l'objet d'un traitement rigoureux ;
- le 31 décembre 2000, toutes les agglomérations dont l'EH est supérieur à 15 000 et qui rejettent leurs effluents dans une zone non sensible, doivent être équipées d'un système de collecte et de traitement secondaire ;
- le 31 décembre 2005, toutes les agglomérations dont l'EH est compris entre 2 000 et 10 000 et qui rejettent leurs effluents dans une zone sensible (ou dans son bassin versant), et entre 2 000 et 15 000 et qui ne rejettent pas leurs effluents dans une telle zone doivent être équipées d'un système de collecte et de traitement secondaire ;
- le 31 décembre 2005, toutes les agglomérations dont l'EH est inférieur à 2 000 EH, quelle que soit la nature du milieu dans lequel elles déversent leurs rejets, doivent être équipées d'un système de collecte et de traitement approprié (traitement par tout procédé ou système d'évacuation permettant de respecter les objectifs de qualité des eaux réceptrices retenus dans le cadre de la directive ERU et d'autres directives communautaires [DERU, art. 2]).

Le Tableau 5 reprend les échéances de mise en conformité des systèmes d'assainissement fixées par la directive ERU selon la taille de l'agglomération et la sensibilité du milieu récepteur.

Tableau 5 : Echéances et objectifs de la directive ERU

Date	Taille de l'agglomération	Nature du milieu récepteur	Objectifs
31/12/1998	supérieure à 10 000 EH	zone sensible	– système de collecte – traitement rigoureux
31/12/2000	supérieure à 15 000 EH	zone non sensible	– système de collecte – traitement secondaire
21/12/2005	comprise entre 2 000 et 10 000 EH	zone sensible	– système de collecte – traitement secondaire
	comprise entre 2 000 et 15 000 EH	zone non sensible	– système de collecte – traitement secondaire
	inférieure à 2 000 EH		– système de collecte – traitement approprié

Par ailleurs, les systèmes de collecte et de traitement doivent être contrôlés et suivis. Les dispositions de surveillance des rejets provenant des stations de traitement consistent en l'évaluation d'un ensemble de paramètres de suivi portant sur la demande biologique en oxygène¹²³ (DBO5), la demande chimique en oxygène¹²⁴ (DCO), les matières en suspension¹²⁵ (MES), l'azote total¹²⁶ (NGL) et le phosphate total¹²⁷ (Ptot) selon des protocoles bien précis (nature de l'échantillonnage, procédés et techniques de mesure, conservation des échantillons, etc.). Les prescriptions relatives aux systèmes de collecte concernent le suivi de la pollution des milieux récepteurs causée par les surcharges hydrauliques des réseaux lors des orages. Pour cela, les Etats membres doivent prendre les

¹²³ Quantité d'oxygène nécessaire à un échantillon d'eau pour minéraliser par voie biologique (oxydation aérobie par des bactéries) la matière organique biodégradable contenue dans l'eau. Elle repose sur le principe suivant : les micro-organismes présents dans l'échantillon vont consommer l'oxygène pour dégrader les matières organiques, un apport d'oxygène externe est nécessaire. La réaction de minéralisation étant lente, la quantité d'oxygène disparue au bout de cinq jours à 20 °C est prise comme référence. C'est la demande biochimique en oxygène en cinq jours ou DBO5 [Chocat, 1997].

¹²⁴ Quantité d'oxygène nécessaire pour une oxydation d'un échantillon d'eau par voie chimique des matières organiques et minérales qu'il contient [Chocat, 1997].

¹²⁵ Matières non dissoutes contenues dans l'eau et maintenues en suspension dans le liquide sous l'action de la turbulence [Chocat, 1997].

¹²⁶ L'azote total (NGL) est la somme de toutes les formes d'azote contenues dans les eaux résiduaires urbaines : azote organique (Norg) ; azote ammoniacal présent sous forme d'ions ammonium NH_4^+ (noté N- NH_4^+) ; azote nitreux présent sous forme de nitrites NO_2^- (noté N- NO_2^-) ; azote nitrique présent sous forme de nitrates NO_3^- (noté N- NO_3^-) [Chocat, 1997].

¹²⁷ Le phosphore total (Ptot) est la somme de toutes les formes de phosphore présentes dans les eaux résiduaires urbaines : phosphore organique ; phosphore présent sous une forme oxydée dissoute (essentiellement sous forme d'ions phosphates PO_4^{3-}) [Chocat, 1997].

mesures susceptibles de limiter les rejets directs provoqués par ces précipitations exceptionnelles. La directive ERU précise que ces mesures pourraient se fonder sur les taux de dilution des effluents collectés ou la capacité de la station d'épuration par rapport au débit par temps sec, ou encore indiquer un nombre acceptable de surcharge chaque année [DERU, annexe I].

Ainsi, des méthodes de surveillance de la conformité à ces exigences doivent être appliquées. Les eaux réceptrices font également l'objet de surveillance en cas de menace de détérioration de ces milieux par les rejets directs.

2.1.2 Observation de la mise en œuvre de la directive ERU

Plusieurs mesures ont été appliquées afin d'atteindre les objectifs de la directive ERU : élaboration de programmes de mise en œuvre et planification des financements qui leur sont relatifs, production de données permettant le suivi de cette mise en œuvre et ouverture de procédures d'infraction pour violation du droit de l'Union.

Dans son deuxième rapport publié en 2004 sur l'avancement de l'application de cette directive [CEE, 2004], la Commission européenne a souligné les difficultés rencontrées par les Etats membres à cet égard. Le bilan dressé évoque les enjeux relatifs au financement des nouveaux systèmes exigés et à l'amélioration des systèmes existantes¹²⁸. Les contraintes suscitées par les modalités de contrôle de la mise en œuvre souhaitée ont également été soulevées [CCE, 2004]. En effet, les Etats membres sont tenus de fournir des données complètes et de bonne qualité pour le suivi de l'évacuation de leurs rejets. Ces données doivent faire l'objet d'un rapport de situation biannuel qui, après publication, nécessite d'être transmis à la Commission européenne. Afin de faciliter l'élaboration des rapports de situation et de permettre à la Commission de comparer les informations qu'ils contiennent, le comité de suivi de la directive a créé en 1997 un groupe de travail chargé de préparer une proposition de format du rapport de situation et de proposer un modèle de questionnaire qui

¹²⁸ La directive 91/271/CEE du 21 mai 1991 constitue la législation la plus coûteuse dans le secteur de l'environnement en raison des normes strictes qu'elle impose pour la mise aux normes des systèmes d'assainissement dans les zones urbaines [CCE, 2004, p.124]. L'Union Européenne a consacré à cet effet des fonds considérables dans le cadre du Fonds de cohésion et du Fonds Européen de Développement Régional (FEDER).

servira à renseigner la surveillance des rejets. En décembre 2000, les modèles développés ont été transmis aux Etats membres par la Commission en leur demandant de les utiliser pour le recueil et la mise en forme des informations sur la surveillance pratiquée en 1999 par les agglomérations d'assainissement concernées par l'échéance du 31 décembre 1998. Ces informations doivent être envoyées à la Commission en juin 2001 au plus tard [CCE, 1999].

La mise en œuvre de la directive ERU a généré de nombreux contentieux, plusieurs Etats membres sont concernés dont la France. En 2001, seulement 59 % des flux polluants produits par les agglomérations françaises étaient conformes aux normes imposées, contre 91 % en Allemagne et 84 % au Royaume-Uni [Suez, 2005]. Cela a conduit à la condamnation de l'Etat français en 2004 par la Cour de Justice des Communautés Européennes pour non respect des échéances fixées par la directive et sa mauvaise application à l'échéance de 1998, et pour non transmission des données nécessaires pour l'évaluation de la mise en conformité avec les exigences de cette directive. En 2009, la Commission décide d'engager une nouvelle procédure d'infraction contre la France pour insuffisance des performances de ses systèmes de collecte et de traitement (cf. Encadré 5 sur l'historique des contentieux entre la France et la Commission européenne pour défauts de mise en œuvre de la directive ERU).

A la suite de sa première condamnation, la France a lancé en 2007 un plan d'action, dit "Plan Borloo", pour la mise aux normes de ses agglomérations d'assainissement¹²⁹. Deux circulaires ministérielles ont été publiées pour accélérer cette mise en conformité :

- la circulaire du 8 décembre 2006 relative à la mise en conformité de la collecte et du traitement des eaux usées des communes soumises aux échéances des 31 décembre 1998, 2000 et 2005 en application de la directive 91/271/CEE du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux résiduaires urbaines, énonce que toutes les agglomérations non conformes de taille supérieure à 2 000 EH, et dont les travaux d'assainissement ne sont pas commencés à la date de publication de la circulaire (20 janvier 2007), doivent être mises en demeure sans délais par les préfets ;

¹²⁹ Le plan d'action vise à obtenir de la part de l'ensemble des acteurs la réactivité maximale, la fiabilité et la transparence maximales sur les données, les délais minimums pour la mise en conformité des agglomérations en retard sur leurs échéances [MEDAD, 2007, p.4].

- la circulaire du 17 décembre 2007¹³⁰ renforce la circulaire du 8 décembre 2006 et fait apparaître un volet sur la non conformité des systèmes de collecte selon lequel toutes les agglomérations d'assainissement déclarées non conformes sur la collecte et dont les travaux ne sont pas achevés à la fin de l'année 2007 doivent faire l'objet, le 31 décembre 2007 au plus tard, d'un ou plusieurs procès-verbaux identifiant les points de rejets, la nature et la quantité de pollution ; et d'une mise en demeure précisant les travaux à exécuter et leurs échéanciers.

Les mesures réglementaires ont été complétées par des mesures économiques mises en œuvre par les agences de l'eau dans le cadre de leur 9^e programme (2007-2012) qui visent la mise en conformité de toutes les agglomérations d'assainissement, indépendamment de leurs tailles, avant fin 2012. Au delà de cette date, aucune aide ne sera accordée à cet effet. Par ailleurs, les grandes agglomérations en retard (taille supérieure à 10 000 EH) s'engagent, par la signature d'un contrat avant décembre 2007, à respecter un échéancier pour leurs travaux de mise aux normes avec : division par deux du niveau d'aide en cas de refus de ce principe de conventionnement ; attribution d'une aide dégressive en cas de non respect des échéances contractuelles ; et diminution, voire suppression de la totalité des primes pour épuration si la mise en conformité n'est pas effective. C'est dans ce contexte que l'autosurveillance des systèmes d'assainissement a été accélérée pour ne plus avoir de non conformité liée à une surveillance insuffisante de ces systèmes¹³¹ [MEDAD, 2007].

¹³⁰ Additif à la circulaire du 8 décembre 2006 relative à la mise en conformité de la collecte et du traitement des eaux usées des communes soumises aux échéances des 31 décembre 1998, 2000 et 2005 en application de la directive 91/271/CEE du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux résiduaires urbaines.

¹³¹ Selon le rapport d'information de Fabienne Keller [2011] sur le suivi des contentieux communautaires dans le domaine de l'environnement, la France n'a pris conscience des enjeux de contentieux, et des délais nécessaires à la mise aux normes imposées par la directive ERU qu'après sa première condamnation en 2004. La mobilisation est devenue effective grâce à deux vecteurs : le "Plan Borloo" et la neuvième programmation des agences de l'eau (2007-2012).

Encadré 5 : Historique des contentieux entre l'Etat français et la Commission européenne¹³²

Echéance du 31 décembre 1993 : manquement aux obligations des zones sensibles. – Entre 1998 et 2000, la Commission a chargé un consultant de vérifier les identifications des zones sensibles faites par les Etats membres. Afin d'évaluer le niveau de collecte et de traitement des eaux résiduaires urbaines en vue de la première échéance du 31 décembre 1998, elle a demandé ces informations par lettre du 22 mars 2000. La France n'a pas répondu à cette demande. Le 10 avril 2001, la Commission décide de lui envoyer un avis motivé pour non application de la directive 91/271/CE relative au traitement des eaux résiduaires urbaine [CE, 2001a]. Cette décision concerne plusieurs manquements portant sur les zones sensibles. La première liste des agglomérations concernées par ce zonage a été établie en novembre 1994. Elle a été revue en août 1999 (identification de zones sensibles qui auraient dû être identifiées à la fin de 1993). Outre les insuffisances dans l'identification des zones sensibles, la France se voit reprocher une approche restrictive dans l'utilisation des critères fixés pour chaque masse d'eau identifiée comme sensible : la distinction entre d'une part, les masses d'eau polluées ou susceptibles de l'être et, d'autre part, les bassins versants de ces masses d'eau où des mesures de protection doivent être prises n'a pas été faite [Laimé, 2009]. Enfin, la Commission a constaté la non application à la fin de 1998 des normes de rejets auxquelles sont soumises les agglomérations dont les rejets sont effectués dans les zones identifiées. N'ayant pas répondu à l'avis motivé envoyé le 10 avril 2001, la Commission décide le 24 juillet 2001, de saisir la Cour de Justice Européenne à l'encontre de la France. Cette décision est justifiée par l'insuffisance de l'identification des zones sensibles (les critères d'identification sont jugés restrictifs) et l'absence de normes régissant les rejets dans ces milieux jusqu'à la fin de 1998 [CE, 2001b].

Echéance du 31 décembre 1993 : manquements aux obligations d'information sur la surveillance. – La Commission a demandé les informations sur la surveillance des rejets pour les agglomérations concernées par l'échéance du 31 décembre 1998 par lettre le 18 décembre 1999, et par questionnaire électronique. La France n'a pas répondu à cette demande. Le 02 juillet 2002, la Commission décide d'envoyer une lettre de mise en demeure aux autorités françaises pour absence d'informations suffisantes sur la manière dont la directive ERU est appliquée : aucun rapport de situation n'a été publié, aucune information sur les zones sensibles n'a été envoyée [CE, 2002]. Le 21 janvier 2003, la Commission décide d'adresser un avis motivé à la France l'invitant à fournir des compléments d'informations sur la mise en œuvre de la directive ERU [CE, 2003]. La transmission des données par les autorités françaises n'était pas satisfaisante (retard d'envoi, plusieurs données incomplètes ou inexistantes). La Commission décide donc de saisir la Cour de Justice contre la France en date du 13 janvier 2004 pour déficit d'information [CE, 2004]. Le 23 septembre 2004, la France est condamnée par la Cour de Justice pour avoir insuffisamment désigné des zones sensibles dans lesquelles le traitement aurait dû être plus strict. De nombreuses agglomérations de plus de 10

¹³² La Commission est habilitée à engager une procédure d'infraction contre un Etat membre manquant à ses obligations sur la base de ses propres enquêtes ou à la suite de plaintes de citoyens, d'entreprises ou d'autres parties intéressées. Elle adresse d'abord à l'Etat membre concerné une lettre de mise en demeure l'invitant à présenter de plus amples informations dans un délai déterminé, généralement de deux mois. Au vu de la réponse ou l'absence de réponse, la Commission peut lui adresser un avis motivé (une deuxième lettre d'avertissement) indiquant les raisons pour les quelles elle considère que le pays ne respecte pas le droit de l'Union. Elle lui demande également de l'informer des mesures prises dans un délai prescrit (généralement de deux mois). Si l'Etat membre ne respecte toujours pas ses obligations, la Commission peut décider de saisir la Cour de justice des Communautés européennes.

000 EH n'avaient pas respecté la première échéance du 31 décembre 1998 pour mettre en place un traitement rigoureux [CJCE, 2004].

En 2006, la France a désigné onze nouvelles zones comme sensibles. En ce qui concerne les 121 localités rejetant leurs eaux usées dans les zones déjà désignées en tant que zones sensibles, la France a procédé à leur réorganisation en 164 localités, ce qui a permis à certaines d'entre elles de ne plus atteindre le seuil de 10 000 EH à partir duquel la directive s'applique [Keller, 2011]. La Commission considère que les autorités françaises n'ont pas respecté l'arrêt rendu en 2004 par la Cour de justice (140 localités, dont la ville de Paris, continuent à rejeter leurs eaux résiduaires dans des zones sensibles), et estime que la réorganisation des localités a été effectuée dans le but d'éviter de devoir se conformer à la directive. Elle décide d'adresser à la France un avis motivé le 31 janvier 2008 par lequel elle l'invite à mettre rapidement les installations de traitement des eaux résiduaires urbaines nécessaires dans toutes les localités concernées par l'échéance du 31 décembre 1998.

Echéance du 31 décembre 2000 : retard dans le développement et la mise en conformité des infrastructures de collecte et de traitement dans les agglomérations de plus de 15 000 EH. –

L'échéance du 21 décembre 2000 prévue par la directive ERU concerne les agglomérations dont l'EH est supérieur à 15 000 et qui rejettent leurs effluents dans des zones non sensibles. La Commission a demandé aux Etats membres de rendre compte de la situation par lettre le 14 avril 2001. Elle décide d'adresser à la France une lettre de mise en demeure le 08 juillet 2004, pour le retard de mise en conformité de la collecte et du traitement des eaux résiduaires urbaines dans les agglomérations de plus de 15 000 EH soumises à l'échéance du 31 décembre 2000. Un second avertissement (un avis motivé) lui a été adressé le 10 décembre 2008 pour non conformité avec la directive. Après avoir évalué une nouvelle fois la situation, la Commission constate que 64 agglomérations ne disposent pas de l'infrastructure d'assainissement adéquate. Le 20 novembre 2009, la Commission décide d'assigner la France devant la Cour de Justice [CE, 2009].

Echéance du 31 décembre 2005 : insuffisance de la collecte et du traitement dans les petites agglomérations. –

Les Etats membres doivent veiller à ce que les villes dont l'EH est compris entre 2 000 et 15 000 et qui rejettent leurs effluents dans des zones non sensibles, ou dont l'EH est compris entre 2 000 et 10 000 et qui rejettent leurs effluents dans des zones sensibles, soient équipées d'un système de collecte et de traitement approprié ou secondaire. Le 20 novembre 2009, la Commission décide d'adresser un premier avertissement à la France pour insuffisance de la collecte et du traitement de ses rejets dans les petites villes.

Synthèse réalisée par Selma Baati, 2017

3 Les obligations d'autosurveillance

Les communes (ou leurs groupements¹³³) sont responsables de la mise en œuvre et de l'exploitation des systèmes d'assainissement collectif. Les communes délimitent après enquête publique [CGCT, art. 2224-10] :

¹³³ Syndicat de communes, communauté de communes, communauté d'agglomération, communauté urbaine, ou Métropole.

- les zones d’assainissement collectif où elles sont tenues d’assurer la collecte des eaux usées domestiques et le stockage, l’épuration et le rejet ou la réutilisation de l’ensemble des eaux collectées ;
- les zones relevant de l’assainissement non collectif où elles sont tenues, afin de protéger la salubrité publique, d’assurer le contrôle des dispositifs d’assainissement et, si elles le décident, leur entretien ;
- les zones où il est nécessaire de prévoir des installations pour assurer la collecte, le stockage, et le traitement éventuel des eaux pluviales et de ruissellement lorsque la pollution qu’elles véhiculent risque de nuire gravement à l’équilibre des milieux récepteurs.

Ces responsabilités se traduisent par l’obligation d’assurer l’acheminement de la totalité des effluents collectés jusqu’à la station de traitement, par temps sec et par temps de pluie, et par la nécessité de traiter ces effluents selon les niveaux de performance à respecter pour les divers polluants. Les communes prennent obligatoirement en charge les dépenses relatives aux systèmes d’assainissement collectif (collecte, traitement et élimination des boues produites). Elles sont aussi responsables du suivi du fonctionnement de leur système d’assainissement collectif par la surveillance des ouvrages de collecte, des stations de traitement et des milieux récepteurs. Elles peuvent confier leurs responsabilités d’assainissement à un concessionnaire en ce qui concerne la construction ou la reconstruction totale ou partielle des ouvrages, ou à un délégataire pour ce qui est de leur exploitation. Dans ce cas, la responsabilité de mise en œuvre de l’autosurveillance est transférée à l’exploitant des ouvrages de collecte ou de traitement concerné. La collectivité conserve cependant sa responsabilité d’autorité délégante qui consiste à vérifier que les obligations prévues contractuellement sont bien remplies par son délégataire. L’objectif de cette section est de présenter les prescriptions techniques qui s’imposent aux systèmes d’assainissement (3.1), les procédures de déclaration et d’autorisation dont ils font l’objet (3.1), et les modalités de surveillance des effluents collectés et des rejets d’effluents non traités dans les milieux récepteurs (3.3).

3.1 Les prescriptions techniques relatives aux systèmes d'assainissement

Les systèmes de collecte et de traitement forment des ensembles techniquement cohérents. La cohérence technique doit être assurée en termes de capacité hydraulique (une compatibilité entre d'une part, les débits dus aux raccordements et ceux dus aux ruissellement, et d'autre part, le dimensionnement des ouvrages de collecte et de traitement) ; et de charge polluante (une compatibilité entre les charges polluantes produites et collectées et les caractéristiques de la station de traitement) [Arrêté du 22/06/07, art. 2]. Selon la circulaire du 08 décembre 2006 relative à la mise en conformité de la collecte et du traitement des eaux usées des communes soumises aux échéances des 31 décembre 1998, 2000 et 2005 en application de la directive 91/271/CEE du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux résiduaires urbaines, la cohérence technique doit tenir compte de l'ouverture à l'urbanisation de nouveaux secteurs selon la durée de vie des ouvrages.

Les systèmes de collecte doivent être dimensionnés, réalisés, entretenus et exploités en tenant compte des effets cumulés des ouvrages qui les constituent sur les milieux récepteurs, et de manière à minimiser la quantité totale de pollution déversée dans les milieux récepteurs par temps de pluie, tout particulièrement dans les zones à usage sensible¹³⁴.

Les caractéristiques des ensembles techniques que forment les systèmes de collecte et les systèmes de traitement doivent être adaptées aux objectifs de qualité des milieux récepteurs. Ces objectifs sont définis au plan national par le Code de l'Environnement¹³⁵ en ce qui concerne les eaux conchylicoles, piscicoles, de baignade et les eaux superficielles destinées à la production d'eau alimentaire. Les documents de planification de la gestion de l'eau à l'échelle des bassins versants hydrographiques, les SDAGE (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion de l'Eau) et les SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau), définissent également les objectifs de qualité des masses d'eau superficielles et souterraines conformément aux normes de la directive 2000/60/CE du

¹³⁴ Les zones où sont utilisées des eaux superficielles ou souterraines pour la production d'eau destinée à la consommation humaine, la conchyliculture, la pisciculture, la cressiculture, la pêche à pied, la baignade et les activités nautiques.

¹³⁵ Article D. 211-10 du Code de l'Environnement.

Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau, dite directive cadre sur l'eau (DCE 2000)¹³⁶. Dans le cas d'un système de collecte séparatif, les réseaux des eaux pluviales ne doivent pas être raccordés aux réseaux des eaux usées. Dans le cas d'un système de collecte unitaire, les techniques alternatives de gestions des eaux pluviales sont à prévoir afin de limiter les apports de ruissellement dans les systèmes de collecte¹³⁷. Par ailleurs, les apports d'eaux claires parasites (ECP) risquant de perturber le fonctionnement des systèmes d'assainissement doivent également être limités.

Les agglomérations d'assainissement produisant une charge brute de pollution organique (CBPO)¹³⁸ supérieure à 120 kg/jour de DBO5 doivent faire l'objet d'un programme d'assainissement qui comprend un diagnostic du système d'assainissement (il peut être réalisé par tout moyen approprié : inspection télévisés, enregistrements de débits horaires véhiculés par les principaux émissaires, mesure de temps de déversements ou de débits, résultats de modélisation hydrauliques, etc.) ; et un programme d'action visant à corriger les éventuels dysfonctionnements constatés. Les agglomérations d'assainissement générant une CBPO inférieure à 600 kg/j de DBO5 doivent établir un diagnostic périodique au moins tous les deux ans. Enfin, les agglomérations d'assainissement dont la CBPO produite est supérieure ou égale à 600 kg/j de DBO5, doivent mettre en place un diagnostic permanent afin de suivre en continu le fonctionnement et l'état structurel du système d'assainissement. Plusieurs dispositions réglementaires constituent un socle minimal pour

¹³⁶ La territorialisation de la gestion de l'eau par bassin versant hydrographique a été introduite par loi n° 64-1245 du 16 décembre 1964 relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution (première grande loi française sur l'eau). La politique communautaire de l'eau a reproduit le modèle français de découpage en unités hydrographiques. Elle prévoit, selon la DCE 2000, une gestion de la ressource en eau par « district hydrographique ». Le SDAGE (opposable aux administrations) et le SAGE sont les outils de planification concertée des usages de l'eau. Ils décrivent les orientations de la politique de l'eau par unité de bassin et de sous-bassin hydrographique (le SAGE est une déclinaison locale du SDAGE).

¹³⁷ L'arrêté du 22 juin 2007 introduit la nécessité de recourir au mode de gestion à la source des eaux pluviales en plus de la gestion séparative : « Le système de collecte des eaux pluviales ne doit pas être raccordé au système de collecte des eaux usées, sauf justification expresse du maître d'ouvrage et à la condition que le dimensionnement du système de collecte et celui de la station de traitement des eaux usées le permettent. Dans le cas de systèmes de collecte en tout ou partie unitaires, les solutions de gestion des eaux pluviales le plus en amont possible sont étudiées afin de limiter les apports d'eaux pluviales dans le système de collecte. Chaque fois qu'elles sont viables sur le plan technico-économique, celles-ci sont prioritairement retenues » [Arrêté du 22/06/07, art. 5].

¹³⁸ La CBPO désigne la demande biochimique en oxygène sur cinq jours (DBO5) calculée sur la base de la charge journalière moyenne de la semaine au cours de laquelle est produite la plus forte charge de substances polluantes dans l'année [CGCT, art. R. 2224-6].

répondre à cet objectif de connaissance du fonctionnement du système d'assainissement dont la surveillance des principaux rejets des déversoirs d'orage et des stations de traitement, le suivi des rejets non domestiques et la surveillance des masses d'eau réceptrices de ces différents rejets.

3.2 Les demandes d'autorisation et de déclaration

Les Installations, Ouvrages, Travaux et Activités (IOTA) entraînant des prélèvements en eau superficielle ou souterraine, des écoulements, une modification du mode et du niveau des écoulements, des déversements ou des rejets directs au milieu naturel, sont définis dans une nomenclature IOTA¹³⁹ [C.Env., L. 214-1 à 6]. Selon la gravité de leurs impacts sur les milieux récepteurs, les IOTA sont soumis soit au régime d'autorisation (A), soit au régime de déclaration (D). Les installations et ouvrages susceptibles de nuire à la santé publique, perturber le libre écoulement des eaux, aggraver le risque d'inondation ou porter atteinte à l'équilibre des milieux aquatiques, sont soumis à autorisation. Une procédure d'enquête publique est obligatoire ; elle est conclue par un arrêté préfectoral d'autorisation ou de refus d'autorisation. Les installations et ouvrages ne présentant pas les risques susmentionnés dépendent du régime de déclaration qui consiste en une simple procédure d'instruction (ne nécessitant pas d'enquête publique) conclue par un récépissé préfectoral d'acceptation ou de refus de déclaration.

Selon la CBPO collectée et traitée, les systèmes d'assainissement – ouvrages, rejets d'eaux usées, rejets et infiltrations d'eaux pluviales – sont soumis à l'un ou l'autre des régimes : les stations d'épuration des agglomérations d'assainissement traitant une charge brute de pollution organique comprise entre 12 et 600 kg/j de DBO5, sont soumises à déclaration. De même pour les déversoirs d'orage situés sur un tronçon du réseau destiné à collecter un flux de pollution journalier compris entre 12 et 600 kg/j de DBO5. Au delà du seuil de 600 kg/j de DBO5, ces ouvrages doivent faire l'objet d'une demande d'autorisation [C. Env., art. R. 214-1].

¹³⁹ La nomenclature IOTA est la nomenclature EAU définie par la loi sur l'eau n° 92-3 du 2 janvier 1992 [LSE 1992, art. 10]. Il existe également la nomenclature ICPE qui regroupe les installations industrielles et agricoles soumises à la législation des installations classées inscrite au Code de l'Environnement. Les projets classés ICPE et qui sont également des IOTA sont dispensés du régime d'autorisation ou déclaration au titre de la législation sur l'eau.

Un document d'incidence doit être obligatoirement annexé à la demande d'autorisation ou de déclaration¹⁴⁰. Ce document présente l'ensemble des ouvrages de collecte et de traitement, les caractéristiques des effluents collectés et traités, les justifications des choix liés à la conception et au dimensionnement des ouvrages, et les conditions de leur fonctionnement. La compatibilité avec les objectifs de qualité des masses d'eaux réceptrices doit être établie.

Dans le cas d'un système de traitement, le document d'incidence doit contenir les informations suivantes : l'impact de ce projet sur la ressource en eau et le milieu récepteur ; la description du système de collecte et de la zone desservie ; la présentation de ses performances et des équipements destinés à limiter la variation des charges entrant la station d'épuration (notamment les déversoirs en tête de station) ; les variations saisonnières de ces charges dues aux fortes pluies. L'arrêté d'autorisation fixe les valeurs limites de rejet provenant de la station de traitement pour des conditions normales de fonctionnement.

Dans le cas d'un système de collecte, la demande d'autorisation ou de déclaration, comprend : une évaluation des charges de pollution parvenant aux déversoirs d'orage et leurs variations ; une détermination du niveau d'intensité pluviométrique susceptible de déclencher des rejets directs dans le milieu récepteur et la fréquence des événements pluviométriques d'intensité supérieure ou égale à ce niveau ; une estimation des flux de pollution déversée en fonction des événements pluviométriques retenus et l'étude de leurs impacts. Le document d'incidence doit aussi fournir les informations nécessaires concernant la description du système de collecte : nature des effluents collectés (pollution d'origine domestique et non domestique) et conditions de raccordement ; zones desservies en cohérence avec le zonage d'assainissement prévu par l'article L. 2224-10 du CGCT ; localisation des points de rejets et modalités techniques de surveillance des déversoirs d'orage ; caractéristiques du milieu récepteur et impacts de ces rejets sur sa qualité ; diagnostic de fonctionnement par temps sec et par temps de pluie (fuites, intrusion d'eaux claires parasites, mauvais branchements, etc.) ; évaluation des volumes et charges de pollution dues aux eaux pluviales collectées en cohérence avec le zonage d'assainissement

¹⁴⁰ Le contenu précis des documents d'incidence est définie par les articles R. 214-6 et R. 214-32 du Code de l'Environnement.

pluvial ; évaluation des volumes d'eaux pluviales non collectés grâce aux solutions de gestion alternative à la source ; évaluation du volume et de la charge de pollution non domestique collectée. L'arrêté d'autorisation du système de collecte fixe le nombre de déversements annuels admis dans le milieu récepteur au niveau des déversoirs d'orage.

Lors de périodes d'entretien et de maintenance, les systèmes d'assainissement doivent respecter un niveau de performance acceptable. L'exploitant informe la police de l'eau des opérations envisagées ainsi que leurs impacts sur la qualité des milieux récepteurs. Les caractéristiques des déversements pour la période prévisible d'entretien et les mesures prises pour réduire leurs impacts sur les eaux réceptrices doivent être précisées.

3.3 Surveillance des systèmes de collecte

La surveillance des systèmes de collecte vise le contrôle de leur efficacité par l'évaluation des déversements d'effluents non traités au niveau des points de rejets, les déversoirs d'orage, et des effluents transitant dans le réseau. Aucun rejet au milieu récepteur ne peut être admis en dehors des situations exceptionnelles de fortes pluies conduisant au dépassement du débit de référence.

La directive ERU reconnaît qu'il n'est pas possible de construire des systèmes d'assainissement capables d'évacuer toutes les eaux usées dans certaines situations telles que la survenue de précipitations particulièrement fortes [DERU, annexe I]. Pour cela, elle introduit la notion de débit de référence qui désigne le débit journalier associé au système d'assainissement au delà duquel les valeurs limites de rejet qu'elle a fixées ne peuvent être respectées. Plus précisément, le débit de référence définit le seuil au dessus duquel la station de traitement est considérée comme étant dans une situation inhabituelle de son fonctionnement (le débit de référence est précisé dans son arrêté préfectoral d'autorisation).

En raison du caractère aléatoire des pluies, certains déversoirs d'orage, peuvent toutefois déverser avant que le débit de référence ne soit atteint. En effet, ce paramètre est homogène sur tout le territoire de l'agglomération d'assainissement, il résulte d'un calcul de débit pour

une pluie référence, la pluie de projet¹⁴¹. Les pluies d'une intensité supérieure à celle de la pluie de projet, et entraînant par conséquent des débits excédents ceux pour lesquels les déversoirs d'orage sont conçus, peuvent provoquer des déversements dans certains secteurs du réseau d'assainissement¹⁴².

3.3.1 Suivi des rejets directs et des débits de transit

Les déversoirs d'orage et dérivations éventuelles du système de collecte font l'objet de points de surveillance réglementaire (points de rejets) selon la charge brute de pollution organique (CBPO) transitant par temps sec dans les tronçons sur les quels se situent ces ouvrages :

- Les déversoirs situés sur un tronçon destiné à collecter une CBPO par temps sec supérieure à 600 kg/j de DBO5, font l'objet d'une surveillance permettant de mesurer et d'enregistrer en continu les débits, et d'estimer la charge polluante déversée dans le milieu naturel ;
- les déversoirs d'orage situés sur un tronçon destiné à collecter une CBPO comprise entre 120 et 600 de DBO5, font l'objet d'une surveillance permettant de mesurer le temps de déversement, et d'estimer les débits déversés.

Il est possible de ne réaliser la surveillance que sur un ensemble de déversoirs d'orage représentant au moins 70 % de la totalité des rejets annuels du système de collecte. Cette dérogation relève d'une décision du Préfet sous réserve de justification établissant les coûts excessifs liés à la mise en place de l'autosurveillance.

La surveillance des systèmes de collecte renvoie également au suivi des débits de transfert à certains endroits du réseau de collecte : le système de collecte des agglomérations

¹⁴¹ La pluie de projet est un événement pluvieux fictif, censé être représentatif de la pluviométrie locale, provoquer des effets dans le réseau d'assainissement (débits, volume, etc.), et auquel il est possible d'associer une période de retour.

¹⁴² « De tels déversements localisés ne représentent pas une non conformité du réseau si tous les déversoirs d'orage sont dimensionnés de manière homogène pour ne pas déverser d'effluents pour la pluie de projet unique, correspondant au débit de référence au niveau de la station d'épuration » [MEEDDAT, 2009, p.43]. Cette condition est difficile à obtenir vu la complexité du fonctionnement hydraulique des réseaux d'assainissement par temps de pluie (cf. Chapitre 6).

d'assainissement produisant une charge brute de pollution organique supérieure à 600 kg/j de DBO5 doivent être conçus ou adaptés pour permettre la réalisation de mesures de débits aux emplacements caractéristiques du réseau : postes de relèvement produisant plus de 600 kg/j de DBO5 ; déversoirs d'orage en tête de stations de traitement ; points de raccordement de réseaux secondaires sur un collecteur. Par ailleurs, l'exploitant réalise obligatoirement un bilan annuel du taux de collecte¹⁴³ et du taux de raccordement¹⁴⁴, et vérifie la qualité des branchements.

3.3.2 Validation et contrôle du dispositif d'autosurveillance

L'exploitant du système d'assainissement rédige, sous la responsabilité du maître d'ouvrage, un manuel d'autosurveillance décrivant de manière précise :

- son organisation interne ;
- les méthodes de contrôle et d'exploitation des instruments de mesure ;
- la localisation des points de mesure et de prélèvement des échantillons d'eaux usées ;
- les organismes extérieurs à qui il confie tout ou partie de l'autosurveillance ;
- la qualification des personnels impliqués dans l'autosurveillance ;
- les performances de collecte et de traitement à atteindre conformément aux arrêtés d'autorisation ;
- les informations liées à la mise en œuvre du format informatique d'échange des données d'autosurveillance (cf. section 4).

Le manuel d'autosurveillance doit être validé par l'agence de l'eau. Celle-ci réalise une expertise du manuel pour s'assurer de la conformité du dispositif projeté aux obligations de surveillance.

La vérification du dispositif d'autosurveillance, lors de sa mise en place, repose sur le contrôle de sa conformité au manuel d'autosurveillance préalablement validé, et sur la

¹⁴³ Le taux de collecte est le rapport de la quantité de matières polluantes captée par le réseau (quantité de matières polluantes parvenant aux ouvrages de traitement à laquelle se rajoutent les boues de curage et de nettoyage des ouvrages de collecte) à la quantité de matières polluantes générée dans la zone desservie par le réseau [Arrêté du 22/12/94 (1), annexe III].

¹⁴⁴ Le taux de raccordement est le rapport de la population raccordée effectivement au réseau à la population desservie par celui-ci [Arrêté du 22/12/94 (1), annexe III].

vérification des instruments de mesure. La validation initiale des moyens de mesure est déterminante pour l'obtention des subventions accordées par l'agence de l'eau pour ce type d'équipement. Ces subventions ne sont versées que lorsque le contrôle de mise en place est concluant.

Hormis le contrôle de mise en place, l'agence de l'eau réalise chaque année un contrôle de fonctionnement pour vérifier :

- la présence des instruments nécessaires pour mesurer les débits ;
- la présence des préleveurs d'échantillons d'eau usées ;
- les conditions de stockage des échantillons prélevés et la réalisation d'analyses de paramètres figurant dans l'arrêté d'autorisation ;
- la représentativité des données produites par les différents instruments de mesure.

L'agence de l'eau réalise ce contrôle pour ses propres besoins (calcul des primes pour épuration) et pour le compte de la police de l'eau qui par ailleurs peut procéder à des contrôles inopinés du respect des prescriptions d'autosurveillance et notamment des seuils de rejet approuvés par l'arrêté d'autorisation. En outre, le maître d'ouvrage organise tous les ans une expertise technique de son dispositif d'autosurveillance par un organisme agréé (par exemple, un bureau d'études). Celui-ci vérifie les instruments de mesure *in situ* et la représentativité des données qu'ils fournissent. Le compte rendu de l'expertise doit être transmis à la police de l'eau et à l'agence de l'eau, et annexé au bilan annuel d'autosurveillance.

4 Transmission des données d'autosurveillance

La transmission des données d'autosurveillance à une fréquence mensuelle et sous forme de bilans annuels au service de la police de l'eau et à l'agence de l'eau est obligatoire. Cette transmission doit être effectuée dans le cadre du format informatique d'échange des données d'autosurveillance développé par le Secrétariat d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau communément : le format SANDRE¹⁴⁵ (4.1). La

¹⁴⁵ Le système d'Information sur l'Eau (SIE), créé en 1992, est formé par un ensemble de processus d'organisation des flux de données par lesquels les informations relatives à la gestion de l'eau sont acquises, collectées, enregistrées, organisées, traitées et publiées de façon systématique. Le format informatique

centralisation des données transmises permet d'alimenter le Réseau National des Données sur l'eau (RNDE), et d'établir ainsi les rapports européens rendant compte de la mise en œuvre de la directive ERU¹⁴⁶. Pour cela, les données transmises par les exploitants sont contrôlées et examinées par l'agence de l'eau selon "une procédure de qualification de la donnée" (4.2).

4.1 Fréquences et langage de transmission

La transmission des données d'autosurveillance est effectuée par l'exploitant sous la responsabilité du maître d'ouvrage du système d'assainissement. Certaines données doivent faire l'objet d'une transmission immédiate. Par exemple, en cas de dépassement des seuils fixés par la réglementation, et complétés, le cas échéant par l'arrêté d'autorisation, ou en cas de circonstances exceptionnelles empêchant la collecte et le traitement de la totalité des effluents, la transmission des données d'autosurveillance au service chargé de la police de l'eau est immédiate et doit respecter les modalités d'envoi précisées par le manuel d'autosurveillance. Les résultats de mesures et analyses prévus durant le mois N, sont transmis courant le mois N+1 au service chargé de la police de l'eau et à l'agence de l'eau, sous format SANDRE. Les dépassements des seuils, mentionnés plus haut, doivent être rappelés dans les transmissions mensuelles. Enfin, l'établissement d'un rapport annuel composé d'une synthèse des données d'autosurveillance et des performances du système d'assainissement, est obligatoire¹⁴⁷.

Les données d'autosurveillance sont associées à des "points SANDRE" identiques pour tous les systèmes d'assainissement. Ces points sont appelés "points réglementaires" et "points logiques" auxquels sont rattachés un support relatif à une nature d'effluent ou de

développé par le Secrétariat d'administration nationale des données et référentiels sur l'eau d'où son appellation SANDRE, est une composante du SIE dédiée à l'échange des données d'autosurveillance.

¹⁴⁶ En 2012, la Commission européenne a mis en place un outil de diffusion automatisée et informatisée des données de mise en œuvre de la directive ERU : le SIIF (*Structured Implementation and Information Framework* ou Cadre Structuré de Mise en œuvre et d'Information). Dans le cadre du SIIF, 28 plates-formes nationales diffusent des données sous la forme de graphiques, de cartes, de tableaux et de statistiques, avec une composante géospatiale qui réalise également des calculs automatiques [CE, 2017].

¹⁴⁷ Les quantités annuelles de sous-produits de curage et de décantation du réseau de collecte et de ceux produits par la station d'épuration (graisse, sable, etc.) ainsi que leur destination, doivent être précisées.

sous-produit (débits d'effluents évacués, quantités de boues produites, de sous-produit de décantation, etc.).

Les points de mesure réglementaires. – Les informations recueillies au niveau des points de mesure réglementaires décrivent d'un point de vue macroscopique le fonctionnement du système d'assainissement. Elles constituent les données sur l'autosurveillance au sens strict. Pour cela, Elles doivent être obligatoirement communiquées à la police de l'eau et à l'agence de l'eau. Ces points sont codifiés par le langage SANDRE, selon leur localisation, en A1, A2, A3, A4, A5, A6 et A7 (cf. *infra* Figure 15).

Les points de mesure logiques. – Un point de mesure logique permet de recueillir des informations qui apportent soit un niveau de détail plus fin vis-à-vis des données d'autosurveillance, soit des informations complémentaires en ce qui concerne les réactifs utilisés et les sous-produits. Les points logiques relevant du système de collecte sont codés R1, R2 et R3¹⁴⁸ : R1 désigne un ouvrage du système de collecte non soumis à une autosurveillance réglementaire et à l'origine de rejets directs et exceptionnels dans le milieu récepteur, de tout ou partie des effluents collectés par le réseau en amont de cet ouvrage ; R2 correspond à un point caractéristique du système de collecte ; R3 caractérise une entrée d'effluent non domestique dans le réseau de collecte (par exemple, une eau d'origine industrielle). L'échange des données relatives aux points de mesure logiques est facultatif. Cependant, dans de nombreux cas, il peut être nécessaire d'échanger ces informations pour la bonne compréhension du fonctionnement des systèmes de collecte ou de traitement, notamment lors du contrôle des données transmises (section 4.2).

¹⁴⁸ Les points logiques appartenant au système de traitement sont codés S1 à 18.

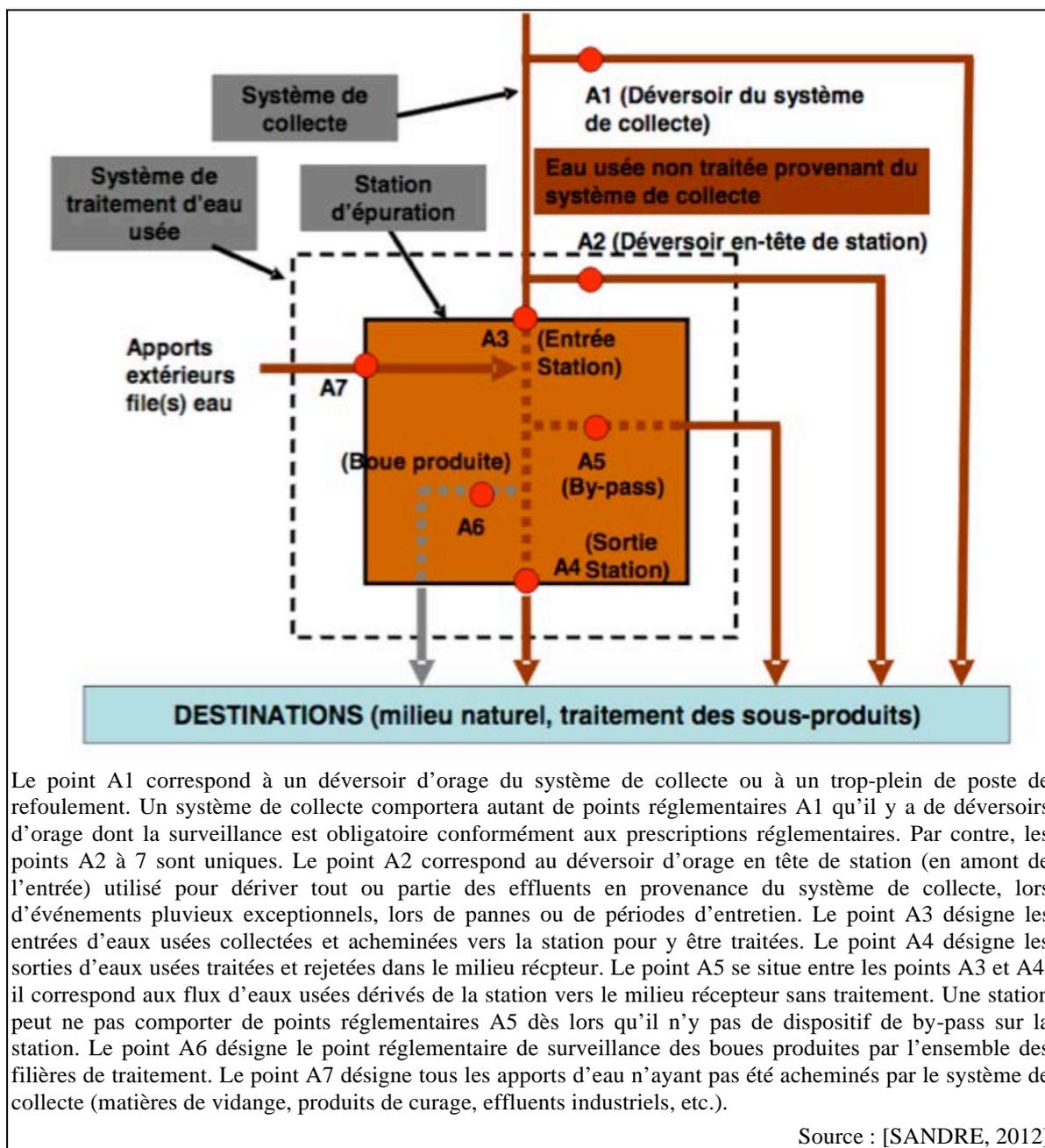


Figure 15 : Schéma de localisation-codification SANDRE des points de mesure réglementaires

4.2 Contrôle des données transmises

Le contrôle de la transmission des données d'autosurveillance est réalisé par l'agence de l'eau qui effectue une expertise technique de ces données et transmet les résultats à la police de l'eau. Ce contrôle concerne les points de mesure réglementaires. Il vise

l'identification des données correctes et utilisables¹⁴⁹ par l'application d'une procédure de qualification comprenant cinq étapes.

D'abord le contrôle du format SANDRE, c'est à dire la vérification pour un lot de données, le respect du codage imposé par le format d'échange SANDRE. Ce premier test est réhibitoire. S'il est négatif, le lot concerné est renvoyé pour correction à l'expéditeur. Ensuite, le contrôle de la cohérence des données qui a pour but d'éliminer, par voie informatique, les erreurs de saisie et les valeurs aberrantes. Ce contrôle est également réhibitoire, s'il est négatif, le lot de données est renvoyé pour correction ou confirmation à l'expéditeur. S'il est positif, les données sont bancarisées et verrouillées pour passer au test suivant : vérification du contrôle de fonctionnement du dispositif d'autosurveillance par le maître d'ouvrage. Il s'agit de constater que ce contrôle a été réalisé ou non. Puis, l'étude de la vraisemblance par comparaison des données entre elles afin d'aider les experts dans leur jugement qui constitue la dernière étape de qualification¹⁵⁰. Enfin, Les données sont examinées par un expert pour les qualifier de "correctes" ou "incorrectes". Cela conduit à une "base de données autosurveillance" composée de quatre états de la donnée. Le Tableau 6 reprend les différentes étapes de l'expertise des données produites au niveau des points de mesure réglementaires et, précise pour chacune de ces étapes, l'état et la qualification de la donnée qui en résultent.

¹⁴⁹ Une donnée est correcte et utilisable si sa transmission à l'agence de l'eau est correcte et sa mesure est juste [MEEDDAT, 2009].

¹⁵⁰ Un expert est une personne qui a une parfaite connaissance technique théorique et pratique en métrologie, en épuration et en traitement de données [MEEDDAT, 2009].

Tableau 6 : Contrôle des données d'autosurveillance par l'agence de l'eau

Etape	Etat de la donnée		Qualification/statut
Etape 1	Etat 1 – Etat des données brutes non contrôlées	Données brutes de l'expéditeur n'ayant subi aucun contrôle externe.	"non qualifié"
Etape 2	Etat 2 – Etat temporaire	Toutes les données de cet état ont subi les deux premiers tests de l'expertise : vérification du codage SANDRE et contrôle de la cohérence des données.	Certaines données sont qualifiées "non définissable" : elles n'ont pas subi avec succès les tests de contrôle du format et de la cohérence.
			D'autres données sont considérées comme "non qualifiée" ; elles poursuivront le processus d'expertise.
Etape 3	Etat 3 – Etat intermédiaire	Les données non qualifiées de l'état précédent ont subi tous les contrôles de fonctionnement du dispositif d'autosurveillance.	Certaines données sont qualifiées : – "incorrecte" si le fonctionnement du dispositif de mesure est jugé incorrect ; – "correcte" si le fonctionnement du dispositif de mesure est jugé correct.
			D'autres données sont considérées comme "incertaine".
Etapas 4 et 5	Etat 4 – Etat final des données contrôlées	Les données sont contrôlées après avis d'expert (fin de l'étape 5). Toutes les données jugées "incertaines" sont vérifiées par le (ou les) expert(s) (tests de probabilité, comparaison avec des données entre elles et avec des données antérieurs, etc.)	Certaines données sont déjà qualifiées "correcte" et "incorrecte" (données résultant de l'étape précédente).
			Les données qualifiées "incertaine" à l'étape 3 sont examinées par l'expert, elles sont qualifiées : – "correcte" si elles sont jugées bonnes ; – "incorrecte" si elles sont jugées mauvaises.

En conclusion de ce chapitre, il apparaît que la réglementation est très détaillée sur les modalités de surveillance des systèmes d'assainissement. Elle précise les dispositifs techniques devant être surveillés, et pour chacun, le type de la surveillance à mettre en place (estimation ou mesure continue) et la nature des données à produire (débits et/ou paramètres de suivi qualitatif). Le contrôle de la conformité du dispositif d'autosurveillance aux prescriptions qui lui sont imposées et de son effectivité passe par des contrôles techniques de fonctionnement, par l'application de procédures de transmission des données, et par la circulation de nouveaux objets intermédiaires (manuels et bilans d'autosurveillance, arrêtés d'autorisation, bilans d'expertise, format d'échange informatique des données, bases de données) qui modifient les rapports entre les acteurs impliqués dans la gestion des eaux urbaines. Les marges de manœuvre des collectivités territoriales par rapport à ce cadre légal apparaissent limitées. Elles tiennent pour l'essentiel dans les moyens techniques et organisationnels à mettre en œuvre.

Chapitre 5

Les dispositifs techniques et organisationnels de l'autosurveillance des réseaux d'assainissement

Les études de cas de cas ont porté sur les services en charge de l'autosurveillance des systèmes d'assainissement au sein de la Métropole de Lyon et de Nantes Métropole. Elles confirment le caractère hybride de ce dispositif. Les obligations réglementaires décrites précédemment se sont traduites par des changements techniques et organisationnels. Ce chapitre a pour objectif de décrire la mise en place de l'autosurveillance des réseaux dans les agglomérations étudiées, de manière à comprendre comment cette démarche s'est construite et comment les moyens et les objectifs de sa mise en œuvre sont définis. Pour rendre compte des raisons de cette mise en place, outre les justifications réglementaires, ce chapitre examine dans un premier temps la façon dont les systèmes de mesure sont mobilisés dans les problématiques locales d'assainissement (1 et 2) : amélioration du modèle hydraulique du réseau à Lyon ; et amélioration de la conformité du système d'assainissement aux normes de gestion des eaux urbaines à Nantes. La dernière section propose de décrire la mise au point des dispositifs organisationnels nécessaires à l'autosurveillance des réseaux, nous verrons comment les collectivités territoriales étudiées mettent en place des organisations différentes selon leurs moyens, notamment ceux rendus disponibles par les aides des agences de l'eau (3).

1 Modéliser et mesurer dans l'agglomération lyonnaise

Dans l'agglomération lyonnaise, le développement de l'autosurveillance des réseaux a débuté en 1999. La démarche poursuivie s'appuie sur la modélisation pour évaluer les volumes déversés au niveau des déversoirs d'orage, au lieu d'évaluer la pollution véhiculée au droit de ces ouvrages. Cette section vise à présenter le processus de mise en place du dispositif métrologique de la Métropole de Lyon qui constitue un cas particulier du bassin Rhône-Méditerranée-Corse compte tenu du nombre important de ses déversoirs d'orage. L'historique du système d'assainissement lyonnais, notamment les changements techniques et organisationnels qui ont marqué son évolution, permet de comprendre pourquoi et comment émerge au début des années 1970 la modélisation mobilisée dans le cadre de l'autosurveillance (1.1). Il s'agit par la suite de présenter les caractéristiques fonctionnelles du système d'assainissement lyonnais et de son modèle hydraulique (1.2). Cette section s'achève par la description de la démarche d'autosurveillance adoptée par la Métropole de Lyon, ses particularités et les enjeux qu'elle soulève (1.3).

1.1 Assainissement de l'agglomération lyonnaise : éléments d'historique

Le système technique d'assainissement lyonnais a joué un rôle remarquable dans l'institution d'une action collective de gestion des services urbains à l'échelle de l'agglomération lyonnaise. A partir de 1929, plusieurs syndicats intercommunaux sont apparus pour assurer la distribution de l'eau, l'assainissement et le transport en commun. Les controverses politiques qu'ils suscitaient au sein de l'agglomération entre la ville centre, Lyon, et les communes voisines ont conduit à leur échec. L'apparition de la communauté urbaine de Lyon en 1969 reste toutefois marquée par le développement de projets de coopération intercommunale en assainissement entre 1931 et 1960¹⁵¹ [Scherrer, 1995]. Les contextes particuliers qui ont accompagné la construction du réseau d'assainissement jusqu'au milieu des années 1960 – la multiplicité des acteurs, la complexité de sa gestion parfois conflictuelle entre villes rivales, association du système d'assainissement à différents projets de développement urbain dont l'urbanisation de la rive

¹⁵¹ « L'exemple de l'assainissement urbain est à cet égard d'autant plus intéressant qu'il permet de retracer toute l'évolution qui mène d'une appropriation communale forte, source de conflit entre communes limitrophes, à la situation actuelle où la compétence communautaire en matière d'assainissement est de loin la plus légitime et la moins contestée par les maires de l'agglomération » [Scherrer, 1995, p.109].

gauche du Rhône – vont conduire à la mise en place d'un système "hétéroclite". Cet héritage va influencer les choix techniques et les orientations stratégiques poursuivis par la communauté urbaine. Jusqu'au début des années 1970, les efforts étaient centrés sur l'unification et l'homogénéisation du service de l'assainissement pour l'ensemble de l'agglomération. Les difficultés techniques rencontrées et les impératifs de protection contre les inondations vont donner naissance à un réseau d'action autour de la problématique assainissement alliant praticiens et chercheurs de l'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon. Les premiers projets de collaboration ont porté sur le développement d'un modèle hydraulique du réseau. Les résultats auront un impact significatif sur les modes de faire de la communauté urbaine qui, à partir de 1990, s'oriente vers de nouveaux paradigmes de gestion de l'assainissement par le développement des techniques alternatives au réseau dont l'infiltration des rejets pluviaux à l'est de l'agglomération.

1.1.1 Evolution du contexte technique et organisationnel

Le premier réseau d'assainissement lyonnais date du Second Empire, il a été construit entre 1854 et 1870 à partir d'embryons de canalisations plus anciennes. D'environ 80 km de linéaire, il est principalement présent dans la ville centre. Les grands collecteurs des quais recevaient les rejets collectés – eaux de ruissellement, eaux usées, eaux de lavage des rues et eaux des abattoirs – et les évacuaient dans le Rhône et la Saône. L'extension de ce réseau, jusqu'à la fin du XIX^e siècle, s'est limitée à la ville haussmannienne où seules les rues bordées d'immeubles ont été desservies. Les lotissements résidentiels ou industriels récents étaient dépourvus d'égouts.

Au début du XX^e siècle, sous l'impulsion de la loi du 15 février 1902 relative à la protection de la santé publique¹⁵², la ville de Lyon engage un programme de tout-à-l'égout. Le réseau construit devient rapidement l'exutoire des communes voisines tributaires des collecteurs de la ville centre en raison de leur localisation, mais aussi par manque de moyens financiers. En 1913, Lyon autorise à Villeurbanne d'évacuer ses rejets d'eaux usées et pluviales en aval du Rhône par l'intermédiaire de son réseau moyennant redevance [Scherrer, 1995]. A partir de 1920, les débordements des réseaux lyonnais deviennent

¹⁵² La loi du 15 février 1902 relative à la protection de la santé impose aux communes de plus de 30 000 habitants de développer des infrastructures d'hygiène et d'assainissement.

fréquents avec l'augmentation du linéaire qui leur est raccordé. L'urbanisation importante de la rive gauche du Rhône en est la principale cause¹⁵³. Le financement du doublement de ces égouts de liaison devient problématique, Lyon et Villeurbanne saisissent l'Etat d'une demande d'arbitrage. Par conséquent, en 1929, le Conseil supérieur d'hygiène publique impose à Lyon et aux communes de sa banlieue l'établissement d'un plan général d'assainissement. Le projet élaboré divise l'agglomération en trois zones : le secteur de la rive droite de la Saône ; le secteur situé entre le Rhône et la Saône ; le secteur de la rive gauche du Rhône. Jugé prioritaire à cause de sa forte population et l'inexistence d'égouts, ce dernier secteur était le premier à bénéficier d'une étude ayant pour objectif la construction d'un grand collecteur de ceinture desservant conjointement Lyon, et les communes de Bron, Saint-Fons, Vaulx-en-Velin, Vénissieux et Villeurbanne [Arnulf , 2014]. C'est ainsi que le Syndicat Intercommunal D'assainissement de la Rive Gauche du Rhône (SIARGR) est créé en 1931 suite aux délibérations favorables de ses communes fondatrices (Lyon, Bron, Saint-Fons, Vaulx-en-Velin, Vénissieux et Villeurbanne). En 1937, la ville de Lyon propose de compléter ce projet du grand collecteur par la construction d'une station d'épuration à Saint-Fons.

En 1960, l'intercommunalité lyonnaise prend une nouvelle forme avec la création du Syndicat Intercommunal à Vocation Multiple de l'Agglomération Lyonnaise (SIMVAL) regroupant 26 communes du Rhône et de l'Isère¹⁵⁴. Cependant, le SIMVAL se consacre entièrement à l'extension du réseau d'assainissement et à la poursuite des projets du SIARGR qui ont été retardés à causes de la seconde guerre mondiale. Une nouvelle station d'épuration à Pierre Bénite est réalisée et le grand collecteur de la rive gauche est mis en service en 1965. Quand à la station de Saint-Fons, est elle inaugurée en 1972.

¹⁵³ « De 1925 à 1935, la longueur des égouts des communes de la rive gauche du Rhône qui se raccordent à ceux de Lyon est en effet passé, de 15 à 84 km, les trois quart pour Villeurbanne (...). Ce secteur de la rive gauche comprend 450 000 habitants, soit la moitié de l'agglomération » [Polère, 2008a, p.8].

¹⁵⁴ « Dès la parution de l'ordonnance de 1959 [ordonnance n° 59-30 du 5 janvier 1959 tendant à instituer des districts urbains dans les grandes agglomérations], le préfet du Rhône a tenté d'imposer la constitution d'un district urbain dans l'agglomération lyonnaise, tentative vouée à l'échec devant l'opposition quasi-unanime des communes. En revanche le SIVOM [Syndicat Intercommunal à vocation Multiple] est apparu comme une solution de compromis soutenue par les maires de Lyon et de Villeurbanne porte-parole des vertus d'une intercommunalité restreinte, à l'exacte mi-chemin entre la position de l'Etat planificateur et celle des municipalités communistes de banlieue ou plus droitières de l'ouest, également rétives » [Scherrer, 1995, p. 112].

En 1966 apparaissent les premières communautés urbaines en France : Bordeaux, Lille, Strasbourg et Lyon¹⁵⁵. Il a fallu attendre la modification des limites départementales du Rhône et de l'Isère pour que la communauté urbaine de Lyon, la Courly, soit formée le 1^{er} janvier 1969 regroupant 56 communes¹⁵⁶. Plusieurs syndicats compétents en assainissement ont disparu, leurs compétences ont été rattachées à la nouvelle communauté urbaine. Contrairement aux autres services urbains qui dépendaient des services de l'Etat jusqu'au début des années 1980, le service de l'assainissement a échappé à cette tutelle dès la création de la Courly. Durant la première décennie, la priorité a été accordée à la liaison des réseaux des deux bassins centraux de l'agglomération (les bassins de Pierre-Bénite et de Saint-Fons) aux stations d'épuration de Pierre-Bénite et de Saint-Fons, ainsi qu'à l'extension du réseau d'assainissement aux communes de la seconde couronne. En effet, le réseau hérité est constitué d'égouts éparpillés et non raccordés entre eux¹⁵⁷. Selon le premier rapport d'activités de la communauté urbaine publié en 1970, le réseau d'assainissement est constitué d'environ 1 100 km d'égouts dont 400 km sur Lyon, 110 km sur Villeurbanne et 55 km sur Vénissieux.

Suite aux orages du 11 août 1973 (de fortes pluies qui ont donné lieu à des inondations), le service Assainissement de la Courly a demandé l'appui scientifique et technique du LGCIE-INSA de Lyon pour l'aider à faire l'inventaire de son patrimoine et comprendre son fonctionnement à l'échelle de l'agglomération. Un second volet de la collaboration porte sur la construction d'un outil de calcul permettant aux gestionnaires du service de faire des choix en assainissement. A cette époque, les ingénieurs ont recours à la formule de Caquot. Or cette formule est inadaptée à la situation lyonnaise : « De plus à Lyon, le réseau est maillé, donc plus complexe qu'un réseau ramifié doté d'un tronc et de branches principales et secondaires. C'est tellement compliqué que les calculs se font obligatoirement par ordinateur, en utilisant les logiciels de modélisation et de simulation. Or les logiciels

¹⁵⁵ Loi n° 66-1069 du 31 décembre 1966 instituant les Communautés Urbaines.

¹⁵⁶ Loi n° 67-1025 du 29 décembre 1967 modifiant les limites des départements de l'Ain, de l'Isère et du Rhône suite à l'incendie de Feyzin en 1966 : « La catastrophe de Feyzin sera une preuve de plus, mais dramatique du caractère aberrant d'une organisation administrative qui fait dépendre du préfet de l'Isère, basé à Grenoble, toute une partie de l'agglomération » [Polère, 2009, p.10].

¹⁵⁷ « Dans neuf communes, il n'existe pas un seul centimètre d'égout au 1^{er} janvier 1969. Dans d'autres secteurs à défaut de cartographie, les techniciens de la Courly partent relever les égouts avec mètre, niveau et roulette. Pour les trouver, ils ouvrent les tampons les uns après les autres. Lors de la création de la Courly, les différents réseaux périphériques sont des terres inconnues pour les services communautaires » [Polère, 2014, p.156]

adaptés à la situation lyonnaise n'existent pas. Il a fallu par conséquent élaborer des modèles » [Polère, 2014, p.389].

Les travaux menés par les chercheurs du LGCIE en partenariat avec le service Assainissement de la Courly, ont abouti au développement d'un premier modèle de simulation hydraulique en 1978, dénommé SERAIL¹⁵⁸. Les premiers résultats de ce modèle vont remettre en cause le programme d'assainissement envisagé pour l'est lyonnais qui consistait à construire de grands collecteurs reliant ce territoire au collecteur de la rive gauche du Rhône. Les simulations de comportement du réseau ont démontré que la solution des collecteurs surdimensionnés risquerait d'entraîner des inondations considérables dans le centre de l'agglomération. Avec le concours de son partenaire scientifique, la Courly opte pour la construction de deux collecteurs de ceinture dits Nord, vers la future station de la Feyssine, et Sud, avec infiltration des eaux pluviales dans la plaine de l'est lyonnais. Le développement de la modélisation s'est poursuivi jusqu'au début des années 1980. Mais le contexte de gestion des services urbains change avec la décentralisation de 1982-1983. La Courly s'oriente vers la structuration et la gestion informatique des données relatives au fonctionnement de ses réseaux techniques urbains¹⁵⁹. Elle se dote en 1986, en collaboration avec le LGCIE, d'un premier Système d'Information Géographique (SIG) commun à ses services urbains : le Système Urbain de Référence (SUR).

En 1991, la Courly devient le Grand Lyon. Un nouvel organigramme est adopté, les services techniques sont remplacés par des Directions¹⁶⁰. La Direction de l'Eau adopte une nouvelle politique d'assainissement qui repose sur les principes suivants : collecter les eaux usées strictes et les transporter jusqu'aux stations de traitement ; déconnecter les eaux pluviales avec, soit une gestion intégrée à la source avec des techniques d'infiltration, soit

¹⁵⁸ Il faut mentionner la thèse de Bernard Chocat sur le développement d'un modèle de simulation des écoulements dans les réseaux d'assainissement [Chocat, 1978].

¹⁵⁹ « Ce projet commence au début des années 1980, mais le projet a du mal à avancer compte tenu de la frilosité de la hiérarchie. Le service de l'assainissement très en avance sur les autres services, en matière de base de données et de modélisation, va être un accélérateur de la démarche en faisant admettre à la hiérarchie qu'un Système d'Information Géographique (SIG) est nécessaire pour intégrer toutes les données relatives à l'assainissement, la voirie, l'aménagement urbain, etc. » [Polère, 2014, p.392].

¹⁶⁰ Selon son organigramme de 1971, la Courly est organisée en services administratifs, services techniques (Voirie, Nettoyement, Electromécanique, Assainissement, Eaux et aménagement urbain), et services divers [Polère, 2008b].

une rétention avant rejet à débit limité vers les cours d'eau ou vers le réseau d'assainissement.

La sous-section suivante propose de revenir sur les collaborations entre chercheurs et praticiens. Il s'agit de décrire en quoi elles consistent, la façon dont elles ont été construites et transformées en dispositifs stables d'expérimentation et de production des connaissances, et la manière dont ces dispositifs influencent les activités de gestion des eaux urbaines.

1.1.2 Constitution de réseaux stables de coopération scientifique et opérationnelle dans le domaine de l'assainissement

Sur le plan national, le contexte de décentralisation de 1982 a amplifié la volonté des grandes collectivités territoriales à prendre en main le développement des techniques d'assainissement. Les réflexions étaient centrées sur l'emploi des logiciels de simulation hydraulique des écoulements, et la mise en place des dispositifs de stockage des eaux pluviales, introduits par la circulaire Loriferne [Carré et Deutsch, 2015]. Des groupes de travail informels se sont formés à l'initiative de praticiens des services techniques et de chercheurs dans l'ambition de répondre aux enjeux posés localement par la gestion de l'eau en ville. Finalement, les techniciens des collectivités ont du mal à obtenir de la part des scientifiques des résultats opérationnels permettant de répondre à leurs interrogations. D'un autre côté, les universitaires porteurs de la nouvelle discipline, l'hydrologie urbaine, expriment le besoin d'accéder aux milieux réels que constituent les systèmes d'assainissement afin d'effectuer les mesures nécessaires leur permettant de consolider leurs expérimentations de laboratoire, et de valider leurs approches en cours de développement.

Le Service Technique Urbain (STU), service central du Ministère de l'Équipement créé en 1976, s'empare de la situation. Il lance un programme de recherche intitulé "Eau dans la Ville" mené entre 1982 et 1988 sous la tutelle du Plan Urbain, organisme chargé du pilotage des projets de recherche en urbanisme au sein du Ministère de l'Équipement [Carré et Deutsch, 2015]. Alliant recherches et réalisations expérimentales, ce programme mobilise des universitaires, des services opérationnels et des bureaux d'études. L'émergence d'une communauté scientifique et technique spécialisée en hydrologie urbaine préfigure « l'institutionnalisation » de ses actions qui, par la suite, se sont

organisées au sein de Groupes Régionaux d'Actions sur l'eau (GAR) [Soyer, 2014]. En 1985, des crédits d'incitation sont débloqués pour créer des groupes d'action régionale dans l'objectif de faire remonter au niveau national les besoins en études et de recherches. La Division des Equipements Urbains (DEU) du STU a joué un rôle remarquable dans la mise en place de ces groupes¹⁶¹. C'est ainsi que sont créés cinq groupes¹⁶² dont le Groupe de Recherche Rhône-Alpes sur les Infrastructures de l'Eau, le GRAIE¹⁶³, en 1985. Au début, le GRAIE a fonctionné sur le bénévolat. Plus tard, il bénéficie d'un soutien politique et financier avec le mandat de Michel Noir, maire de Lyon et président de la Courly entre 1989 et 1995. Une subvention annuelle destinée au soutien de la recherche en assainissement est accordée au GRAIE dans le cadre d'une convention quadriennale signée avec le Grand Lyon (Extrait 3).

Extrait 3 : La création du groupe de Recherche Rhône-Alpes sur les Infrastructures et l'Eau

« Au début des années 80, nous [le LGCIE de l'INSA Lyon et le service Assainissement de la Courly] avons continué à travailler sur la modélisation, mais le contexte a changé avec les lois de décentralisation de 1982-1983. Le service technique de l'urbanisme, service étatique de soutien aux collectivités locales a disparu. Jean-Claude Deutsch, directeur des équipements urbains [Division DEU du service STU], m'a sollicité pour monter un groupe d'action régional sur l'eau. Le Groupe de Recherche Rhône-Alpes sur les Infrastructures et l'Eau (GRAIE) est créé en 1985, en particulier en relation avec Guy Peyrreti [à l'époque jeune ingénieur et docteur en géologie, premier contact de l'INSA Lyon à la Courly]. Le GRAIE a pour vocation de diffuser l'information, de sensibiliser et mobiliser des chercheurs et des acteurs opérationnels sur des questions liées à la gestion de l'eau dans la ville. Le GRAIE, au début, fonctionnait avec des bénévoles, puis il nous a fallu embaucher du personnel. Il devenait nécessaire que la Communauté urbaine considère soit que le GRAIE a une raison d'être, pour construire une culture régionale et partagée de l'eau et dans ce cas le soutienne financièrement, soit qu'il ne vaut pas la peine de continuer à exister ».

Source : [Chocat, 2009]

¹⁶¹ « Ils sont mis en place à l'aide de la DEU quand un porteur de projet appartenant soit à une institution académique, soit à un service de l'Etat, soit à une collectivité territoriale, pour fédérer autour de lui un réseau de quelques personnes représentatives travaillant dans le domaine de l'assainissement » [Carré et Deutsch, 2015, p.96].

¹⁶² « Cinq GAR ont vu le jour au tout début des années 1980 : VERS'EAU en Languedoc-Roussillon, ARTHUR en Midi-Pyrénées, RES'EAU en Île-de-France, et le GRAIE à Lyon. Informels et bénévoles, ces groupes ont quasiment tous disparus peu à peu. Seul le GRAIE s'est développé de façon importante » [Soyer, 2014, p.73].

¹⁶³ Cf. <http://www.graie.org/portail/>

Au milieu des années 1990, les travaux de modélisation hydraulique reprennent de l'importance. Le logiciel SERAIL est abandonné. Un nouvel outil de simulation baptisé CEDRE a été développé. Il sera remplacé par l'actuel logiciel d'hydrologie urbaine, CANOE, utilisé depuis 1995 par la Direction de l'Eau du Grand Lyon¹⁶⁴. Fort de son expérience dans la modélisation, le LGCIE, s'oriente vers la fabrication de méthodes et d'outils d'aide à la gestion de l'assainissement, comme le développement de solutions alternatives en assainissement pluvial. Pour mieux connaître l'impact des rejets pluviaux sur la nappe de l'est et sur les ruisseaux de l'ouest de l'agglomération, un dispositif de mesure permettant de fournir en continu des données sur le fonctionnement du système d'assainissement a été mis en place en 1999. Il s'agit de l'Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine¹⁶⁵ (OTHU) (Extrait 4). Les partenaires institutionnels de l'OTHU sont le Grand Lyon et l'agence de l'eau RMC, qui apportent un financement récurrent à hauteur de 50 % pour assurer la continuité des mesures¹⁶⁶. Pour l'analyse des données, l'OTHU obtient des financements de l'ANR.

¹⁶⁴ Le Logiciel CANOE a été conçu et réalisé par le laboratoire LGCIE de l'INSA Lyon et le laboratoire d'hydraulique de France de Grenoble (l'actuel SOGREAH) en collaboration avec le Ministère de l'Agriculture et les collectivités territoriales ayant une expérience dans la modélisation des réseaux d'assainissement (Grand Lyon, Lille Métropole, Rennes, Strasbourg, les départements de Seine-Saint-Denis et du Val-de-Marne). Il résulte d'une combinaison entre deux logiciels : CEDRE, facile d'utilisation et CAREDAS, développé par SOGREAH, plus performant mais destiné à des hyperspécialistes. L'INSA de Lyon, animateur du projet CANOE, contractualise avec les collectivités désireuses d'investir dans cet outil, et met à leur disposition des techniciens, si un problème se présente, pour programmer et apporter des solutions [Chocat, 2009].

¹⁶⁵ L'OTHU regroupe les établissements suivants : Université Lyon 1, Université Lyon 2, Université Lyon 3, l'ENTPE, l'Ecole centrale de Lyon, BRGM et le CEMGREF. L'INSA Lyon est l'organisme porteur. Cf. <http://www.graie.org/othu/>

¹⁶⁶ 25 % apportés par le Grand Lyon et 25 % apportés indirectement par l'Agence de l'eau RMC sous forme de subvention versée au Grand Lyon pour ses activités avec l'OTHU. Ces contributions permettent le financement des instruments de mesure qui demeurent la propriété du Grand Lyon.

Extrait 4 : La création de l'Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine

« Nous avons besoin de données fiables sur le fonctionnement du système pour mener à bien ces travaux. Par exemple en ce qui concerne les risques liés à l'infiltration, comment savoir si l'eau de pluie que nous laissons s'infiltrer risque de polluer la nappe ? Pour réaliser ce type d'étude et évaluer les performances des ouvrages il faut mettre en place des campagnes de mesures des débits et de la qualité de l'eau. Pendant longtemps, on mettait en place une campagne à chaque nouvelle étude. Or la mesure *in situ* était très difficile : on mettait un an à installer le matériel, puis six mois à le faire marcher, ensuite on attendait les pluies pour n'en mesurer correctement qu'une ou deux... Cela coûtait cher et était extrêmement frustrant, car il n'y avait pas de continuité dans les mesures. C'est la raison pour laquelle nous sommes arrivés à l'idée, avec la Communauté urbaine, qu'il fallait construire un observatoire pérenne des flux d'eau et de polluants produits par l'agglomération (...). Cette nouvelle étape a permis de renforcer considérablement les partenariats ».

Source : [Chocat, 2009]

Actuellement, le GRAIE anime cinq dispositifs de recherche dont l'OTHU et cinq groupes régionaux d'échange autour des thématiques de l'eau dans la ville, l'assainissement et les milieux aquatiques. Parmi ces groupes, figure le groupe régional d'échange sur l'autosurveillance des réseaux d'assainissement créé en 2006. Il propose une journée d'échange annuelle où différents acteurs – agences de l'eau, collectivités territoriales, services de l'Etat, bureaux d'études, scientifiques – peuvent échanger sur leurs expériences, compétences et difficultés. Ces rencontres sont aussi l'occasion de faire le point sur les connaissances scientifiques et sur les aspects réglementaires et méthodologiques relatifs à l'autosurveillance des réseaux. Par ailleurs, le GRAIE a créé un groupe de travail restreint sur l'autosurveillance des réseaux rassemblant trois à quatre fois par an des experts scientifiques et techniques, et des exploitants ayant déjà mis en place l'autosurveillance, avec une participation active des chercheurs de l'OTHU. Les travaux de ce dernier groupe sont focalisés sur le développement d'outils d'aide à la mise en place de l'autosurveillance telles que les fiches méthodologiques et techniques portant sur les procédés de mesurage et les protocoles de vérification de certains instruments de mesure¹⁶⁷. En 2013, ce groupe de travail a validé un document de positionnement rédigé par Bernard Chocat contenant des remarques et quelques propositions sur le projet d'arrêté modifiant l'arrêté du 22 juin 2007¹⁶⁸. Depuis 2014, le GRAIE, en partenariat avec l'OTHU et le laboratoire

¹⁶⁷Cf. <http://www.graie.org/portail/thematiques/assainissement/autosurveillance/>

¹⁶⁸ Révision des dispositions de l'arrêté du 22 juin 2007 dans le nouvel arrêté du 21 juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO5.

LGCIE/DEEP de l'INSA Lyon, propose une formation continue sur des aspects pratiques de la mise en œuvre de l'autosurveillance des réseaux d'assainissement.

1.2 Fonctionnement d'ensemble du système d'assainissement

Le territoire lyonnais est organisé en douze bassins versants correspondant chacun à un ensemble fonctionnel formé d'une station de traitement des eaux usées et d'un système de collecte (Figure 16). Le centre de l'agglomération est assaini par un système de collecte unitaire qui s'est développé depuis le début du XX^e siècle avec la pratique du tout-à-l'égout. Il est constitué de 1 841 km d'égouts dont 606 km de collecteurs visitables. Pour les secteurs périphériques, à l'est en rive gauche du Rhône, où les terrains sont perméables abritant une nappe phréatique étendue, les rejets pluviaux sont infiltrés ; à l'ouest et en partie au nord de l'agglomération avec les Mont d'Or, ces rejets sont déversés soit dans le réseau à débit régulé, après rétention, soit dans les cours d'eau notamment dans le bassin versant de Pierre-Bénite traversé par de nombreux ruisseaux classés sensibles comme l'Yzeron¹⁶⁹, le ruisseau de Charbonnières (un affluent de l'Yzeron), le ruisseau des Planches (un affluent de la Saône). Le réseau de collecte séparatif est composé de 1 340 km de linéaire de réseaux à raison de 913 km pour les eaux usées et 427 km pour les eaux pluviales, 135 bassins d'infiltration et 135 ouvrages de rétention.

¹⁶⁹ L'Yzeron prend sa source dans les monts du Lyonnais. Il traverse les communes de Vaugneray, Grézieu-la-Varenne, Craponne, Francheville, Saint-Foy-lès-Lyon, la Mutalière et rejoint le Rhône à Oullins.

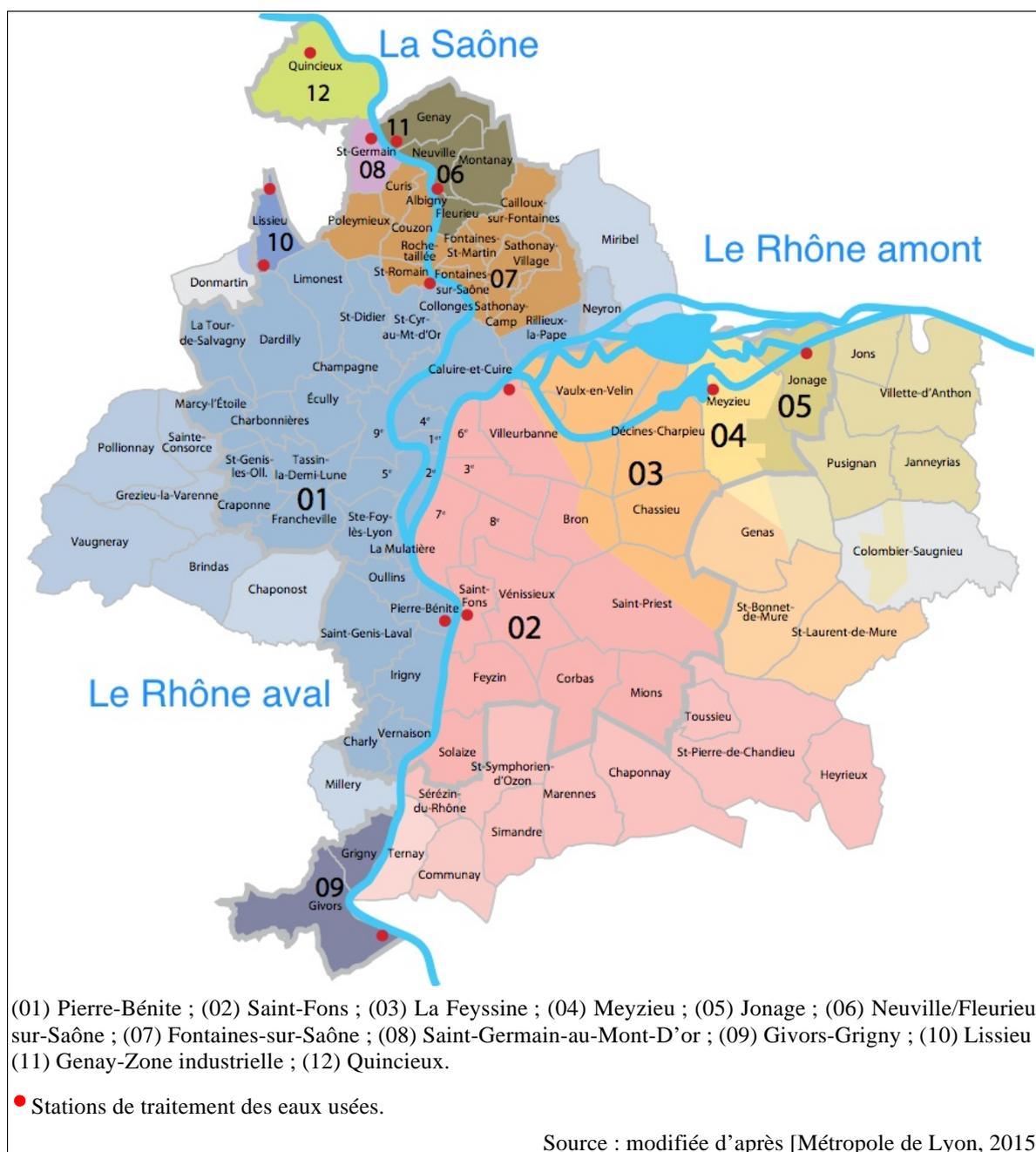


Figure 16 : Les bassins versants l'agglomération lyonnaise

Le système d'assainissement lyonnais compte également 397 déversoirs d'orage et 80 postes de refoulement. Par temps de pluie, le réseau de collecte unitaire, entraîne des déversements directs d'eaux usées au niveau des déversoirs d'orage situés sur les réseaux unitaires et en entrée des stations de traitement. La plupart de ces rejets se font dans le Rhône et la Saône, qui reçoivent 76 % des rejets globaux de l'agglomération. S'ils sont sans impacts sur la qualité de ces grands fleuves, compte tenu de leur capacité d'autoépuration, ces rejets représentent une source de pollution préoccupante pour les petits cours d'eau de l'ouest lyonnais particulièrement sensibles aux rejets des déversoirs

d'orage : « l'analyse des charges rejetées montre que les déversements par temps de pluie des systèmes unitaires génèrent des flux équivalents voire plus importants que ceux rejetés par les stations de traitement » [Sibeud, 2013, p.4].

Les débordements du réseau unitaire sont aussi fréquents par temps de pluie. Ce système draine 50 % des eaux de ruissellement des voiries et des espaces publics, ce qui provoque les surcharges des stations d'épuration (surtout la station de la Feysine), et par conséquent des dépassements des seuils d'autorisation de rejet fixés pour les déversoirs d'orage en entrée de ces stations. Afin de maîtriser ces phénomènes, le Grand Lyon a fait le choix de limiter la collecte des eaux pluviales en amont pour diminuer les surcharges hydrauliques des réseaux unitaires et des stations de traitement par temps de pluie. Cet objectif de régulation s'appuie sur un modèle hydraulique de son réseau d'assainissement pour l'évaluation des apports pluviaux et des rejets qu'ils occasionnent.

Le modèle général utilisé est constitué de plusieurs modèles de base selon le découpage du système d'assainissement en bassins versants. Chaque modèle de base permet de représenter d'abord la production d'eaux usées et la transformation des données de pluie en débits, puis la propagation de ces apports et leur cheminement dans le réseau d'assainissement. Au total, 600 km de réseau et 250 déversoirs d'orage sont modélisés. Les données de pluie sont fournies par un réseau de pluviomètres répartis de façon homogène sur toute l'agglomération. En effet, le Grand Lyon possède un réseau de mesure de la pluie en milieu urbain parmi les plus denses en Europe. Il totalise une cinquantaine de stations sur son territoire appartenant à divers organismes dont Météo France, l'OTHU et l'IRSTEA¹⁷⁰, mais la plupart sont la propriété du Grand Lyon avec un réseau de 30 pluviomètres¹⁷¹ [Renard, 2010]. En 1999, la modélisation hydraulique est devenue partie intégrante de la démarche d'autosurveillance des réseaux poursuivie par le Grand Lyon.

¹⁷⁰ L'Institut national de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture.

¹⁷¹ Les premières installations de mesure de la pluie datent de 1985. Elles s'inscrivent dans un programme de caractérisation de l'aléa pluviométrique pour la lutte contre les inondations. Les données ne sont considérées fiables qu'à partir de 1988. A cause de la répartition hétérogène de la pluie sur son territoire et afin de mieux caractériser les événements pluvieux, le Grand Lyon, en collaboration avec le LGCIE, a défini une nouvelle référence de données pluviométriques indépendante de celle de Météo France (le pluviomètre qui alimente la référence des données utilisées par Météo France se situe à Bron). L'analyse statistique des données pluviométriques recueillies entre 1987 et 2007 a permis d'établir des coefficients de Montana (calcul de l'intensité de la pluie en fonction d'une période de retour donnée) propres au territoire du Grand Lyon.

1.3 Développement d'une approche double : modélisation hydraulique et métrologie

La réglementation sur l'autosurveillance des systèmes de collecte prévoit la mesure en continu des débits déversés par les déversoirs d'orage situés sur un tronçon destiné à collecter une CBPO par temps sec supérieure à 600 kg/j de DBO5. Les déversoirs d'orage situés sur un tronçon destiné à collecter une CBPO comprise entre 120 et 600 kg/j de DBO5 font l'objet d'une surveillance permettant l'estimation des débits déversés. Il est toutefois possible de ne réaliser la surveillance que sur l'ensemble des déversoirs représentant plus de 70 % de la totalité des rejets annuels du système de collecte. Le Grand Lyon choisit cette option pour des raisons techniques et économiques. La démarche globale a été menée en plusieurs étapes : d'abord, la connaissance du patrimoine de déversoirs d'orage, ensuite, la hiérarchisation des rejets par temps de pluie et le choix des ouvrages à instrumenter, et enfin, l'installation des points de mesure permettant de suivre les rejets des déversoirs d'orage et les débits transitant en certains tronçons du réseau.

En 1996, le réseau d'assainissement lyonnais, principalement unitaire, comportait 360 déversoirs d'orage. Le Grand Lyon décide de réaliser un inventaire de ces ouvrages afin de définir leurs principales caractéristiques dont la nature du milieu récepteur, les fréquences de déversement et l'estimation de la charge polluante transitant en amont¹⁷². Il en résulte que les principaux rejets se font essentiellement dans trois milieux récepteurs : le réseau de ruisseaux de l'ouest lyonnais reçoit les rejets de 214 déversoirs ; la Saône et le Rhône reçoivent respectivement les rejets de 78 et 68 déversoirs d'orage. De plus, les déversoirs d'orage en amont desquels sont véhiculées des charges brutes de pollution supérieures à 600 kg/j de BDO5 sont au nombre de 102 dont 39 rejettent dans la Saône, 29 rejettent dans le Rhône et 34 rejettent dans les autres ruisseaux. L'instrumentation d'une centaine de déversoirs d'orage entraînerait des coûts conséquents en termes d'investissement et d'exploitation. D'où le recours du Grand Lyon à la "règle des 70 %", c'est-à-dire que les déversoirs d'orage devant faire l'objet d'un suivi continu sont ceux qui déversent plus de 70 % des volumes rejetés par bassin versant¹⁷³. Cela s'explique également par l'expérience du

¹⁷² Inférieure à 120 kg/j de DBO5, comprise entre 120 et 600 kg/j de DBO5, ou supérieure à 600 kg/j de DBO5. Il s'agit d'estimations réalisées à partir du taux de raccordement au réseau d'assainissement.

¹⁷³ Chaque déversoir d'orage est identifié par le bassin versant qu'il draine et par le flux de rejets qu'il est susceptible d'entraîner au milieu récepteur.

Grand Lyon dans la modélisation. Les simulations de fonctionnement du réseau vont permettre de hiérarchiser les rejets par temps de pluie et d'identifier les ouvrages responsables de 70 % de ces rejets (Extrait 5).

Extrait 5 : Le réseau d'assainissement du Grand Lyon, un cas particulier du bassin RMC

« Le Grand Lyon c'est un cas un peu particulier puisque vue la taille du Grand Lyon, il y a à peu près autant de jours que de déversements. Il y a 300 ou 360 déversoirs qui seraient concernés par la réglementation et il était hors de question d'équiper l'ensemble de ces déversoirs. Le Grand Lyon a donc pris la décision de modéliser complètement son réseau et en accord avec la police de l'eau d'instrumenter les déversoirs les plus importants d'une manière progressive...de manière à couvrir 70 % de la pollution totale rejetée. Ils sont partis sur cet objectif sachant qu'en parallèle de cela ils font systématiquement des mesures sur leurs réseaux, sur le transit pour améliorer le calage de leur modèle et l'objectif c'est de pouvoir fournir sur l'ensemble des déversoirs des débits et des charges rejetées à partir des événements pluvieux qui sont enregistrés. Donc le Grand Lyon c'est un cas assez particulier alors que les autres grosses agglomérations du bassin Marseille ou Nice, eux ils font vraiment de la mesure mais ils ont beaucoup moins de points que le Grand Lyon. Marseille c'est un réseau qui est en grande partie séparatif, de mémoire ils ont une dizaine ou une quinzaine de points ; Nice ils en ont un peu plus et eux ils sont en train d'essayer de modéliser pour affiner dans certains cas...mais le Grand Lyon c'est vraiment un cas particulier ».

Source : [entretien, EN130918a]

En 1999, un premier catalogue des déversoirs d'orage à instrumenter a été élaboré. Une unité Autosurveillance a été créée au sein du service Etudes en 2000. Elle avait pour missions l'instrumentation des gros déversoirs d'orage et des points caractéristiques du réseau ; et l'exploitation du réseau de pluviomètres. L'objectif était de fournir suffisamment de données nécessaires pour améliorer le calage du modèle hydraulique. Le déploiement *in situ* de la métrologie démarre en 2001 avec le lancement de la première tranche d'instrumentation des réseaux confiée à une entreprise privée. Le projet consistait en la création de 15 sites de mesure : 6 sites sur des déversoirs d'orage ; 5 sites sur des collecteurs ; et 4 sites à l'exutoire de zones industrielles. Le marché avec l'entreprise privée inclut également la mise en place d'un système de télésurveillance-supervision avec une application de validation des données.

Les nouvelles installations de mesure nécessitent d'être entretenues, mais aussi exploitées pour les fins réglementaires et de modélisation. Cela a conduit, en 2002, à la création de deux nouvelles entités : l'équipe Métrologie réseau au sein du service Exploitation réseau et l'unité Etudes générales et modélisation assainissement au sein du service Etudes (cf. page 194). Ainsi, l'unité Autosurveillance disparaît, ce qui entérine la séparation des activités de

modélisation et de métrologie (les pluviomètres restent néanmoins à la charge du service Etudes). Aussi, en 2003, une nouvelle entité de coordination des activités d'autosurveillance au sein de la Direction de l'Eau est créée : le service Pilotage eaux usées et autosurveillance. Il se charge d'établir les bilans réglementaires sur l'autosurveillance à transmettre à l'agence de l'eau et à la police de l'eau.

A partir de 2004, la démarche d'autosurveillance entame une phase de mise au point. Les premiers résultats de mesure apparaissent en 2005. Lors de l'élaboration du schéma d'assainissement de 2006, les décalages observés entre les résultats de mesure et ceux issus de la modélisation, particulièrement au niveau des points caractéristiques du réseau (comme les confluences de réseaux), ont soulevé des questionnements quant à la fiabilité du modèle de simulation en place. Par ailleurs, les premières observations ont témoigné de l'incapacité de ce modèle à renseigner les dysfonctionnements du réseau par débordement (jusqu'en 2004 le modèle développé proposait un simple transfert de l'eau de l'amont vers l'aval sans tenir compte des influences aval). Ce manque de fiabilité a amené l'équipe Métrologie réseau à multiplier les points de mesure entre 2005 et 2007 par l'ajout de 4 sites sur des déversoirs d'orage et 5 sites sur des collecteurs. Durant cette période, des campagnes de mesures spécifiques au calage du modèle ont été menées sur l'ensemble du système d'assainissement. Des comparaisons régulières ont été réalisées entre les résultats du modèle et les mesures existantes sur le réseau dans le cadre d'un groupe de travail Métrologie-Modélisation créé en 2007 en partenariat avec des chercheurs du LGCIE. C'est ainsi que les conditions de mesurage de plusieurs sites ont été vérifiées. En 2009, une méthode de classification des déversoirs d'orage a été développée. Le logiciel CANOE calcule, par événement pluvieux, le volume déversé au droit de chaque ouvrage modélisé, ce qui rend possible l'évaluation du volume annuel rejeté. Ensuite, les déversoirs d'orage sont classés par ordre croissant selon la part en pourcentage de contribution de chacun à la pollution totale drainée par le bassin versant concerné ; ceux qui concourent à 70 %, en parts cumulés, de cette pollution globale font l'objet d'un programme d'instrumentation pour un suivi en continu des rejets. En 2010, un premier programme d'équipement a été élaboré proposant l'instrumentation de 20 déversoirs d'orage¹⁷⁴.

¹⁷⁴ Le programme intègre des travaux de génie civil pour la modification de la configuration de certains sites.

En 2012, le Grand Lyon décide de revoir sa démarche d'instrumentation systématique des déversoirs d'orage susceptibles de déverser plus de 70 % en volume cumulé des rejets d'un bassin versant. Il était question d'évaluer l'adéquation entre la satisfaction des obligations réglementaires d'autosurveillance, et la qualité des milieux récepteurs. Les grands déversoirs d'orage se concentrent le long du Rhône et de la Saône qui reçoivent 70 % des rejets de l'agglomération. Les petits cours d'eau, notamment sur le bassin versant de Pierre-Bénite, bien qu'ils ne reçoivent que 30 % des rejets, semblent plus affectés par ces apports de pollution, que le Rhône et la Saône, à cause de leur pouvoir d'autoépuration nettement inférieur à celui des grands cours d'eau. Ces préoccupations environnementales, ont amené le Grand Lyon à suspendre son programme d'instrumentation pour l'année 2012 dans l'objectif de le revoir en substituant certains déversoirs d'orage situés sur les cours d'eau déclassés par d'autres non catalogués, mais qui rejettent dans des milieux classés sensibles. La police de l'eau a accepté cette suspension à la condition que la révision du programme intègre dans sa dernière année (année 2014) l'instrumentation de quatre déversoirs d'orage dont les rejets se font dans des milieux sensibles¹⁷⁵.

La démarche d'autosurveillance poursuivie par la Métropole de Lyon est ainsi basée sur la combinaison de deux outils : la modélisation hydraulique et la métrologie (l'historique de la démarche est repris de manière synthétique dans le Tableau 7). La mise en œuvre de ces outils s'est accompagnée par une réorganisation de la Direction de l'Eau : l'engagement du Grand Lyon, à partir de 1996, dans les activités de surveillance de son réseau d'assainissement a conduit, dans un premier temps, à la création d'une entité spécialisée dans la modélisation et l'autosurveillance en 2000, l'unité Autosurveillance qui dépendait du service Etudes. Puis, la nécessité d'exploiter le dispositif métrologique d'une part, et d'autre part les besoins d'amélioration du modèle hydraulique se sont traduits par la disparition de l'unité Autosurveillance en 2002 et la création de nouvelles entités : l'équipe Métrologie réseau (service Exploitation réseau) ; l'unité Etudes générales et modélisation (Services Etudes) ; et le service Pilotage eaux usées et autosurveillance.

¹⁷⁵ Afin de mieux appréhender les effets des rejets sur les milieux récepteurs sensibles, l'unité Etudes rive droite du service Etudes a engagé en 2013 un vaste programme de connaissances sur les milieux naturels et les petits ruisseaux avec des campagnes de mesure de qualité et de débits, afin de cartographier la qualité de ces milieux et l'impact des rejets qu'ils reçoivent. Les résultats devraient permettre d'affiner les programmes d'instrumentation et d'aider au choix des sites de mesure.

Tableau 7 : Historique de la démarche d'autosurveillance à Lyon

Année	Événement
1996	Inventaire du patrimoine des déversoirs d'orage.
	Premiers bilans de surverses des réseaux unitaires par temps de pluie au niveau des déversoirs d'orage.
1999	Lancement des études d'instrumentation du réseau d'assainissement lyonnais.
2000	Création de l'unité Autosurveillance au sein du service Etudes de la Direction de l'Eau.
2001	Démarrage de la première tranche d'instrumentation du réseau d'assainissement.
2002	Disparition de l'unité Autosurveillance et création de l'équipe Métrologie réseau (service Exploitation) et de l'équipe Modélisation assainissement (services Etudes).
2003	Création de l'unité Pilotage eaux usées et autosurveillance.
2004	Achèvement des travaux de la première phase d'instrumentation du réseau d'assainissement.
Entre 2005 et 2007	Extension du réseau de métrologie.
	Programmation de campagne de mesures spécifiques pour l'amélioration du calage du modèle hydraulique du réseau.
2007	Création du groupe de travail Métrologie-Modélisation en partenariat avec les chercheurs du LGCIE-INSA Lyon.
2009	Mise au point d'une méthode de hiérarchisation des rejets selon laquelle les déversoirs d'orage dont les pourcentages cumulés de contribution de chacun aux déversements font 70 % du total des rejets seront instrumentés.
2010	Elaboration du premier programme d'instrumentation d'une vingtaine de déversoirs d'orage.

2 Maîtriser l'assainissement et mesurer dans l'agglomération nantaise

Cette section vise à rendre compte des liens entre le développement de l'autosurveillance et l'amélioration des conditions de collecte et de traitement des rejets dans l'agglomération nantaise. Pour mieux comprendre les enjeux de la collecte, nous dressons tout d'abord un état des lieux du système d'assainissement (2.1). Puis, nous nous intéressons à l'émergence des mesures en réseau dans le cadre de la politique de maîtrise de l'assainissement poursuivie par l'agglomération et soutenue par l'agence de l'eau Loire-Bretagne (AELB), en soulignant l'articulation entre les réalisations en assainissement et les besoins en données de mesure (2.2). Les différents contextes organisationnels marquant l'évolution du système d'assainissement et du dispositif de mesure sont précisés, ils relèvent tout particulièrement de l'évolution de l'intercommunalité nantaise. L'implication des scientifiques du LCPC de Nantes dans le développement de la métrologie des réseaux est aussi évoquée.

2.1 Le système d'assainissement nantais

L'agglomération nantaise est traversée d'est en ouest par la Loire, fleuve dans lequel se jettent deux principales rivières l'Erdre et la Sèvre et plusieurs cours d'eau urbains et suburbains (Cens, Chézine, Gesvres, Chaffault, Jaguière, Charbonneau) (Figure 17). Elle est desservie par un réseau d'assainissement collectif majoritairement séparatif. Le linéaire total de collecte d'effluents est de 4 387 km [Nantes Métropole, 2016]. Les communes situées au sud de la Loire et celles de la périphérie nord sont dotées d'un réseau séparatif constitué de 1 914 km de réseau d'eaux usées dont 120 km de transfert et 2 114 km de réseau d'eaux pluviales. Au centre nord, la collecte est assurée par 359 km de réseau unitaire. Ces collecteurs unitaires reçoivent également les effluents de la partie périphérique nord, et acheminent le tout vers la station intercommunale de "Tougas" à Nantes.

Les eaux usées en provenance du secteur séparatif du sud de la Loire sont véhiculées soit vers la deuxième station intercommunale "Petite Californie" à Rezé, soit vers des stations communales locales (neuf stations). Outre ces dispositifs de collecte et de traitement, le système d'assainissement nantais se compose de 47 déversoirs d'orage, dont 8 déversoirs à seuils mobiles, tous placés sur le réseau unitaire ; 381 postes de refoulement pour les réseaux séparatifs dont 120 équipés en surverses et font l'objet d'un enregistrement des paramètres de fonctionnement ; 11 stations de relèvement d'eaux pluviales ; deux bassins de stockage-rétention. La Loire est l'exutoire des deux grandes stations d'épuration, "Tougas" et "Petite Californie". Des déversements se font également dans d'autres milieux récepteurs de l'agglomération notamment au niveau de l'Erdre, la Chézine, le Cens, l'Ilette et la Vertonne.

Le système d'assainissement nantais a fait l'objet d'un arrêté préfectoral d'autorisation en date du 22 mars 1995¹⁷⁶. Il a été renouvelé en 2005¹⁷⁷. Ces textes précisent que les rejets des déversoirs d'orage du réseau unitaire ne doivent pas excéder un total de 438 heures de durée annuelle de déversement.

¹⁷⁶ Arrêté autorisant la mise à niveau du système épuratoire, le rejet des effluents et l'épandage agricole des boues des stations d'épuration.

¹⁷⁷ Arrêté préfectoral n° 2005/BRE/025 du 15 février 2005 concernant le système d'assainissement de l'agglomération nord de Nantes. Il concerne les communes raccordées aux stations de "Tougas" et "Petite Californie". Les autres STEP de l'agglomération font l'objet d'arrêtés particuliers.

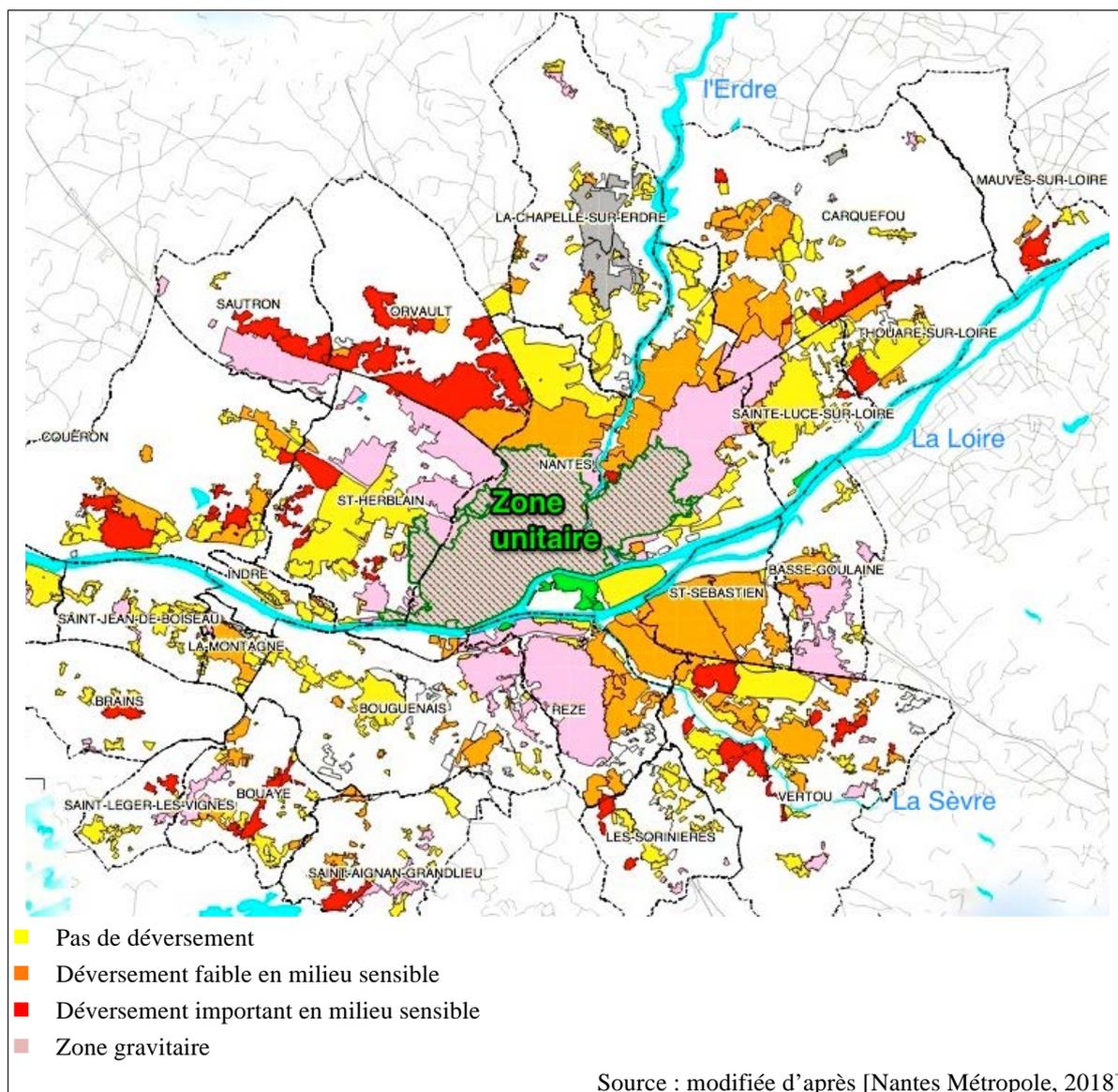


Figure 17 : Le système d'assainissement de l'agglomération nantaise

2.2 Développement de la métrologie des réseaux

L'agglomération nantaise et l'agence de l'eau Loire-Bretagne (AELB) sont des partenaires de la politique de l'eau depuis le début des années 1990. Afin d'atteindre les objectifs de la directive ERU, ce partenariat s'est traduit, jusqu'en 2009, par un engagement dans plusieurs programmes opérationnels portant sur la restructuration du système d'assainissement nantais à travers la mise en place de nouveaux ouvrages et la réhabilitation des infrastructures existantes. Le premier programme de partenariat a pris la forme d'un contrat d'agglomération qui s'est étalé de 1991 à 1995. Entre 1994 et 2009, ce partenariat s'est maintenu par la succession de trois contrats relevant d'un programme d'action baptisé Neptune : Neptune I entre 1994 et 1998 ; Neptune II entre 1999 et 2003 ; et

Neptune III entre 2004 et 2009. Inscrit dans la continuité du premier contrat d'agglomération mentionné, le programme Neptune, à travers les mesures d'aides à l'investissement, vise la réhabilitation du système d'assainissement ainsi que son adaptation aux besoins de l'agglomération. Mais les actions menées dans le cadre du programme Neptune ne se limitent cependant pas à l'amélioration des conditions de collecte et de traitement des rejets. Un dispositif métrologique a été mis en place en deux phases : la première de développement, entre 1996 et 1998 ; la seconde d'extension, entre 2004 et 2006.

Les sous-sections suivantes visent à présenter le processus de mise en place du dispositif métrologique dans l'agglomération nantaise, à partir de l'évolution de son système d'assainissement dans le cadre de sa politique de maîtrise des rejets urbains soutenue par l'AELB.

2.2.1 Reconfiguration du système d'assainissement et premières mesures en réseau

En 1991, un premier contrat d'agglomération est signé entre l'AELB et les maîtres d'ouvrages qui étaient à l'époque, d'une part deux syndicats d'assainissement regroupant treize communes, le Syndicat Mixte d'Assainissement de la rive Nord de la Loire (SMANL) et le Syndicat Intercommunal d'Assainissement de la Rive Sud de la Loire (SIARSL), et d'autre part, huit communes dont deux situées en dehors du périmètre de l'agglomération nantaise (Treillières et Sucé-sur-Erdre)¹⁷⁸. Cet engagement consiste en la réalisation d'une nouvelle unité de traitement des effluents, "Tougas" au nord de la Loire¹⁷⁹, et la réhabilitation de l'ancienne unité "Petite Californie"¹⁸⁰ réservée à l'ensemble sud Loire. Pour ce qui est de la collecte, le programme envisagé porte sur la construction d'un collecteur de transfert Est-Nord-Ouest permettant d'intercepter les effluents en provenance du réseau séparatif de la périphérie nord, lesquels seront déversés dans le

¹⁷⁸ Le maître d'œuvre était le Syndicat Intercommunal à vocations multiples de l'Agglomération Nantaise (SIMAN) créé en 1982 par le regroupement de 19 communes. Il avait des compétences de base obligatoires (urbanisme, transports publics, voiries, traitement des déchets, actions foncières) et des compétences optionnelles (assainissement, incendie et sécurité, environnement, développement économique). Le SIMAN se transforme en District de l'Agglomération Nantaise le 1^{er} janvier 1992 (20 communes puis 21 communes depuis 1995).

¹⁷⁹ Les travaux de construction ont démarré en 1995.

¹⁸⁰ Les travaux de réhabilitation ont démarré en 1997.

réseau unitaire du centre de l'agglomération puis acheminés vers la nouvelle unité de traitement projetée, l'unité "Tougas".

En janvier 1994, le syndicat mixte SMANL et le syndicat intercommunal SIARSL disparaissent au profit d'une nouvelle structure, le Syndicat d'Assainissement de l'Agglomération Nantaise (SAAN). Celui-ci a pour mission la gestion des deux unités de traitement situées de part et d'autre de la Loire, "Tougas" et "Petite Californie". Aussi, il devient propriétaire du réseau de collecte desservant l'agglomération. L'exploitation des réseaux unitaires du centre nord ainsi que des réseaux séparatifs du secteur périphérique nord et de l'ensemble sud Loire, est confiée aux communes. Consécutivement, le SAAN et ses partenaires, l'AELB et les communes de l'agglomération, signent le premier contrat du programme Neptune (Neptune I) dans la continuité du précédent contrat d'agglomération. Les actions projetées prévoient la mise en service de six nouvelles unités de traitement des effluents dont "Tougas" et "Petite Californie", tout en poursuivant les efforts destinés à améliorer la collecte¹⁸¹. Ceci s'est traduit par la mise en place de nouveaux collecteurs intercommunaux en rive gauche et droite de la Loire, et la suppression des vieilles stations communales déversant dans des milieux identifiés sensibles. La réalisation de nouveaux collecteurs a permis le raccordement de certains secteurs non desservis au réseau d'assainissement intercommunal (raccordement des communes de Couëron et des Sorinières)¹⁸² (Figure 18).

¹⁸¹ Passage du taux de collecte de 63 % à 73 % à l'échelle de l'agglomération [CLE, 2005].

¹⁸² A cela, s'ajoute la réalisation de 130 km de nouveaux réseaux et la réhabilitation de 73 km.

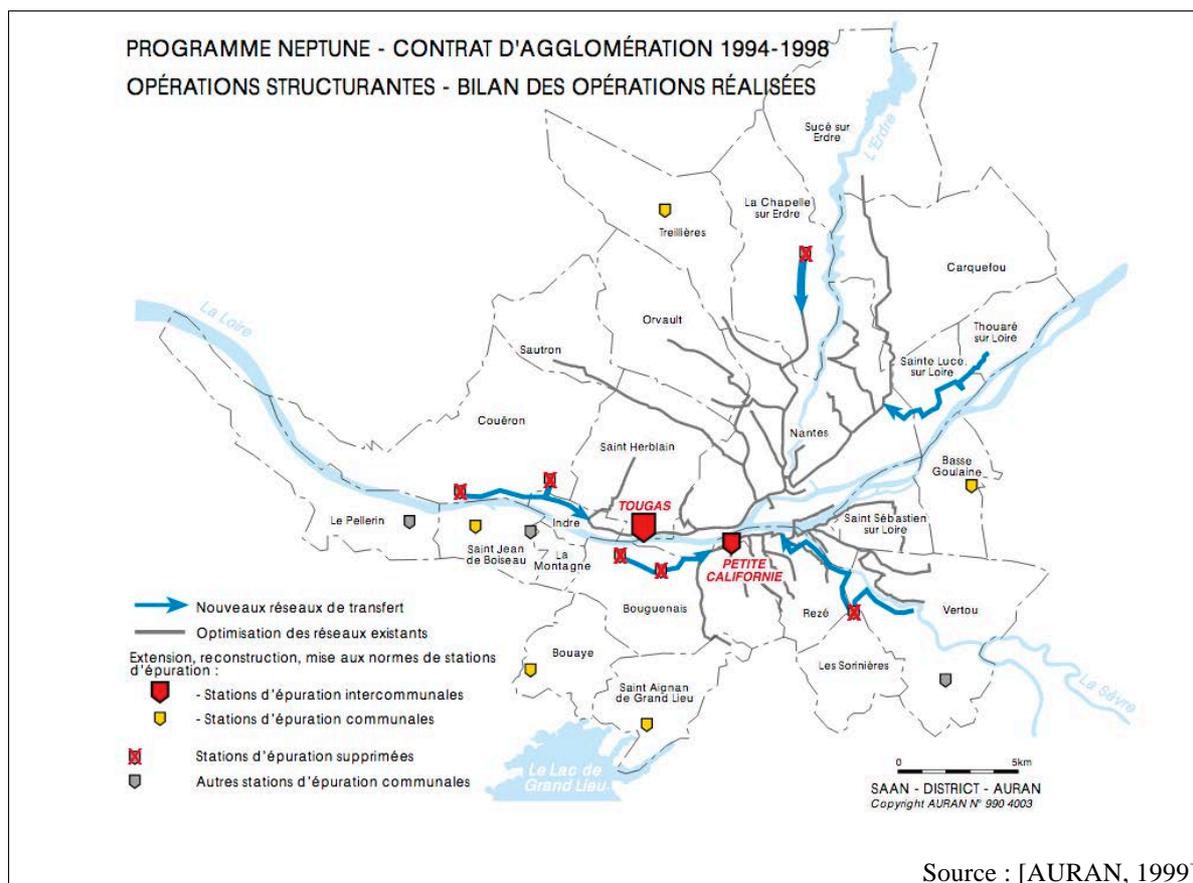


Figure 18 : Bilan du contrat Neptune I (réalisations entre 1994 et 1998)

D'un autre côté, le contrat Neptune I a permis au SAAN de s'engager dans une démarche d'autosurveillance peu de temps après la publication de l'arrêté du 22 décembre 1994 relatif à la surveillance des ouvrages de collecte et de traitement.

En 1995, le SAAN désigne un bureau d'étude pour lancer une étude de marché à l'issue de laquelle un cahier des clauses techniques particulières (CCTP) a été rédigé. Puis, un marché de travaux a été défini. L'exécution, entre 1996 et 1999, a été confiée à une entreprise privée. Le marché comprend la fourniture et la pose des instruments de mesure, l'installation des systèmes locaux d'acquisition et de transmission des résultats, et la mise en place d'un poste central pour la gestion et la validation des données acquises. En 1997, le SAAN confie une mission d'assistance technique au maître d'ouvrage à la Division Eau du LCPC de Nantes. Par ailleurs, la Régie Municipale de l'Assainissement de la ville de Nantes (RMA) est désignée, en 1998, pour exploiter le nouveau dispositif de mesure¹⁸³. A

¹⁸³ La convention d'exploitation a été signée le 1^{er} juillet 1998.

cet effet, une cellule Métrologie a été créée au sein de la RMA¹⁸⁴. En 1999, les activités de cette cellule ont fait l'objet d'un document de référence conformément à la norme ISO 9002¹⁸⁵.

Le réseau de mesure mis en place comprend 12 points de mesure de débits de transfert sur collecteurs ; 5 points de mesure de débits déversés sur déversoirs d'orage à seuils mobiles disposant de capteurs de détection de position de la vanne¹⁸⁶ ; 5 points de détection de surverses ; et 8 pluviomètres. Le réseau de mesure préexistant sur le réseau unitaire de la ville centre a été intégré au nouveau dispositif métrologique. Ce réseau de mesure a été installé par la ville de Nantes au début des années 1980 pour des fins de télésurveillance et de pilotage des ouvrages qu'elle exploitait dans le cadre d'une démarche de diagnostic permanent. Il se compose de 8 points de mesure sur déversoirs d'orage à seuils mobiles (mesure de débits de déversés) ; 7 pluviomètres ; et 3 points de suivi de cotes des milieux récepteurs.

2.2.2 Evaluation du fonctionnement du système d'assainissement et extension du réseau de mesure

En 1999, le contrat Neptune II est signé. Jusqu'en 2001, il est porté par les mêmes acteurs que ceux signataires du précédent contrat. Tous les objectifs n'ont cependant pu être pleinement atteints en raison de la dissolution du SAAN et la création de la communauté urbaine, Nantes Métropole, en 2001. Les réalisations ont porté sur la fiabilisation des réseaux de transfert et l'amélioration du taux de collecte¹⁸⁷. En effet, avec le transfert de compétences opéré au profit de la nouvelle communauté urbaine, cette dernière décide de

¹⁸⁴ Cette cellule était constituée de personnels volontaires issus de plusieurs services de la RMA (bureau d'études, exploitation, magasin).

¹⁸⁵ Les objectifs de qualité ont été décrits dans un document référence, Manuel Assurance Qualité. Des procédures ont également été rédigées couvrant tout le processus de production de données (approbation des sites de mesure, maintenance des capteurs, traitement informatique des données et leur validation) ainsi que d'autres activités support (achat de matériels, formation des agents, maîtrise des documents opérationnels du système qualité, classement et archivage de ces documents) [Alis et *al.*, 2001].

¹⁸⁶ Le calcul espéré des rejets provoqués par les déversoirs d'orage à seuils mobiles n'a pu être obtenu. L'étalonnage nécessaire pour l'application d'une approche hauteur-débit a été réalisé dans le cadre du contrat Neptune II.

¹⁸⁷ Deux chaînes de transfert ont été fiabilisées : "Thouaré-sur-Loire->Sainte-Luce-sur-Loire->Nantes" et "Sucé-sur-Erdre->Carquefou->Nantes". De plus, 77 km de réseaux ont été réalisés et 46 km de réseaux existants ont été réhabilités [Nantes Métropole et *al.*, 2005].

procéder à l'évaluation du fonctionnement global du système d'assainissement avant de poursuivre l'exécution du programme Neptune II pour la période allant de 2001 à 2003. L'évaluation est réalisée à partir des études de diagnostic existantes et des premiers résultats de mesure en réseau. Les bilans dressés ont mis en évidence une augmentation des volumes acheminés, par temps sec et en périodes hivernales, vers les stations de traitement qui, par ailleurs, enregistrent un rendement hydraulique relativement faible pour les mois pluvieux¹⁸⁸. En ce qui concerne l'impact des rejets sur les eaux réceptrices, il s'est avéré que les petits cours d'eau, pour lesquels l'agglomération nantaise est responsable de 80 % des charges de pollution, sont les plus impactés. Plus en amont, un certain nombre de dysfonctionnements du système de collecte ont été identifiés : les surverses par temps de pluie des réseaux séparatifs d'eaux usées et des réseaux unitaires.

Les eaux claires parasites (ECP) sont identifiées comme étant la cause principale des surverses fréquentes des postes de refoulement en réseaux séparatifs d'eaux usées. Rappelons que d'une manière générale, les réseaux séparatifs fonctionnent selon un principe de collecte sélective : les eaux de ruissellement transitent par le réseau d'eaux pluviales, les eaux usées strictes transitent dans un réseau spécifique de manière à les acheminer en station de traitement. Néanmoins, en périodes pluvieuses, une partie des eaux pluviales est collectée par les réseaux séparatifs d'eaux usées. Ces apports sont qualifiés d'eaux parasites de captage (EPC). De plus, les défauts d'étanchéité entraînent le drainage des eaux parasites d'infiltration (EPI) par ces réseaux séparatifs d'eaux usées. En cas de dépassement de leur capacité hydraulique lors d'événements pluvieux, la présence des eaux parasites (EPC et EPI) entraîne des rejets directs d'effluents dans les milieux récepteurs au niveau des postes de refoulement¹⁸⁹. Afin de mieux renseigner les dysfonctionnements entraînés par l'intrusion d'eaux claires parasites dans les réseaux séparatifs d'eaux usées, le réseau de mesure a été complété par 14 points de détection de surverses.

Les déversements les plus fréquents et importants des réseaux unitaires par temps de pluie se font principalement au niveau des déversoirs d'orage qui rejettent dans l'Erdre. Or l'un

¹⁸⁸ En 2002, ces volumes ont augmenté de 95 % à la station "Tougas" et de 7 % à la station "Petite Californie" comparés à ceux du régime estival. Pour certains secteurs périphérique tels que Sucé-Sur-Erdre, Thouaré-sur-Erdre ou la Chapelle-sur-Erdre, l'augmentation a atteint 200, voire 400 % [Nantes Métropole *et al.*, 2005].

¹⁸⁹ Généralement, les réseaux séparatifs d'eaux usées ne font pas l'objet d'aménagements spécifiques pour évacuer les débits excédentaires. Ils sont souvent équipés de postes de refoulement disposant de trop-pleins ; les surverses ont lieu au niveau de ces installations.

des principaux objectifs du contrat Neptune III est la sécurisation de l'accès à l'eau potable qui dépend totalement de la Loire. Nantes Métropole décide de trouver une source de secours en cas de pollution grave de ce fleuve. Les études menées ont conduit à proposer l'Erdre pour la création d'une nouvelle prise d'eau. Compte tenu de cet objectif et des dysfonctionnements décelés, les actions du programme Neptune III se sont déclinées sur deux axes complémentaires : la limitation des rejets en aval de l'Erdre¹⁹⁰ ; et l'amélioration des conditions de la collecte des réseaux séparatifs, en premier lieu, les réseaux de transfert situés de part et d'autre de l'Erdre¹⁹¹. Dans ce sens, l'extension du dispositif métrologique entre 2004 et 2006 a consisté en l'ajout de 19 points de mesure de débits de transfert sur collecteurs ; 5 points de mesure de débits de rejet sur déversoirs d'orage (dont 3 points sur déversoirs à seuils mobiles) ; et 3 pluviomètres.

Ainsi l'engagement de l'agglomération nantaise dans plusieurs programmes de restructuration de son système d'assainissement menés en partenariat avec l'agence de l'eau Loire-Bretagne s'est concrétisé par l'amélioration des conditions de collecte et de traitement des rejets de l'agglomération, et par la mise en place d'un dispositif métrologique (le Tableau 8 présente une synthèse de cette mise en place). Au cours de ces programmes, deux structures intercommunales ont le vu le jour : le Syndicat d'Assainissement de l'Agglomération Nantaise (SAAN) en 1994, et la communauté urbaine Nantes Métropole en 2001 après la dissolution du SAAN. Les compétences d'exploitation du réseau de mesure confiées par le SAAN à la Régie Municipale de l'Assainissement de la ville de Nantes (RMA) ont été rattachées à la Direction de l'Assainissement de Nantes Métropole.

¹⁹⁰ Treize déversoirs d'orage sont concernés dont deux classés prioritaires (Duchesse Anne et Ceineray).

¹⁹¹ Aménagement de bassins de stockage-restitution au voisinage de cinq postes de refoulement (Havardière sur la rive gauche de l'Erdre ; Aulnay, la Haie, Chevalière et Morrhinière sur la rive droite de l'Erdre) [Nantes Métropole et *al.*, 2005].

Tableau 8 : Historique de la démarche d'autosurveillance à Nantes

Année	Evénement
1991	Les syndicats d'assainissement SMANL et SIARSL signent le premier contrat d'agglomération avec l'AELB.
1994	Création du SAAN.
	Signature du contrat Neptune I (1994-1998).
1995	Le SAAN désigne un bureau d'étude pour étudier la mise en place d'un dispositif d'autosurveillance de son système d'assainissement.
1996	Les travaux de réalisation démarrent (exécution par une entreprise privée).
1997	Le SAAN confie une mission d'assistance technique au maître d'ouvrage à la Division Eau du LCPC de Nantes.
1998	Le SAAN confie l'exploitation du dispositif métrologique à la RMA de la ville de Nantes.
1999	Achèvement des travaux de la première phase de réalisation du dispositif d'autosurveillance.
	Création d'une Cellule Métrologie au sein de la RMA.
	Certification de la démarche d'autosurveillance par la norme ISO 9000-Management de qualité.
	Signature du contrat Neptune II (1999-2001).
2001	Création de la communauté urbaine Nantes Métropole (disparition du SAAN).
Entre 2004 et 2006	Signature du contrat Neptune III (2004-2009).
	Extension du dispositif métrologique.

2.2.3 Des coopérations avec des scientifiques

Les premières collaborations entre scientifiques et gestionnaires du service de l'assainissement nantais datent du début des années 1980 à la suite de l'émergence du concept de diagnostic des réseaux. Le LCPC de Nantes a développé ce concept en jouant un rôle d'appui technique auprès des collectivités territoriales pour les aider à améliorer le fonctionnement des stations de traitement par le suivi du fonctionnement des réseaux. Les études de diagnostic ont été encouragées par les agences de bassins qui accordaient des aides destinées à financer la mise en place de la mesure permanente des débits sur les réseaux ainsi que la télégestion des systèmes d'assainissement.

En 1985, le service assainissement du Syndicat Intercommunal à Vocation Multiple de l'agglomération nantaise (SIMAN) a lancé un appel d'offre pour mettre en place un diagnostic permanent de son réseau d'assainissement. Un bureau d'étude a été retenu pour répondre à cette commande auquel s'est associé le LCPC de Nantes. Celui-ci y voyait une opportunité de valoriser ses compétences en diagnostic de fonctionnement des réseaux, mais aussi de développer un axe de recherche orienté "réseau d'assainissement" qui

n'existait pas à l'époque. Claude Joannis, ingénieur chercheur au LCPC, a rejoint l'équipe du bureau d'étude désigné en tant que chercheur expert dans le diagnostic des réseaux.

En 1992, le Ministère de l'Équipement lance le Projet National de Réhabilitation des Réseaux d'Assainissement Urbains (RERAU) suite à l'enquête réalisée par le CSTB¹⁹² en 1988 sur l'état du réseau d'assainissement français¹⁹³. Ce projet réunissait plusieurs partenaires : collectivités territoriales (comme le Grand Lyon), bureaux d'études, entreprises, universités, laboratoires de recherche (dont le LGCIE-INSA de Lyon et le LCPC de Nantes), et plusieurs grandes villes comme les villes de Paris, Grenoble, Marseille et Nantes. Le programme consistait en cinq opérations dédiées chacune à un thème particulier de la gestion patrimoniale des ouvrages d'assainissement. La dernière opération, intitulée "Branchements", visait l'évaluation, par enquêtes, de la qualité des branchements d'une collectivité donnée en vue d'évaluer l'état du patrimoine existant, et de mettre au point une méthodologie d'aide à la caractérisation des problèmes de branchements [Vasconcelos, 2005]. La Ville de Nantes a contribué à ce dernier volet en collaboration avec le LCPC de Nantes. Les enquêtes de terrain concernant les branchements ont été conduites par Claude Joannis [Soyer, 2014].

En 1994, suite à la parution de l'arrêté du 22 décembre 1994 relatif à la surveillance des ouvrages de collecte et de traitement, l'AELB a lancé le projet MINAUTOR (Mesures Informatisées pour l'Autosurveillance des Réseaux) afin d'aider les collectivités du bassin Loire-Bretagne dans l'exploitation des données produites par les nouveaux systèmes de mesure. Le comité de pilotage était constitué de quatre collectivités locales : Nantes, Saint-Nazaire, Vannes et Rennes. C'est ainsi que le logiciel MINAUTOR d'aide à l'analyse et la validation des données a été élaboré en 1997 sous la maîtrise d'ouvrage de l'AELB. L'assistance à maîtrise d'ouvrage a été confiée au LCPC de Nantes. En 1999, Claude Joannis est de nouveau sollicité en tant qu'expert par la ville de Nantes pour l'aider à mettre en place une base de données MINAUTOR destinée à l'exploitation des données d'autosurveillance.

¹⁹² Centre Scientifique et Technique du Bâtiment : <http://www.cstb.fr/fr/>

¹⁹³ La longueur totale du réseau d'assainissement français a été évaluée à 160 000 km dont 8 % devraient faire l'objet d'une réhabilitation rapide. L'enquête a également démontré que beaucoup de réseaux, surtout dans les grandes villes, sont très anciens.

Finalement, le développement des mesures en réseau d'assainissement, dans le cadre des études de diagnostic puis par obligation réglementaire d'autosurveillance, est à l'origine des partenariats entre le LCPC de Nantes et les gestionnaires du réseau d'assainissement sur le territoire nantais. Néanmoins, contrairement au cas lyonnais, ces collaborations ne vont pas conduire à la structuration d'un système de coopération pérenne. Les travaux menés sont négociés au cas par cas à cause des divergences entre les intérêts des gestionnaires dont les investissements et les échanges scientifiques se concentrent prioritairement sur ce qui leur pose des problèmes de fonctionnement, le réseau d'assainissement ; et les propositions des chercheurs axées sur la gestion des eaux pluviales¹⁹⁴.

3 Des organisations particulières selon les agglomérations

Dans les agglomérations étudiées, l'autosurveillance est directement gérée par les collectivités territoriales. Elles mettent en place des organisations différentes selon les moyens disponibles. Les différences observées semblent dépendre des conditions de mise en œuvre et des moyens disponibles au sein des collectivités. A Lyon, des structures spécifiques sont créées, dont une entité spécialisée en métrologie des réseaux (3.1). A Nantes, l'autosurveillance s'appuie sur une collaboration entre les services impliqués dans l'exploitation du réseau d'assainissement (3.2).

3.1 Une entité spécialisée à Lyon

Au sein de la Direction de l'Eau de la Métropole de Lyon, les compétences en autosurveillance des systèmes d'assainissement se répartissent entre unités et équipes appartenant à divers services du secteur Exploitation service et du secteur Etudes et travaux (Figure 19).

¹⁹⁴ Il s'agit de chercheurs en hydrologie urbaine qui, suivant le mouvement général développé dans ce domaine, sont en quête de bassins expérimentaux pour obtenir des données sur la qualité des eaux pluviales [Soyer, 2014].

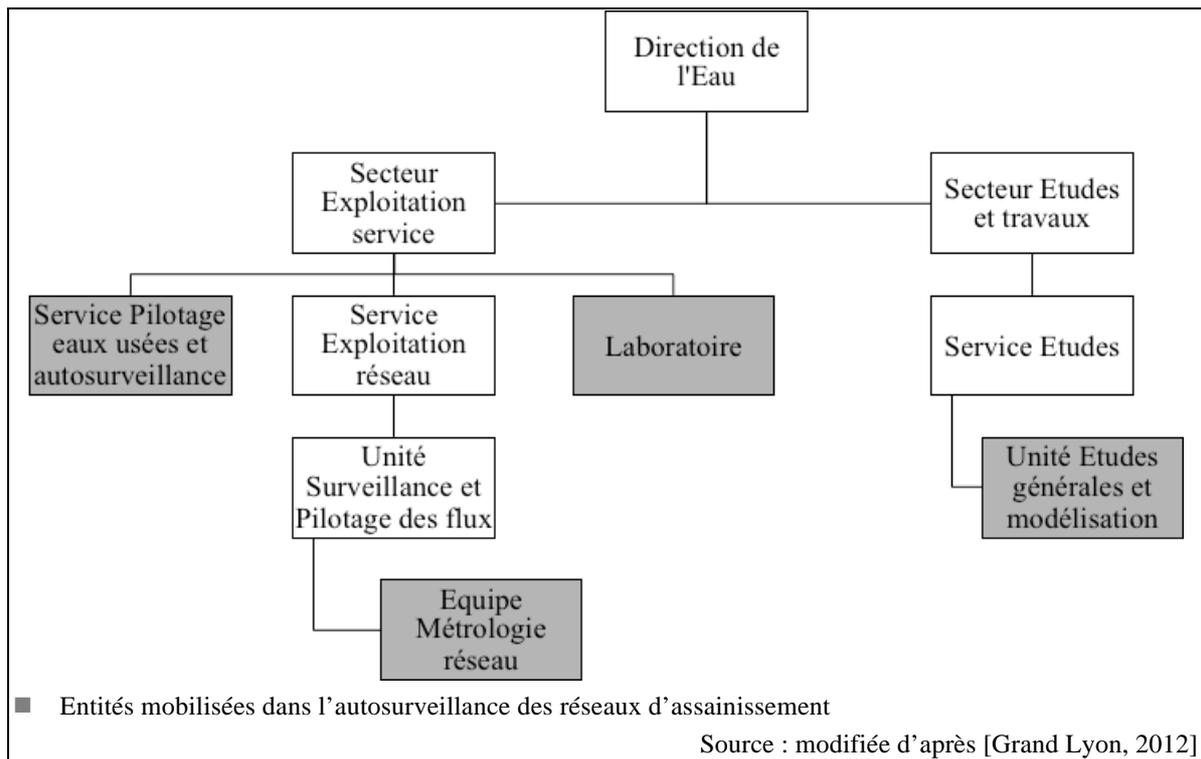


Figure 19 : Les entités mobilisées dans et par les activités d'autosurveillance des réseaux au sein de la Direction de l'Eau du Grand Lyon/Métropole de Lyon

L'équipe Métrologie réseau est responsable du déploiement *in situ* de l'autosurveillance. Elle est rattachée à l'unité Surveillance et pilotage des flux qui dépend du service Exploitation réseau¹⁹⁵. Cette équipe est composée de huit personnes : un responsable de l'équipe (technicien) ; un responsable adjoint (agent de maîtrise principal) ; et quatre agents techniques¹⁹⁶.

L'équipe Métrologie réseau intervient sur tout le territoire de la Métropole de Lyon. Pour cela, les agents et chefs d'équipe se répartissent en un ou plusieurs groupes. Les rapports hiérarchiques entre les membres de ces groupes apparaissent clairement dans les activités, notamment les responsabilités et les tâches que chacun accepte ou pas de prendre¹⁹⁷. Les personnes recrutées ne sont pas des spécialistes de la métrologie des réseaux. Ils viennent

¹⁹⁵ Les membres de l'équipe Métrologie réseau dépendent hiérarchiquement de l'ingénieur responsable de l'unité Surveillance et pilotage des flux.

¹⁹⁶ Au moment de l'enquête (mai-juin 2014), un poste d'agent technique était vacant depuis décembre 2013.

¹⁹⁷ « (...) c'est toi le chef, moi je ne suis que câbleur, je te le rappelle ! Moi je touche les fils, c'est tout...que câbleur a dit le chef [le responsable de l'équipe Métrologie réseau] (...). Fais-le toi ! C'est toi l'agent de maîtrise...C'est vous [les chefs d'équipe] qui êtes en relation avec les entreprises privées » [Journal d'observation, CR140528].

d'horizons différents (curage de réseaux, menuiserie, ramonage industriel, fabrication des pièces pneumatiques, gestion des déchets, etc.), mais leurs expériences antérieures tendent à faire de certains des "experts". Cette spécialisation apparaît lors des interventions. Par exemple, les deux chefs d'équipe sont formés au métier d'électromécanicien, ils se sont spécialisés dans le développement et l'adaptation des schémas électriques. Un agent a une expérience de plus de onze ans en réception et préparation des échantillons au Laboratoire de la Direction de l'Eau, intervient souvent lorsqu'il s'agit d'étalonner un capteur de mesure du pH, de récupérer les échantillons d'eaux usées prélevés *in situ*, ou de programmer un préleveur automatique d'échantillons.

L'équipe Métrologie réseau est chargée de l'équipement des ouvrages en instruments de mesure. Dans ce cadre, elle exerce des missions de conception des sites, choix et installation des matériels nécessaires (capteurs et armoires électriques). L'unité Etudes générales et modélisation, rattachée au service Etudes, élabore annuellement un programme des ouvrages à instrumenter à destination de l'équipe Métrologie réseau. Après validation, celle-ci prépare un programme d'instrumentation, puis réalise les travaux (sur la mise en service des sites de mesure cf. Encadré 6). La réalisation de la partie électrique des travaux (pose des armoires électriques et câblages) nécessite une formation en habilitation électrique. Tous les membres de l'équipe ont suivi cette formation, sauf un agent qui l'a refusée¹⁹⁸. Les travaux de génie civil sont réalisés par la subdivision Travaux de la Métropole de Lyon.

¹⁹⁸ Il considère que les activités de câblage ne font pas partie de sa fiche de poste.

Encadré 6 : La démarche de mise en service d'un site de mesure

La première chose à faire est une demande de raccordement aux réseaux téléphonique et électrique auprès de France Télécom et d'EDF¹⁹⁹. Après câblage et pose de l'armoire électrique et des capteurs, l'équipe Métrologie réseau procède à la vérification de l'installation électrique en faisant appel à une entreprise privée spécialisée dans le diagnostic des installations électriques (généralement l'entreprise DEKRA Industrial²⁰⁰). L'objectif est de vérifier la conformité des travaux aux obligations réglementaires de prévention des risques électriques (incendies, explosions, électrocution et électrisation). En absence d'anomalie, l'entreprise privée délivre à l'équipe Métrologie un certificat de conformité à la réglementation. Ce document est nécessaire pour le contrôle CONSUEL (Comité National pour la Sécurité des Usagers de l'Electricité) précédant la mise en service de l'installation²⁰¹. Un formulaire d'Attestation de Conformité est complété puis envoyé à la Délégation Régionale CONSUEL dont dépend le Grand Lyon. Cette attestation est accompagnée obligatoirement du certificat de conformité délivrée par l'entreprise privée. Ensuite, le CONSUEL traite le dossier, un inspecteur visite le site pour vérifier les travaux réalisés. Si aucune non conformité n'est révélée, le CONSUEL appose un visa sur le formulaire d'attestation de conformité. Enfin, une deuxième demande est faite auprès d'EDF, elle concerne l'installation du compteur électrique pour la mise en service des installations.

Source : notes d'enquête prises le 10/04/2014

L'équipe Métrologie réseau assure également l'exploitation du dispositif métrologique : maintenance et vérification régulières des instruments de mesure ; validation des données produites. Quotidiennement, sont traitées les données de la veille. Tous les membres de l'équipe peuvent participer à cette opération (ils ont été formés à l'application de validation). Les données validées sont enregistrées dans la base de données VIGILANCE partagée par l'ensemble des services de la Direction de l'Eau. Cette base de données intègre également les données pluviométriques et les données d'autosurveillance des stations de traitement.

Le service Pilotage des eaux usées et autosurveillance se charge de la mise en forme des données conformément au langage SANDRE, de l'élaboration et de la transmission des bilans réglementaires à l'agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse et à la police de l'eau. Ce service exerce également une mission de coordination des activités d'autosurveillance

¹⁹⁹Des difficultés techniques et financières se posent lorsque le site est situé dans une zone non desservie ou loin du réseau électrique. Dans ce cas, l'extension du réseau électrique passe par une demande supplémentaire dite "création de réseau".

²⁰⁰Entreprise multinationale spécialisée dans la prévention et la maîtrise des risques techniques, environnementaux et humains dans les secteurs de l'industrie et de la construction.

²⁰¹Le CONSUEL est l'organisme officiel qui certifie la conformité des installations électriques. Il délivre des attestations de conformité des installations électriques (installations nouvelles, rénovées ou modifiées) aux règles de sécurité en vigueur.

au sein de la Direction de l'Eau, et avec les autres acteurs impliqués dans ces activités, principalement l'agence de l'eau et la police de l'eau.

Chaque année, le dispositif métrologique lyonnais est contrôlé²⁰². L'agence de l'eau RMC s'assure par une expertise technique de la validité des instruments de mesure et de la représentativité des données qu'ils produisent :

Un bureau d'étude extérieur²⁰³ contrôle les processus de mesurage des débits et des flux polluants par la vérification des capteurs de mesure de la hauteur, la vérification des capteur de mesure de la vitesse, et la vérification des préleveurs d'échantillons d'eaux usées (des tests de prélèvement sont effectués afin de vérifier les vitesses d'aspiration, la position des crépines, etc.). Les résultats de ces tests sont ensuite examinés par un laboratoire agréé qui évalue leur représentativité par site de mesure (estimation des incertitudes affectant les mesures). A l'issue de ce contrôle de fiabilité des résultats de mesure, le bureau d'étude calcule une note globale par réseau, établit un bilan d'expertise, puis le transmet à l'agence de l'eau RMC²⁰⁴. L'état de conformité du dispositif métrologique dépend de cette note globale.

Une fois traités, les résultats de l'expertise sont exploités pour calculer la prime à l'épuration qui représente une aide pour le fonctionnement des grands travaux. Le calcul de cette aide est basé sur plusieurs critères, entre autres, la conformité du dispositif d'autosurveillance du réseau. S'il est non opérationnel ou non conforme, la prime à l'épuration sera inférieure à ce qu'elle devrait l'être²⁰⁵.

²⁰² Ce contrôle est absent à Nantes.

²⁰³ L'agence de l'eau RMC dispose d'une liste de bureaux d'étude compétents : « Donc on a une liste de bureaux d'études qui ont un peu l'habitude de faire ce type de contrôle, pas tous du même niveau, mais globalement ils savent ce que c'est une mesure, qu'ils soient à même de contrôler au moins l'aspect métrologique des points de mesure, même s'ils ne sont pas toujours à même de donner leurs avis sur les configurations, parce qu'en plus, eux ils y vont par temps sec et pas par temps de pluie pour qu'ils aient accès aux mesures » [entretien, EN130918a].

²⁰⁴ La note globale doit être supérieure à huit sur dix pour considérer que l'autosurveillance est correctement déployée.

²⁰⁵ Dans le bassin RMC, la prime à l'épuration versée aux collectivités territoriales qui déversent plus de 600 kg de DBO5/jour et qui ne se sont pas encore dotées des équipements d'autosurveillance pour les réseaux, est diminuée de 20 %.

Un deuxième contrôle de conformité du dispositif d'autosurveillance, portant sur les données de mesure transmises, est effectué par la police de l'eau. Ses principaux interlocuteurs sont la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) et le Service Navigation Rhône-Saône (SNRS). Le contrôle de conformité repose sur deux volets essentiels. En premier lieu, ces instances vérifient les "anomalies environnementales", c'est-à-dire les rejets par temps sec. Elles examinent les causes et les contextes de ces incidents. Ensuite, elles contrôlent les rejets par temps de pluie ou les "anomalies techniques" par la vérification de la cohérence entre les données de mesure de la pluie et les débits déversés. Une réunion annuelle est organisée pour évaluer le fonctionnement de l'autosurveillance globale du système d'assainissement²⁰⁶. Des négociations peuvent avoir lieu autour du report de l'instrumentation de certains ouvrages, notamment les déversoirs d'orage.

L'agence de l'eau RMC subventionne à hauteur de 30 % les investissements en autosurveillance (études de définition, instruments de mesure, aménagements de génie civil, liaisons téléphoniques et électriques, système de supervision). En revanche les coûts d'exploitation ne sont pas subventionnés²⁰⁷. En plus de ce dispositif d'incitation financière à la mise en place de l'autosurveillance, il existe des mesures de sanction qui se traduisent par la baisse de la prime à l'épuration en cas d'absence de cette démarche ou de non validité du dispositif technique en place. Les aides aux investissements risquent d'être perdues indirectement par la diminution, voire la suppression de la prime à l'épuration. Autrement dit, l'absence ou l'insuffisance de la surveillance du système de collecte influence directement les modalités de financement des systèmes de traitement, en l'occurrence, le montant de la prime à l'épuration. Ce modèle économique a contribué à accélérer l'engagement des collectivités territoriales du bassin RMC qui sont en retard dans la mise en œuvre de l'autosurveillance de leurs réseaux d'assainissement²⁰⁸.

²⁰⁶ Les participants sont : les service de la Préfecture, le SNRS et la Direction de l'Eau du Grand Lyon (Directeur de l'eau et son adjoint ; des représentants de l'unité Modélisation, du service Exploitation réseau, du service Usine et du service Clientèle).

²⁰⁷ Les coûts d'instrumentation d'un point de mesure vont de 15 000 à 50 000 euros. Les coûts d'exploitation sont évalués en moyenne à 8 500 euros. Ce montant ne prend pas en compte les frais de remplacement d'un capteur qui peuvent atteindre 18 000 euros [entretien, EN120606].

²⁰⁸ « Il a fallu attendre en gros le début du neuvième programme [(2007-2012)] de l'agence pour que la réglementation soit traduite un peu dans le cadre du calcul de nos primes (...). On a intégré dans le cadre du

3.2 Des entités qui s'adaptent à Nantes

Depuis la création de Nantes Métropole, en 2001, jusqu'à sa réorganisation en 2012, les acteurs de l'autosurveillance étaient regroupés au sein d'une seule structure, la Direction de l'Assainissement. Le service de l'eau et de l'assainissement était organisé autour de deux directions : la Direction de l'Eau et la Direction de l'Assainissement. Chacune d'entre-elles était formée de trois structures disposant des équipes nécessaires pour l'établissement des stratégies ; la définition des grandes orientations ; l'exploitation du service en régie ; et la gestion des relations avec les opérateurs privés. La direction de l'assainissement réunissait tous les acteurs de l'autosurveillance dont la Cellule Métrologie créée en 2001 pour la gestion du dispositif d'autosurveillance²⁰⁹. La nouvelle organisation est effective depuis le 1^{er} juillet 2012. Cette réorganisation vise la distinction entre la fonction d'autorité organisatrice et celle des opérateurs. Le regroupement des opérateurs publics va former la Direction des Opérateurs Publics de l'Eau et de l'Assainissement (DOPEA). Quand aux structures responsables des stratégies, elles vont fusionner au sein d'une direction unique formant ainsi la Direction du Cycle de l'Eau (DCE).

Aujourd'hui, la DOPEA est l'opérateur public du service eau et assainissement. A ce titre, elle exerce une mission d'exploitation du dispositif métrologique qui dépend du pôle Assainissement. Les activités qu'il mène mobilisent des acteurs relevant de trois services (cf. *infra* Figure 20) :

- le service Logistique : il est rattaché au pôle Assainissement de la DOPEA, il apparaît sur son organigramme sans pour autant en dépendre hiérarchiquement ;
- le service Exploitation Réseaux Assainissement : il est chargé de l'entretien des réseaux visitables et non visitables (inspections télévisées des réseaux, contrôles de conformité pour l'assainissement collectif et non collectif, réalisation de travaux de maintenance et de réparation). Par ailleurs, il anime et pilote la politique poursuivie par

calcul des primes [à l'épuration] la nécessité de répondre à la réglementation, c'est-à-dire (...) l'autosurveillance des réseaux. Et on a commencé à mettre des pénalités au niveau des calculs de la prime qui étaient progressifs au niveau des années suivant que la collectivité n'a pas mis en place l'autosurveillance » [entretien, EN130918a].

²⁰⁹ La Cellule Métrologie était composée d'environ douze agents issus de l'ancienne Cellule Métrologie de la Régie Municipale de Nantes (RMA). Ils sont membres de la cellule à plein temps ou partiel et recrutés sur la base du volontariat et de leurs compétences.

Nantes Métropole en matière de sécurité et de prévention des risques professionnels. La mobilisation des équipes d'égoutiers obéit à un découpage du territoire en trois secteurs d'intervention définissant ainsi trois équipes : équipe Rive Droite de l'Erdre, équipe Rive gauche de l'Erdre et l'équipe Sud Loire. La dernière équipe d'égoutiers est spécialisée dans le curage hydrodynamique. Elle effectue des missions d'appui aux trois premières selon les besoins et la nature des opérations à effectuer ;

- le service Exploitation Equipement Assainissement : ce service exerce des missions d'encadrement et de coordination des actions des mécaniciens et des électromécaniciens (unité Exploitation Maintenance). La métrologie des stations d'épuration et l'exploitation des données d'autosurveillance des réseaux d'assainissement sont conduites par l'unité Exploitation STEU et métrologie.

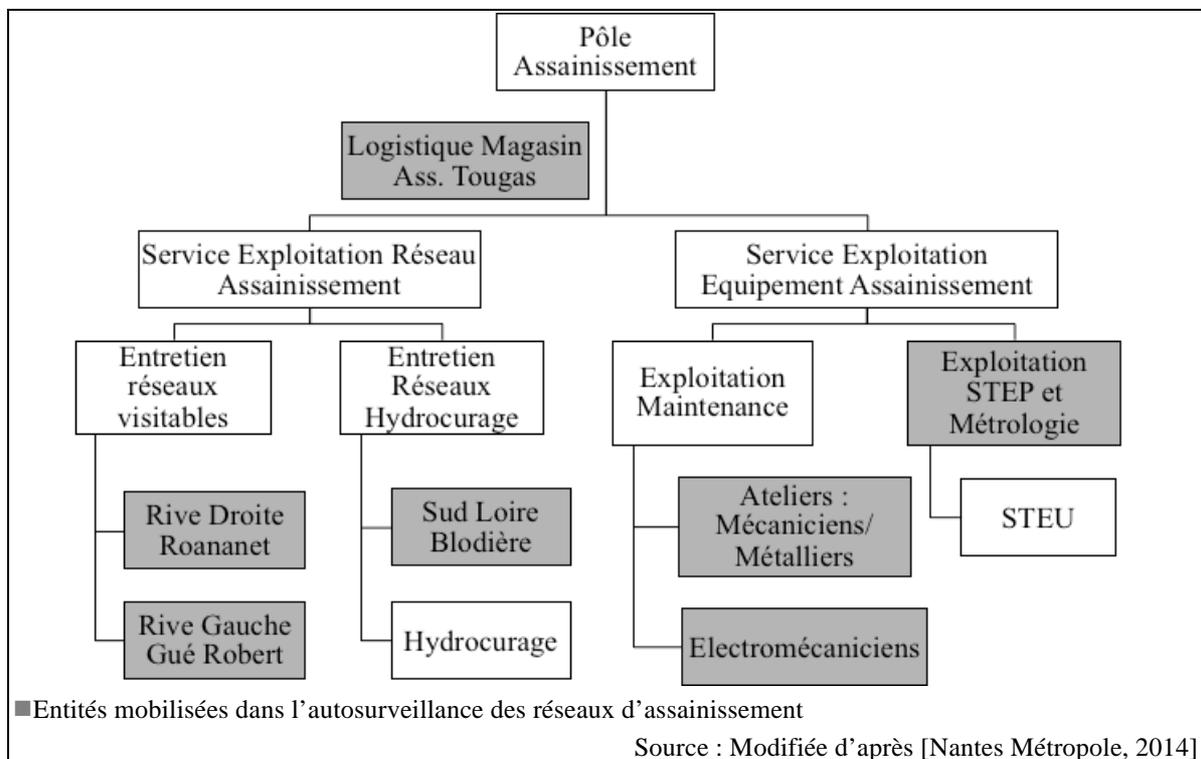


Figure 20 : Entités mobilisées dans et par les activités d'autosurveillance des réseaux au sein du Pôle Assainissement de Nantes Métropole

Les activités d'exploitation du dispositif métrologique sont ponctuelles. Des campagnes semestrielles, dites d'étalonnage, sont programmées pour la vérification et l'étalonnage des instruments de mesure. Elles durent entre une semaine et dix jours. La première campagne a lieu entre octobre et décembre. Elle concerne les capteurs piézométriques, les capteurs à effet Doppler, et les "poires"²¹⁰ sur les surverses (dispositifs de détection de surverses). La seconde campagne se tient entre avril et juin, elle porte sur les mêmes capteurs que ceux concernés par la précédente campagne auxquels s'ajoutent, par alternance tous les deux ans, les capteurs ultrasonores et les inclinomètres (capteurs de position installés sur les déversoirs à seuils mobiles ; ils enregistrent la position de la vanne d'ouverture).

Ces activités sont remplies par les entités précédemment présentées qui, tout en poursuivant leurs missions habituelles, s'organisent entre elles de manière à intégrer au mieux ces opérations. Les acteurs mobilisés sont principalement le magasinier, les électromécaniciens, et les égoutiers²¹¹. Le magasinier élabore un programme d'actions, lequel est soumis, pour validation, aux équipes d'électromécaniciens et aux équipes d'égoutiers. Les agents de maîtrise de ces équipes établissent à leur tour un calendrier d'affectation du personnel nécessaire pour l'accomplissement du programme qui leur est proposé. Le magasinier joue principalement un rôle de coordination. Les électromécaniciens effectuent la plus grande partie des opérations de vérification selon les protocoles prédéfinis. Les égoutiers y participent quand l'opération se passe dans le réseau. Si le magasinier est disponible, il les accompagne et participe aux opérations. Il s'occupe plutôt du travail en surface. Cette répartition des tâches entre différents intervenants sur le terrain semble être liée aux dispositions de chacun. Aucun rapport hiérarchique n'a été restitué lors des observations. Toutes les interventions sur les sites de mesure font l'objet d'un compte rendu (une fiche de terrain) examiné puis archivé par le magasinier. Les valeurs "anormales" sont reprises sur un cahier de suivi afin de faciliter la validation ultérieure des données. Les informations susceptibles de justifier le sens atypique de certaines mesures sont également mentionnées (intervention sur site, nettoyage de capteur, etc.). L'opération de validation proprement dite est le fait du chef de l'unité Exploitation STEU et Métrologie.

²¹⁰ Nettoyage et récupération des enregistrements du nombre de déversement (transfert de mémoire sur ordinateur portable).

²¹¹ Les égoutiers sont mobilisés selon le lieu d'intervention (respect de la sectorisation des équipes).

Le dispositif métrologique nantais a bénéficié des aides introduites par l'agence de l'eau Loire-Bretagne dans son 9^e programme d'intervention (2007-2012) afin d'inciter les collectivités du bassin à mettre en place l'autosurveillance des réseaux. Les aides apportées sont de deux formes : une subvention pour les études préalables et l'équipement (le taux de subvention appliqué est de 50 %) ; et une Aide au Transfert Maximum (ATM) visant à améliorer le transfert des effluents vers les stations d'épuration²¹². Cette aide concerne les agglomérations d'assainissement qui drainent une charge de pollution de plus de 10 000 EH, elle est calculée à partir des assiettes de pollution produite par l'agglomération et traitées par la station d'épuration. L'ATM n'est versée que si le système d'assainissement satisfait les conditions d'attribution suivantes [AELB, 2002] :

- le dispositif d'autosurveillance du réseau d'assainissement est opérationnel ;
- le dispositif d'autosurveillance de la station d'épuration est opérationnel et conforme ;
- envoi d'un rapport sur le fonctionnement et l'autosurveillance du réseau d'assainissement.

L'ATM a été supprimée en 2012. Elle était censée compenser intégralement le coût de l'exploitation (1 ETP). Il semble que la suppression de cette aide a conduit à l'abandon de la validation des données de mesure produites au niveau des points de transfert. Seulement les données issues de points de mesure au voisinage des déversoirs d'orage sont validées : « Avant 2012, on la faisait, cette validation-là sur les points de transfert parce qu'il y avait une subvention de l'agence de l'eau (...). On fournissait un bilan très précis sur le transfert. La subvention s'appelait l'ATM, l'aide au transfert maximal, et c'était au prorata du volume d'eau sur la station d'épuration. Depuis la suppression de l'ATM, c'est terminé, on n'a plus fait ce bilan » [entretien, EN141004].

Pour conclure, ce chapitre a permis d'examiner la mise en place de l'autosurveillance des réseaux d'assainissement dans les agglomérations lyonnaise et nantaise. A Lyon, cette mise en place s'est largement appuyée sur les moyens de modélisation hydrauliques disponibles ; à Nantes, elle est réalisée dans le cadre des actions menées visant à améliorer les conditions de collecte et de traitement des rejets urbains. Dans les deux cas, les dispositifs

²¹² Une aide spécifique pour la première année de suivi du dispositif a été introduite afin de faire la jointure entre l'exercice ouvrant droit à l'ATM et l'exercice où elle est effectivement versée.

métrologiques installés ont été développés en collaboration avec des chercheurs en hydrologie urbaine et ont bénéficié d'aides financières accordées par les agences de l'eau. Au niveau organisationnel, le déploiement de l'autosurveillance s'appuie sur des entités plus au moins polyvalentes. Néanmoins, il ne passe pas par l'embauche de personnes spécialisées en métrologie des réseaux. La plupart des acteurs engagés dans les activités liées à la surveillance des réseaux sont volontaires. Ils s'appuient sur des connaissances et des compétences acquises lors d'expériences passées ou dans le cadre de formations proposées par la direction (comme la formation pour habilitation électrique). Le dernier chapitre propose de présenter ces activités.

Chapitre 6

Les activités liées à l'autosurveillance des réseaux d'assainissement

L'autosurveillance des réseaux d'assainissement vise principalement la production de données permettant de caractériser les flux déversés dans le milieu récepteur. Elle constitue un ensemble d'objets et de dispositifs techniques nécessaires pour l'acquisition, le stockage, la transmission et la validation des résultats de mesure. Pour cela, les agglomérations étudiées mettent en œuvre deux catégories d'activités. La première est l'exploitation du système de collecte des données qui regroupe les activités de vérification et de maintenance des instruments de mesure. La seconde est l'exploitation des données qui regroupe les activités de traitement et de validation des résultats, de calcul des bilans de rejet et leur mise au format adapté aux différents destinataires. Ces activités couvrent des domaines très variés et s'appuient sur des protocoles et des modes opératoires prédéfinis. L'objectif de ce chapitre est de décrire la mise en œuvre de l'autosurveillance dans les deux collectivités territoriales étudiées. Il débute par la présentation de la configuration des sites de mesure observés avec la description des objets qui les constituent, et des chaînes d'acquisition et de transmission des résultats de mesure qu'ils définissent (1). Ensuite, les protocoles de vérification de ces chaînes sont présentés (2). La section suivante traite de la validation des résultats et, plus largement, des difficultés organisationnelles, pratiques et instrumentales que soulèvent les mesures en réseau d'assainissement (3). Enfin, la dernière section aborde la question de la valorisation des données produites (4).

1 Acquisition des mesures

Un site de mesure est un ensemble d'objets et de dispositifs techniques nécessaires pour l'acquisition, le stockage et la transmission des résultats produits. Pour chaque site, cet ensemble peut être décomposé en deux éléments :

- Les capteurs : pour mesurer les hauteurs d'eaux, capteurs ultrasonores ou capteurs piézorésistifs ; pour mesurer les vitesses, capteurs à effet Doppler ; pour mesurer le pH ; pour mesurer la conductivité. Les capteurs de hauteur et les capteurs de vitesse sont installés dans les réseaux d'assainissement. Leur manipulation, dans le cas des collecteurs visitables, s'effectue dans le réseau. Dans le cas des collecteurs non visitables, ces capteurs sont remontés et manipulés en surface.
- Une armoire électrique de commande qui assure le traitement local des résultats de mesure, leur stockage et leur envoi en supervision. En général, elle se situe sur un trottoir, au bord d'une rue, et commande un ou plusieurs sites de mesure²¹³.

A Lyon, les capteurs de hauteur sont des capteurs ultrasonores, les capteurs de vitesses sont des capteurs à effet Doppler. L'armoire électrique rassemble les éléments suivants :

- un ou plusieurs transmetteurs de hauteurs reliés aux capteurs de hauteurs ;
- un ou plusieurs transmetteurs de vitesse reliés aux capteurs de vitesse²¹⁴ ;
- un automate auquel sont connectés les différents transmetteurs ;
- des liaisons téléphoniques RTC et ADSL pour la transmission des résultats de mesure²¹⁵.

Les capteurs effectuent des mesures à des instants séparés d'une durée de temps fixe de 30 secondes, cet intervalle de temps est appelé temps de scrutation. A partir de ces valeurs scrutées, les transmetteurs calculent des hauteurs et des vitesses moyennes, pour un pas de temps de 2 minutes, qu'ils transmettent à l'automate. Après enregistrement de ces valeurs,

²¹³ Dans l'agglomération lyonnaise, chaque site de mesure possède sa propre armoire électrique de commande.

²¹⁴ Le nombre des transmetteurs de hauteurs et des transmetteurs de vitesse dépend du nombre de points de mesure par site.

²¹⁵ En 2014, tous les sites de mesure lyonnais sont équipés en ADSL (à l'exception de deux ou trois sites). La transmission téléphonique fonctionne prioritairement en ADSL.

l'automate calcule des hauteurs et des vitesses moyennes pour un pas de temps de 6 minutes²¹⁶, puis stocke les valeurs correspondantes avant de les transmettre au serveur²¹⁷ automatiquement à une heure fixe de la journée²¹⁸ (Figure 21).

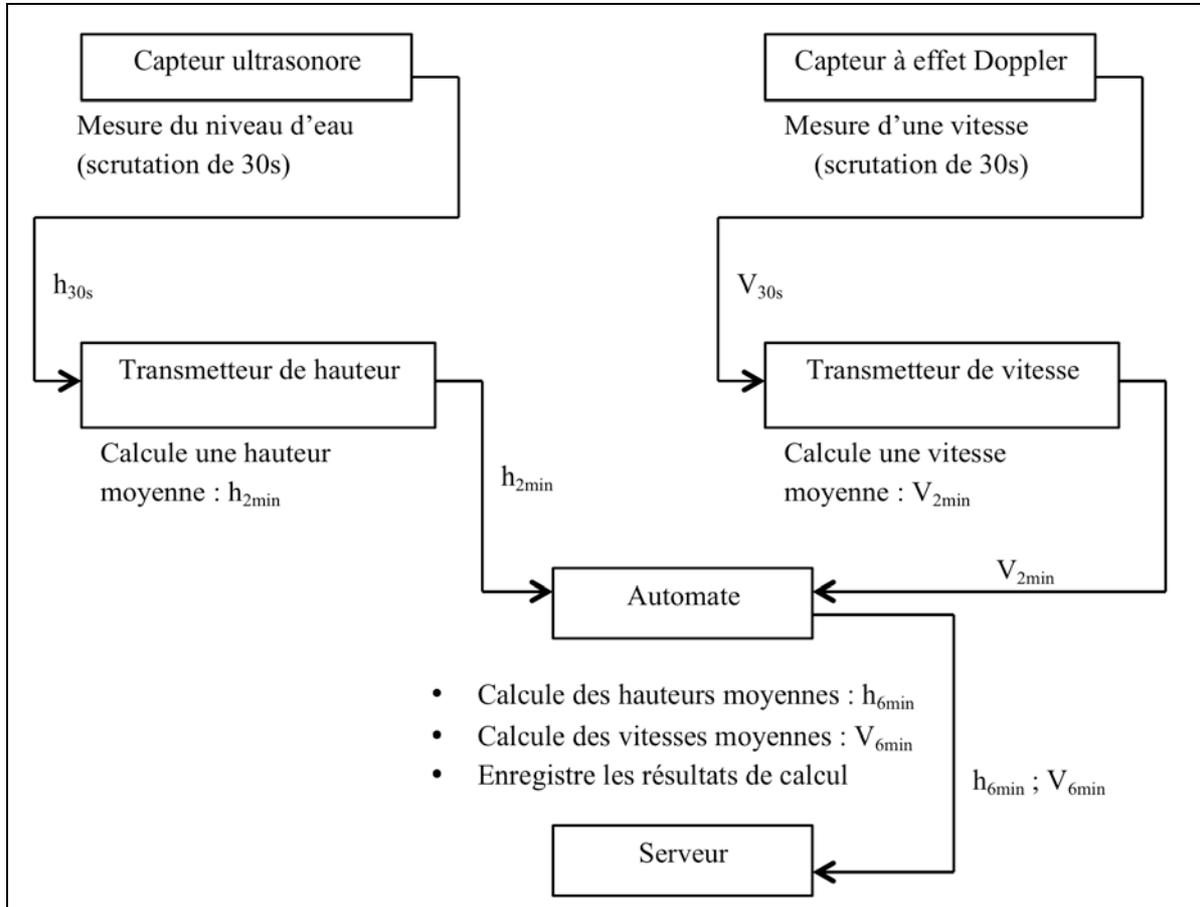


Figure 21 : Chaîne d'acquisition et de transmission des résultats de mesure à Lyon

Pour les sites concernés par le suivi qualitatif des effluents, l'armoire électrique est logée dans un local fermé, appelé station de mesure qui abrite également :

- le bac de mesure du pH, de la température et de la conductivité ;
- le préleveur automatique des échantillons d'effluents.

Les capteurs de mesures du pH et de mesure de la conductivité sont installés sur un bac de mesure. Ce bac est divisé en deux compartiments séparés par une cloison siphonide : un

²¹⁶ Le pas de temps de 6 minutes est utilisé par les mesures de pluie. C'est le pas de temps défini par Météo France, qui correspond à 1/10 d'heure.

²¹⁷ Le serveur est situé à Villeurbanne, il est géré par l'entreprise CEGELC mobility.

²¹⁸ Généralement aux alentours de minuit.

compartiment pour la remontée des effluents aspirés par une pompe péristaltique, et un compartiment de tranquillisation où sont plongés les capteurs. Ils sont reliés chacun à son propre transmetteur, transmetteur de pH et transmetteur de conductivité, qui transmettent ces mesures à l'automate.

Un préleveur automatique peut être fixe ou mobile (Figure 22). Il se compose des éléments suivants : une prise d'eau (ou crépine) placée dans le réseau d'assainissement ; une pompe pour la remontée de l'effluent ; un tuyau pour la circulation de l'effluent prélevé ; un système de distribution du prélèvement entre les différents flacons²¹⁹ ; un système de commande pour le pilotage et la programmation du préleveur (démarrage et arrêt du prélèvement par date et heure). Les échantillons sont conservés dans un compartiment réfrigéré, ils sont analysés en laboratoire²²⁰. Les mesures de concentrations recherchées concernent les paramètres suivants : MES, DCO, DBO, azote global et phosphate global.



Figure 22 : Exemples de stations de mesure – Métropole de Lyon

La répartition des sites de mesure nantais se présente comme suit : des capteurs piézométriques pour mesurer les hauteurs et des capteurs à effet Doppler pour mesurer les vitesses. L'armoire électrique comporte :

²¹⁹ 24 flacons de 1 litre pour un préleveur portable, 6 flacons de 6 litres pour un préleveur fixe.

²²⁰ Le Laboratoire de la Direction de l'eau de la Métropole de Lyon situé à Pierre-Bénite.

- un débitmètre ;
- un automate ;
- une liaison téléphonique RTC.

Toutes les mesures sont scrutées au pas de temps de 5 minutes²²¹. Les capteurs piézométriques sont reliés à la fois à l'automate et au débitmètre qui transforment les signaux électriques émis par ces capteurs en hauteurs d'eau. Les capteurs à effet Doppler sont reliés uniquement au débitmètre car ils émettent des signaux analogiques non compatibles avec les automates utilisés²²². Le débitmètre convertit ces signaux en valeurs numériques déchiffrables par l'automate, calcule des débits à partir des valeurs envoyées par les différents capteurs, puis transmet à l'automate les valeurs suivantes : vitesses mesurées et débits calculés au pas de temps de 5 minutes. Enfin, l'automate calcule, au pas de temps horaire, des hauteurs moyennes, des vitesses moyennes et des débits moyens, puis stocke les valeurs correspondantes localement (Figure 23). La télétransmission de ces résultats au serveur est effectuée sur demande. Le serveur est situé à Tougas, il est géré par la DOPEA.

²²¹ Pour certains sites, le temps de scrutation est de 60 minutes, il passe à 5 minutes, généralement par temps de pluie, quand la mesure (de hauteur et/ou de vitesse) dépasse une valeur seuil précise.

²²² Les modèles les plus anciens.

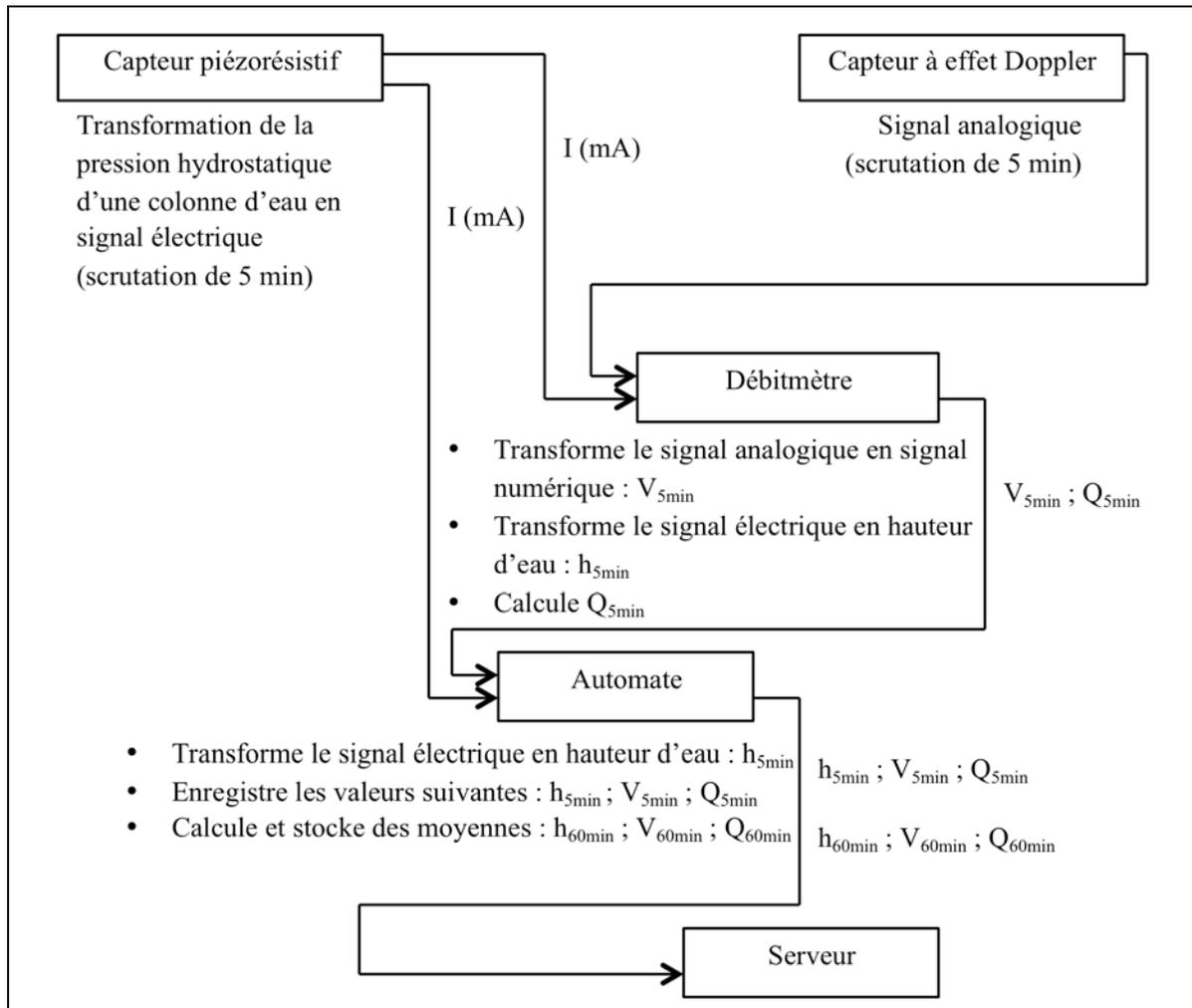


Figure 23 : Chaîne d'acquisition et de transmission des valeurs de mesure à Nantes

Le stockage local des résultats de mesure, à Lyon et à Nantes, permet de sécuriser l'accès à ces données en cas de panne empêchant leur transmission automatique (panne sur le serveur, coupure de ligne téléphonique, coupure d'électricité, etc.). Le transfert des données peut s'effectuer *in situ* vers un ordinateur portable connecté à l'automate²²³. Les différents automates et transmetteurs sont fournis, par les fabricants, avec leurs logiciels qui permettent de configurer et d'exploiter les instruments de mesure : réglages préalables, paramétrages et vérification, récupération des résultats de mesure, intégration au système de supervision.

²²³ Les transmetteurs (cas lyonnais) offrent aussi une garantie supplémentaire sur les données. En cas de problème sur un automate, les données peuvent être transférées vers un ordinateur portable connecté directement au transmetteur.

Pour terminer, une mesure de hauteur ou de vitesse est le résultat de traductions d'une grandeur physique en grandeur électrique dont le traitement aboutit à une valeur de mesure compréhensible (les principes de fonctionnement des capteurs ultrasonores, piézorésistifs et à effet Doppler utilisés sont présentés dans Encadré 7). Les résultats de mesure matérialisés par les algorithmes programmés dans les capteurs, les transmetteurs, les débitmètres et les automates, sont des valeurs instantanées acquises à des intervalles réguliers, et des valeurs moyennes calculées à partir de mesures instantanées précédentes. Ces différentes traductions de la donnée le long de sa chaîne d'acquisition et de transmission ne sont pas toujours maîtrisées par les agents.

Encadré 7 : Principe de fonctionnement des capteurs utilisés en réseaux d'assainissement

Mesurage de la hauteur par capteur ultrasonore. – Le principe de fonctionnement d'un capteur ultrasonore consiste à mesurer le temps de parcours aller-retour d'une onde réfléchi par l'interface air-eau. Le capteur, placé au dessus du plan d'eau, émet des ondes ultrasonores qui se propagent vers la surface de l'eau. Au contact de l'interface air-eau, une partie des ondes est réfléchi vers le capteur qui fonctionne en réception et permet ainsi le mesurage d'un temps de transit aller-retour de l'onde t (s). La distance parcourue d (m), étant proportionnelle à la célérité de propagation des ondes ultrasonores dans l'air C (m/s), elle est donnée par : $d = Ct/2$. La distance séparant le capteur du radier est connue D (m), d'où la mesure de hauteur $h = D - d$.

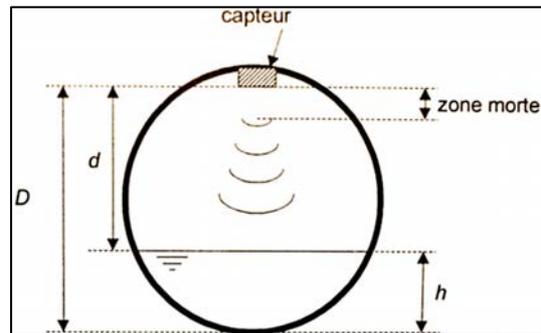


Schéma d'un capteur ultrasonore

Mesurage de la hauteur par un capteur piézorésistif. – Le principe mis en œuvre par un capteur piézorésistif est fondé sur le mesurage de la pression hydrostatique d'une colonne d'eau. Le capteur comprend une membrane souple qui se déforme sous l'effet du poids de l'eau qui la surplombe. Cette déformation mécanique est transformée en signal électrique (intensité électrique comprise entre 4 et 20 mA) par un transducteur de pression relié à la membrane. La pression mesurée est relative, la mise à la pression atmosphérique du capteur se fait au moyen d'un tube capillaire dont la prise de référence se situe en dehors du collecteur (sous le regard de visite). La hauteur d'eau est calculée par la relation suivante : $h = (P - P_{atm}) / \rho_w g = \Delta P / \rho_w g$. Avec : P : pression hydrostatique (N/m^2) ; P_{atm} : pression atmosphérique (N/m^2) ; ρ_w : masse volumique de l'eau (kg/m^3) ; g : accélération de la pesanteur (m/s^2).

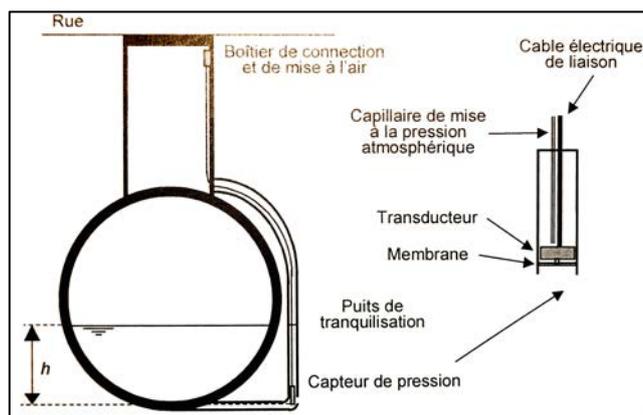
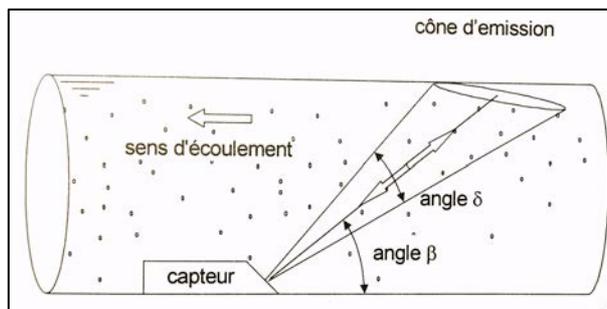


Schéma d'un capteur piézorésistif

Mesurage de la vitesse par un capteur utilisant l'effet Doppler. – Le capteur, installé au centre du radier, comprend deux céramiques ultrasonores : l'une fonctionne en émission et l'autre en réception. Le principe de mesure consiste à déterminer la vitesse de l'écoulement dans le volume exploré par le capteur à partir du décalage de fréquence entre l'onde ultrasonore émise par le

capteur et l'onde réfléchiée par les bulles d'air ou les particules en suspension transportées par l'écoulement. Ce décalage est l'effet Doppler produit par l'écoulement de l'eau dans un collecteur. Le capteur fonctionne d'abord en émission puis en réception. Il émet une onde ultrasonore d'une fréquence connue (f_{us}) qui se propage dans l'eau avec un angle β par rapport à la direction de l'écoulement. Cette onde se propage en formant un cône d'angle δ (le cône d'émission correspond au volume de mesure exploré au sein de l'écoulement par le capteur). L'onde ultrasonore est réfléchiée vers le capteur, principalement par les particules en suspension ou les bulles d'air transportées par l'écoulement, avec une fréquence différente ($f_{us'}$). L'écart ($f_{us} - f_{us'}$) entre ces deux fréquences est proportionnel à la vitesse de déplacement (V_D) des particules réfléchissantes qui se déplacent à la même vitesse que l'eau²²⁴ ($C_{us\ eau}$). La vitesse V_D est déterminée par la relation suivante : $V_D = C_{us\ eau} (f_{us} - f_{us'}) / 2 f_{us} \cos \beta$. Avec : $C_{us\ eau}$: célérité du son dans l'eau (m/s) ; ($f_{us} - f_{us'}$) : écart entre la fréquence émise et la fréquence reçue par le capteur (Hz) ; f_{us} : fréquence d'émission des ultrasons (Hz) ; β : angle d'émission des ultrasons par rapport à l'écoulement (rad). Le résultat obtenu (V_D) est, soit la vitesse moyenne dans la zone de l'écoulement exploré par le capteur (cône d'émission des ondes ultrasonores), soit la vitesse maximale dans cette même zone. A partir de l'un ou l'autre de ces résultats, le capteur extrait, par un algorithme de calcul, la vitesse moyenne dans la section de l'écoulement.



Principe de mesurage de la vitesse par effet Doppler

Synthèse réalisée par : Selma Baati, 2018

Source : [Bertrand-Krajewski et al., 2000]

2 Vérification des instruments de mesure

Les données produites sont des résultats de mesure et des résultats de calcul sur plusieurs mesures. Or un résultat de mesure n'est pas toujours représentatif de la grandeur recherchée, et ce pour différentes raisons : le capteur peut perdre le contact avec le phénomène mesuré (encrassement, colmatage, opération de vérification) ; le capteur peut être influencé par l'environnement de mesurage (température, pression, humidité, etc.) ; il peut aussi arriver que le résultat de mesure soit correct mais ne représente pas les conditions habituelles de fonctionnement du réseau car d'autres événements se sont produits : curage d'un collecteur, dérivation des effluents à l'amont, rejet accidentel, etc.

²²⁴ La technique de mesure par effet Doppler admet comme hypothèse fondamentale que les particules ou les bulles d'air se déplacent avec la même vitesse que l'eau.

D'où l'intérêt de vérifier le matériel de mesure. En théorie, la vérification d'un capteur vise à contrôler son bon état de fonctionnement et sa précision dont dépend la qualité des données produites. Le principe de vérification consiste à soumettre le capteur à des mesurandes de valeurs connues, dites valeurs références ou étalons, couvrant son étendue de mesure²²⁵, et à comparer ces valeurs étalons aux mesures correspondantes fournies par le capteur. Les opérations de vérification observées s'appuient sur des protocoles spécifiques pour chaque instrument de mesure selon sa nature, capteur de hauteur ou capteur de vitesse, et son principe de fonctionnement, ultrasonore, piézorésistif ou à effet Doppler.

Vérification des capteurs ultrasonores à Lyon. – La vérification d'un capteur ultrasonore mobilise au moins trois agents, deux agents dans le réseau (un égoutier les accompagne lorsque le site de mesure est situé dans une zone industrielle) et un agent en surface à côté de l'armoire électrique. Le système de vérification se compose de trois cales de hauteurs connues : 493 mm, 995 mm, 1595 mm ; un plateau réflecteur muni d'un niveau d'eau ; et un trépied (Figure 24). Ce système de vérification a été conçu et fabriqué par l'équipe Métrologie réseau et validé par l'Agence de l'eau RMC.



Figure 24 : Le système de vérification des capteurs ultrasonores – Métropole de Lyon

Dans le réseau, les agents accrochent le plateau sur une cale et fixent le tout sur le trépied. Pour simuler des hauteurs d'eau, cet assemblage est placé sous le capteur de sorte que le plateau réflecteur soit perpendiculaire au faisceau ultrasonore émis par le capteur. Plusieurs

²²⁵ L'étendue de mesure est l'ensemble de valeurs du mesurande pour lesquelles l'erreur d'un instrument de mesure est comprise entre des erreurs maximales tolérées (limite inférieure et limite supérieure).

passages de cales sont réalisés de la plus petite à la plus haute et inversement. L'"agent de l'armoire électrique" connecte un ordinateur à l'automate. Quand les "agents du réseau" lui annoncent que la cale est en place (communication au moyen de talkies walkies), il note sur sa fiche de vérification les valeurs suivantes : la hauteur d'eau transmise par le transmetteur et lue directement sur son afficheur ; la hauteur d'eau enregistrée par l'automate et lue sur l'ordinateur²²⁶. Si l'écart entre le niveau de la cale et les valeurs affichées et enregistrées respectivement par le transmetteur et l'automate est situé en dehors des seuils tolérés, +/- 2 millimètres, alors l'"agent de l'armoire électrique" vérifie la correspondance entre les échelles de mesure du transmetteur et de l'automate²²⁷. L'observation de décalage conduit à l'interruption de l'opération de vérification pour procéder au paramétrage de ces appareils à la même échelle de mesure²²⁸. En l'absence de défauts, les agents dans le réseau vérifient la position verticale du plateau par rapport au faisceau d'ondes ultrasonores émis par le capteur. Le système "plateau-cale-trépied" doit être posé sur une surface parfaitement plane et horizontale. La sédimentation des matières entraînées par les effluents perturbe le niveau référence de réflexion des ondes ultrasonores et conduit, par conséquent, à des erreurs sur les hauteurs d'eau simulées (Extrait 6).

²²⁶ Ces valeurs correspondent aux hauteurs moyennes calculées par le transmetteur au pas de temps de 2 minutes.

²²⁷ Le transmetteur et l'automate sont préalablement paramétrés à la même échelle de mesure.

²²⁸ Le paramétrage est une opération longue et fastidieuse, elle est réalisée en présence d'un agent de maîtrise. Les étapes à suivre sont décrites dans un manuel de paramétrage.

Extrait 6 : Vérification d'un capteur ultrasonore à Irigny – Métropole de Lyon

X01 [en surface] : (...) X02 [dans le réseau] c'est pire qu'avant ! J'ai 518 [au passage de la cale de 493 mm]...est ce qu'il n'est pas sur une bosse [sédimentation]...c'est surprenant ! (...) à mon avis vous êtes sur une bosse X02 ! Est ce que tu peux vérifier si X05 [dans le réseau] a bien mis la barre [la cale] dans le support [le trépied] ?

X02 : ok ! Je vais voir

(...)

Selma [en surface] : qu'est ce qu'il fait X05 ?

X01 : je ne sais pas...il gratte le réseau peut être...

X02 : il nous faudra un marteau !

X01 : c'est vrai ?!

X02 : oui !

X01 : on a que le petit...à mon avis il ne va pas aller trop loin avec ça !...il arrive d'ici deux secondes le marteau...[X01 remonte la corde et attache le marteau] le petit marteau arrive...il lui faut une pioche...

(...)

X01 : là j'avoue je suis perdu avec ça ! (...) Tu entends [Selma] ?!

X02 : X01 ! X05 est en train de casser l'égout ! [Il rit]

X01 : est ce qu'il faut que j'appelle les maçons pour une intervention ?! [Il rit].

Source : [Journal d'observation, CR140411]

Vérification des capteurs piézorésistifs à Nantes. – La vérification d'un capteur piézorésistif installé dans un collecteur mobilise au moins quatre agents, un "agent du réseau" (dans le réseau si le collecteur est visitable ou à côté du réseau si le collecteur est non visitable) accompagné par un ou deux égoutiers, deux agents en surface, l'un à côté de l'armoire électrique, l'autre à proximité du tampon d'accès au collecteur. La communication entre l'"agent du réseau" et "celui de l'armoire électrique" passe par l'"agent du tampon". Si l'"agent de l'armoire électrique" et "celui du tampon" sont à portée de voix, les communications sont directes. Si cela est impossible, les communications s'effectuent au moyen de téléphones portables. La vérification est réalisée moyennant un appareil générateur de pression calibrée (ou appareil calibreur de pression) qui permet d'exercer différentes pressions sur le capteur, correspondant à 0 %, 25 %, 50 %, 75 % et 100 % de son étendue de mesure : 0 mb, 735 mb, 1470 mb, 2205 mb, 2940 mb. Ces pressions sont générées à la montée puis à la descente, elles sont transformées aux signaux électriques suivants : 0 mA, 4 mA, 8mA, 12 mA, 16 mA, 20 mA. L'"agent du réseau" branche le générateur de pression au capteur. L'"agent de l'armoire électrique" place un ampèremètre en série entre le capteur et l'automate, et connecte un ordinateur à l'automate (Figure 25). Ensuite, il annonce les pressions "calibrées" que doit exercer l'opérateur dans le réseau sur le capteur en manipulant le générateur de pression. A chaque pression, le capteur émet un signal électrique. Celui-ci est mesuré par l'ampèremètre en surface. Il est également reçu par l'automate qui le convertit en hauteur d'eau, puis enregistre la valeur correspondante. L'"agent de l'armoire électrique" compare les intensités du courant électrique mesurées par l'ampèremètre aux intensités théoriques correspondant aux différentes pressions calibrées. Il note sur la fiche de vérification les valeurs des signaux électriques mesurés pour chaque pression calibrée et les hauteurs d'eau enregistrées par l'automate et lues sur l'ordinateur. L'écart toléré entre les signaux électriques mesurés et les signaux électriques théoriques est de +/- 0,01 mA. En dehors de ces limites, le capteur est déclaré "hors service" et à changer.



Site Marcel Hatet à Nantes.

(1) : un ordinateur est connecté à l'automate, un ampèremètre est branché en série entre le capteur et l'automate ; (2) : le capteur piézorésistif est manipulé en surface (collecteur non visitable), il est relié à l'appareil générateur de pression.

Source : Selma Baati, 2014

Figure 25: Vérification d'un capteur piézorésistif – Nantes Métropole

Vérification des capteurs de vitesse à effet Doppler à Lyon et à Nantes. – La vérification d'un capteur de vitesse à effet Doppler consiste à comparer la vitesse enregistrée par l'automate à la vitesse moyenne calculée à partir de mesures réalisées dans le réseau par un courantomètre à Nantes (Figure 26). Les points de mesure sont définis par site sur une fiche de vérification, ils y sont repérés sur une coupe longitudinale du collecteur. En pratique, l'agent positionne le courantomètre d'instinct. A Lyon, les mesures de vitesse dans le réseau sont effectuées au moyen d'un pistolet radar. La valeur de la vitesse moyenne mesurée est comparée à la valeur affichée par le transmetteur de vitesse.

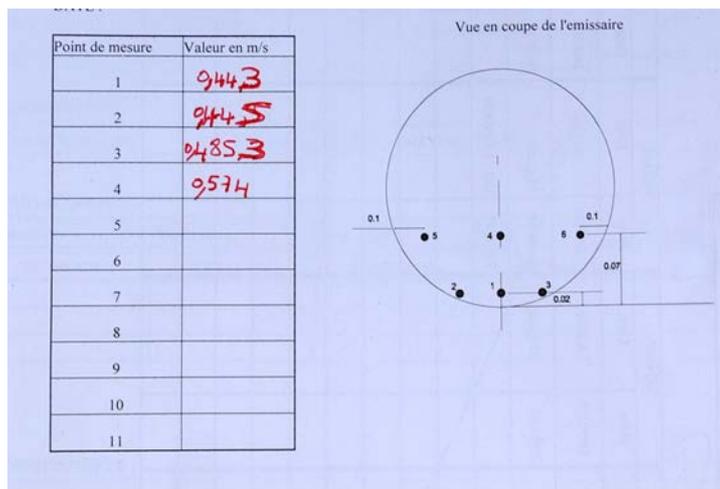
Cela ne constitue pas une vérification au sens strict car dans la pratique, il est impossible de vérifier *in situ* le fonctionnement d'un capteur de vitesse à effet Doppler. La manière avec laquelle il appréhende le champ de vitesse sur toute son étendue de mesure n'est pas explicitée par les fabricants. En réalité, la vérification de ces appareils nécessite un canal d'étalonnage spécifique (étalonnage effectué en canal de laboratoire par le fabricant ou par des organismes accrédités) : le capteur fixé sur un chariot mobile, se déplace avec une vitesse connue dans une eau calme. Dans ces conditions, le profil de vitesse est vertical, uniforme, et conserve la même valeur de vitesse quelle que soit la profondeur d'eau explorée par le capteur. Or en réseau d'assainissement, les profils de vitesse sont non uniformes. Les algorithmes de traitement de signal et de calcul de la vitesse moyenne dans

la section de l'écoulement validée en canal d'étalonnage, peuvent être inadaptés pour analyser un spectre provenant d'un écoulement réel non uniforme, et donc conduire à des erreurs importantes sur la détermination de la vitesse de l'écoulement.



Exploration du champ de vitesse avec un courantomètre.

(1) : site Quai de la Fosse à Nantes, collecteur visitable ; (2) : site Dreyfus à Chappelle-Sur-Erdre, collecteur non visitable.



Extrait de la fiche de vérification d'un capteur de vitesse à effet Doppler (site Dreyfus) : emplacement des points de mesure de la vitesse par le courantomètre sur une coupe de l'émissaire.

Source : Selma Baati, 2014

Figure 26 : Vérification d'un capteur de vitesse à Effet Doppler – Nantes Métropole

3 Validation des données de mesure

L'un des principaux objectifs assignés aux dispositifs métrologiques mis en place dans le cadre de la démarche d'autosurveillance est la production de données nécessaires pour l'évaluation et le suivi des rejets dans les milieux récepteurs. L'utilisation de ces données dépend de la représentativité des mesures dont elles sont issues, d'où l'intérêt de valider ces données en vue d'en apprécier la qualité. Cette section vise à présenter le processus de

validation observé dans les agglomérations étudiées selon le système d'exploitation des données adopté : le système STELLA à Lyon (Supervision de la Télégestion Lyonnaise de l'Assainissement) (3.1) et le système Métrologie-Télésurveillance à Nantes (3.2).

3.1 Le système lyonnais de supervision et de télégestion

Le système STELLA est un système de supervision et télégestion commun à l'ensemble des services chargés de l'exploitation du service de l'assainissement au sein de la Direction de l'Eau du Grand Lyon/Métropole de Lyon : le service Exploitation Réseau (ESX) ; le service Usines (ESU) ; et le service Etudes (EBE). Il a été conçu et développé par les sociétés Visuel Concepts²²⁹ et Egis Mobilités²³⁰ en 2014. Le système STELLA se compose de deux postes : un poste de télégestion (ou superviseur central) ; et un poste de validation.

Le poste de télégestion assure la télésurveillance des réseaux d'assainissement, des stations de traitement, des postes de relèvement, du réseau de pluviomètres ; et la gestion des alertes en temps réel. Les alertes décrivent l'état de fonctionnement d'un site de mesure lors de circonstances exceptionnelles ou inhabituelles : une alerte "entretien" signale une opération de maintenance en cours, comme le nettoyage d'un capteur ou la vérification d'un câblage au niveau de l'armoire électrique ; une alerte "calibration" signale une opération de vérification en cours ; une alerte "défaut sonde" indique un dysfonctionnement de capteur ; une alerte "porte ouverte" peut indiquer l'entrée d'une personne étrangère au service sur le site. Ces fonctions de télésurveillance sont accomplies par un outil de supervision qui est le logiciel "Panorama" permettant de visionner les sites de mesure et de consulter leur état de fonctionnement via des synoptiques animés (Figure 27).

Le poste de validation permet la critique et la qualification des données de mesure. Contrairement à la télégestion qui propose les mêmes fonctionnalités pour tous les gestionnaires de l'assainissement, la fonction de validation diffère selon les services. L'accès à cette fonction (sur le poste de validation) se fait via deux commandes distinctes :

²²⁹ Entreprise de services informatique (programmation, conseil et support technique en automatisme et informatique industrielle) fondée à Saint-Priest en 1994.

²³⁰ Mobilités est l'un des domaines d'activité de l'entreprise d'ingénierie française Egis qui intervient dans les secteurs des transports, de la ville, du bâtiment, de l'industrie, de l'eau, de l'environnement et de l'énergie.

la commande "validation-stratégie ESX" utilisée par le service Exploitation Réseau ; la commande "validation-stratégie ESU" réservée au service Usine.

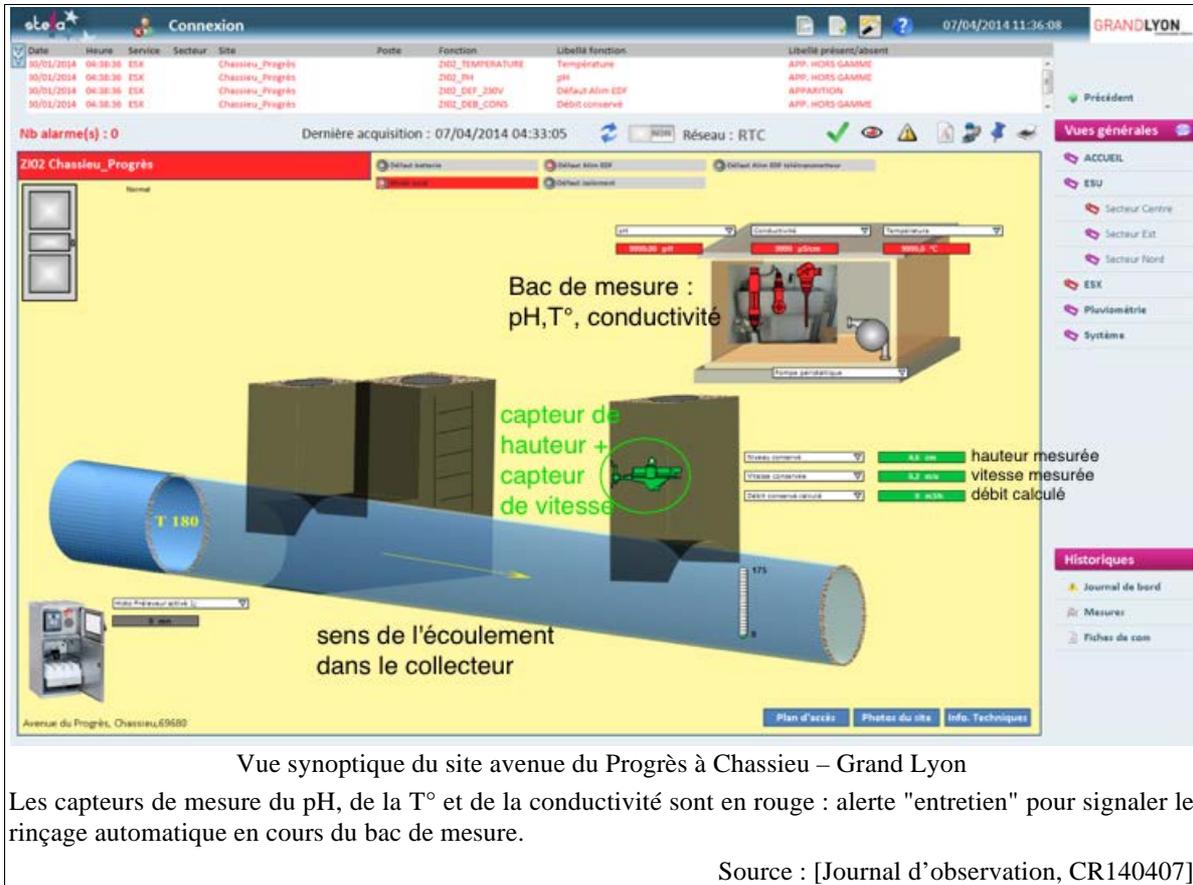


Figure 27: Capture d'écran du système STELLA – Poste de télégestion

Les données transmises au serveur sont importées automatiquement dans le poste de validation. Ces données utilisées pour les calculs des débits horaires et journaliers, font l'objet de deux validation : une première en automatique et une seconde manuelle par l'opérateur en poste à la validation.

L'objectif de la première validation est de contrôler, automatiquement, la qualité de ces données selon deux critères :

- le mode de fonctionnement du site, "entretien" ou "calibration" : un interrupteur spécifique permet à l'agent de signaler son intervention sur site (Figure 28). La date et heures de début et fin correspondantes sont saisies par l'automate ;

- la comparaison avec des valeurs seuils de validation : il existe quatre seuils de validation programmés par site : le minimum absolu, le minimum relatif, le maximum relatif et le maximum absolu (Figure 29).

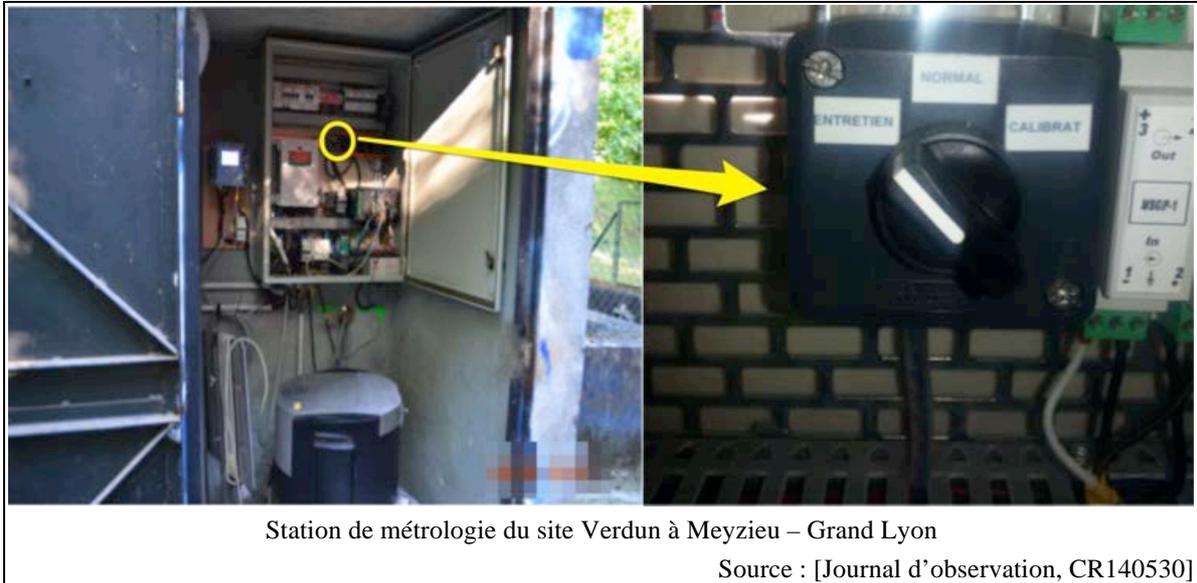


Figure 28 : Exemple de site de mesure en mode "entretien"

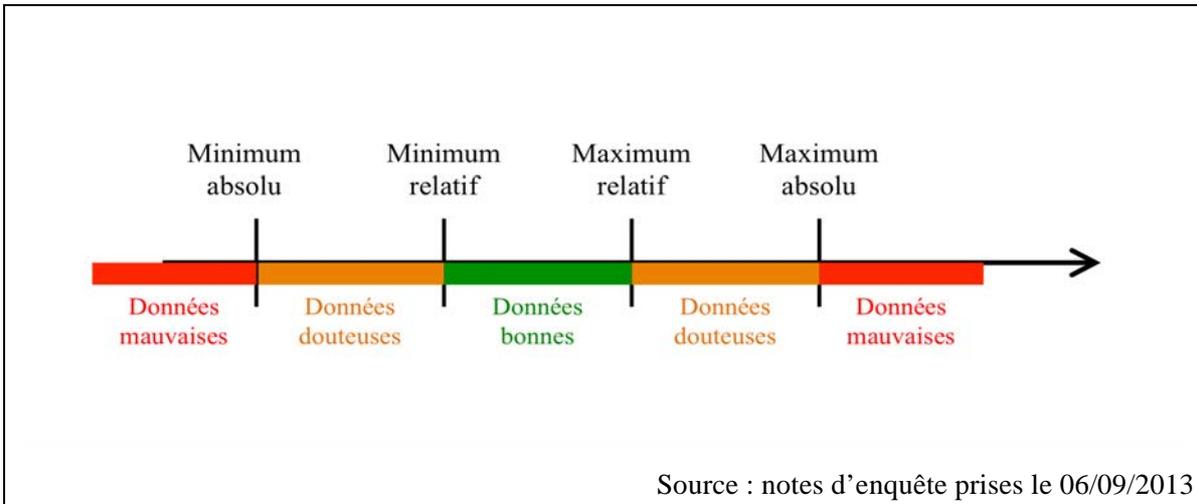


Figure 29 : Qualification des données selon les valeurs seuils de validation à Lyon

La donnée est qualifiée :

- "entretien" si elle est acquise pendant la durée d'une opération d'entretien ;
- "calibration" si elle est acquise pendant la durée d'une opération de vérification ;
- "mauvaise" si elle est en dehors des seuils absolus, c'est-à-dire en dessous du seuil minimum absolu ou au dessus du seuil maximum absolu ;

- "douteuse" si elle est entre les seuils relatifs et absolus, c'est-à-dire entre le seuil minimum absolu et le seuil minimum relatif ou entre le seuil maximum relatif et le seuil maximum absolu ;
- "bonne" si elle est entre les seuils relatifs, c'est-à-dire au dessus du seuil minimum relatif et en dessous du seuil maximum relatif.

Ensuite, les données reçoivent des labels de qualité selon leur état de qualification. Une donnée est labellisée :

- "entretien" si elle est qualifiée "entretien" ;
- "calibration" si elle est qualifiée "calibration" ;
- "validé automatiquement" si elle est qualifiée "bonne" ;
- "non validé" si elle est qualifiée "mauvaise" ou "douteuse".

L'opérateur réexamine les données non validées en automatique selon trois familles de critères :

- la cohérence des valeurs d'une même grandeur par rapport à d'autres grandeurs (par exemple, les valeurs de hauteur d'eau doivent être cohérentes avec les valeurs de mesure de la pluie) ;
- la comparaison des valeurs avec d'autres valeurs de la même grandeur mesurée par un autre capteur (par exemple, comparer les valeurs de hauteur d'eau mesurées par deux capteurs situés au même point de mesure) ;
- la variation des valeurs de la même grandeur au cours du temps : calcul de moyennes glissantes par intervalle de 30 minutes²³¹. Le lissage des données permet d'identifier les valeurs aberrantes traduisant les instabilités de mesure liées aux dérives de capteurs.

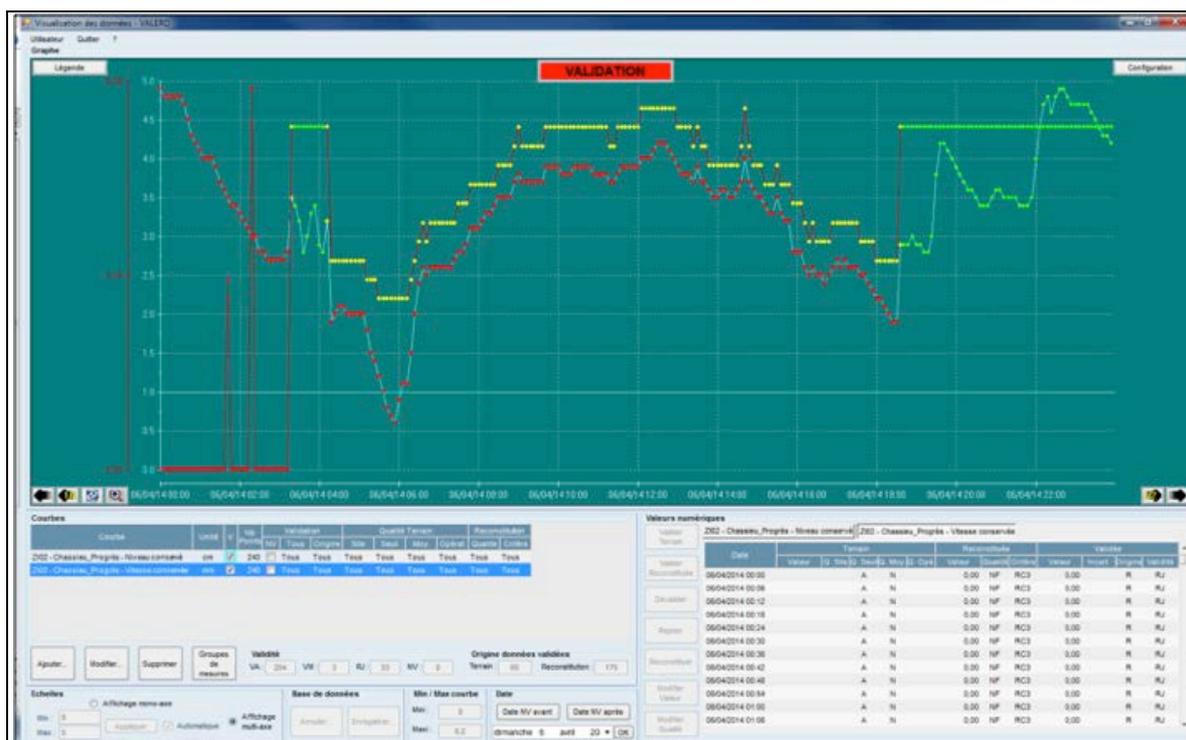
A l'issue de cet examen, les données non validées en automatique sont soit acceptées par l'opérateur, par conséquent, le label "non validé" se transforme en "validé manuellement", soit rejetées et le label "non validé" devient "rejeté" (toutes les données rejetées sont archivées). Dans ce cas, l'opérateur remplace les données rejetées par des données

²³¹ Selon des sous-ensembles de 5 valeurs de 6 minutes.

reconstituées selon une relation hauteur-débit, à partir d'une courbe d'étalonnage²³², ou par l'application d'une formule hydraulique théorique. Les données absentes sont également reconstituées. La reconstitution des données absentes peut aller jusqu'au remplacement par une journée type de mesure. La détection de lacunes de données est fréquente. L'identification du problème à l'origine de cette absence d'informations et sa résolution implique des visites sur le terrain pour vérifier le capteur ou l'armoire électrique. Les pertes d'informations sont aussi provoquées par les défauts de télétransmission ou les pannes du serveur. Ces pannes sont les plus difficiles à résoudre : « Pour la validation des données il y a la donnée de terrain donc c'est la partie terrain qu'on sait faire mais il y a aussi la partie informatique qu'on ne sait pas faire. Typiquement ce qui se passe actuellement [une panne de serveur], on a un décrochage de sondes et on ne sait pas pourquoi. (...) Et quand il s'agit d'une nouvelle station, on rencontre souvent des problèmes de ce genre car une nouvelle station il faut l'intégrer au serveur...nous quand on va sur le terrain pour rajouter ou enlever une sonde on sait le faire, on sait bien la vérifier, que la vérifier. Mais on ne sait pas l'intégrer, c'est-à-dire faire les modifications nécessaires sur le serveur et sur STELLA. Donc intégrer tout ce qui est en lien avec cette sonde, les données, les adresses d'envoi, etc. ça on ne sait pas le faire » [Entretien, EN130906b].

La validation des données ne se fait pas point par point, elle est effectuée globalement sur des tronçons de courbes représentant les résultats de mesure (Figure 30). Les tests de qualité et la reconstitution des données manquantes échappent en partie à certains opérateurs en charge de la validation, en particulier les agents qui s'appuient sur leurs expériences et leurs connaissances de terrain (configuration et fonctionnement des sites) pour accepter ou rejeter les données validées en automatique : « (...) c'est trop compliquée ! Je [un agent de maîtrise interrogé sur la reconstruction des données] ne sais comment ça marche, ça passe par des calculs mathématiques très complexes. Tu pourras demander à Monsieur XX [responsable de l'équipe Métrologie Réseau] il va pouvoir t'expliquer ça beaucoup mieux que moi » [Entretien, EN130906b].

²³² Les courbes d'étalonnage ont été établies avec le LGCIE.



La courbe représentant les hauteurs est en bleu, la courbe représentant les vitesses est en rouge, les points sous forme de triangle correspondent à des valeurs reconstituées.

Source : [Journal d'observation, CR140407]

Figure 30 : Capture d'écran du système STELLA – Poste de validation

Les données validées sont enregistrées sur la base de données VIGILANCE de la Métropole de Lyon pour une durée de six mois. Un bilan de validation est fait tous les quinze jours avec le responsable de l'unité Surveillance et pilotage des flux. Le service Pilotage eaux usées et autosurveillance se charge de la transmission des données mensuelles (les débits moyens journaliers) au format SANDRE, et des rapports annuels, à l'agence de l'eau et au service de la police de l'eau. Lorsqu'il y a un rejet lors de circonstances exceptionnelles, en particulier les rejets par temps sec, l'équipe Métrologie réseau transmet immédiatement les données au service Pilotage eaux usées et autosurveillance qui envoie ces données à la Police de l'eau et à l'agence de l'eau avec une note expliquant les causes du dysfonctionnement et les moyens mis en œuvre pour y remédier.

3.2 Le système nantais de télésurveillance et de métrologie

Dans l'agglomération nantaise, la validation et le traitement informatique des données s'appuient sur un système central de supervision composé de trois postes : un poste de

télésurveillance appelé "PC Métrologie", un poste de validation nommé "PC MINAUTOR" et un poste serveur.

Le poste de télé-surveillance dispose de deux logiciels permettant la visualisation des points de mesure, l'importation des données des sites et le report des alarmes. Ces logiciels sont :

- Le logiciel "Panorama" utilisé pour la supervision des réseaux d'assainissement (supervision des points de mesure installés dans le cadre de la première phase de mise en place du dispositif métrologique nantais), des stations de traitement et des postes de relèvement ;
- Le logiciel "SOFREL PCWin2" utilisé pour la supervision des réseaux d'assainissement (supervision des points de mesure ajoutés lors de la phase d'extension du dispositif métrologique nantais) et du réseau de pluviomètres²³³.

Les données sont exploitées sur le poste de validation avec un logiciel d'aide à la validation des données, le logiciel MINAUTOR. Il comporte :

- une base de données intégrant différentes informations : données de mesure, informations décrivant la structure du réseau d'assainissement et du réseau de mesure, historique des événements pouvant affecter les résultats de mesure, valeurs des paramètres intervenant dans les formules et les algorithmes de calcul, résultats de calcul ;
- des outils pour analyser, valider et synthétiser les données.

L'opération de validation se décline en trois phases : d'abord la pré-validation manuelle qui se décompose en plusieurs étapes, la préparation, l'importation et le pré-traitement des données, ensuite, la validation automatique, enfin, la validation manuelle et la synthèse des résultats.

La préparation est l'étape pendant laquelle les données brutes sont transférées du poste serveur vers le poste de télé-gestion pour les convertir au format texte (Txt) qui est le format requis par la base de donnée MINAUTOR. La transformation des données brutes en format

²³³ Le logiciel Panorama est le premier outil de supervision utilisé à Nantes, il date de 1998.

texte est prise en charge par le logiciel SOFREL PCWin2. Ce n'est pas le cas pour les données brutes gérées par le logiciel Panorama. Les fichiers de ces données sont donc exportés vers Excel pour les convertir en données lisibles par le logiciel de validation MINAUTOR. La macro de conversion au format Txt a été créée par le responsable de l'unité Exploitation STEU-Métronologie.

Une fois préparées, les données sont enregistrées sur le poste serveur en vue de l'étape de prétraitement (Figure 31). Le prétraitement commence par l'importation dans le poste de validation des données préparées, à l'aide d'un module du logiciel MINAUTOR conçu à cet effet (un module d'importation). L'opérateur contrôle la structure des données importées afin de corriger les erreurs d'importation (données dupliquées, incomplètes, format inapproprié, etc.). Puis, il déclare les valeurs seuils minimum et maximum de chaque grandeur mesurée, c'est-à-dire les limites de mesure possibles spécifiées par capteur et par site. Ces informations sur les étendues de mesure sont exportées de la base de données MINAUTOR à partir de chroniques connexes associées à la chronique de mesure. En effet, la base de données MINAUTOR associe à chaque chronique de mesure des chroniques connexes d'informations complémentaires sur lesquelles l'opérateur peut s'appuyer pour analyser les données (exemples : des chroniques de hauteur et de vitesse associées à une chronique de débit, chroniques de mesures étalons associées à des chroniques de hauteur et de vitesse, chronique de pluviométrie associé à une chronique de hauteur). L'opérateur dispose également de l'historique des événements marqueurs pas site, notamment les opérations d'entretien et de vérification. Ces historiques sont décrits dans des notes attachées.

Les valeurs situées en dehors des limites de mesure seront qualifiées de suspectes lors de la validation automatique. La valeur atypique de mesure est liée généralement à une dérive du capteur. La phase de prévalidation s'achève par le stockage des données prétraitées dans la base de données MINAUTOR sous forme de "chronique de mesure" par un module dédié à la création de chronique.

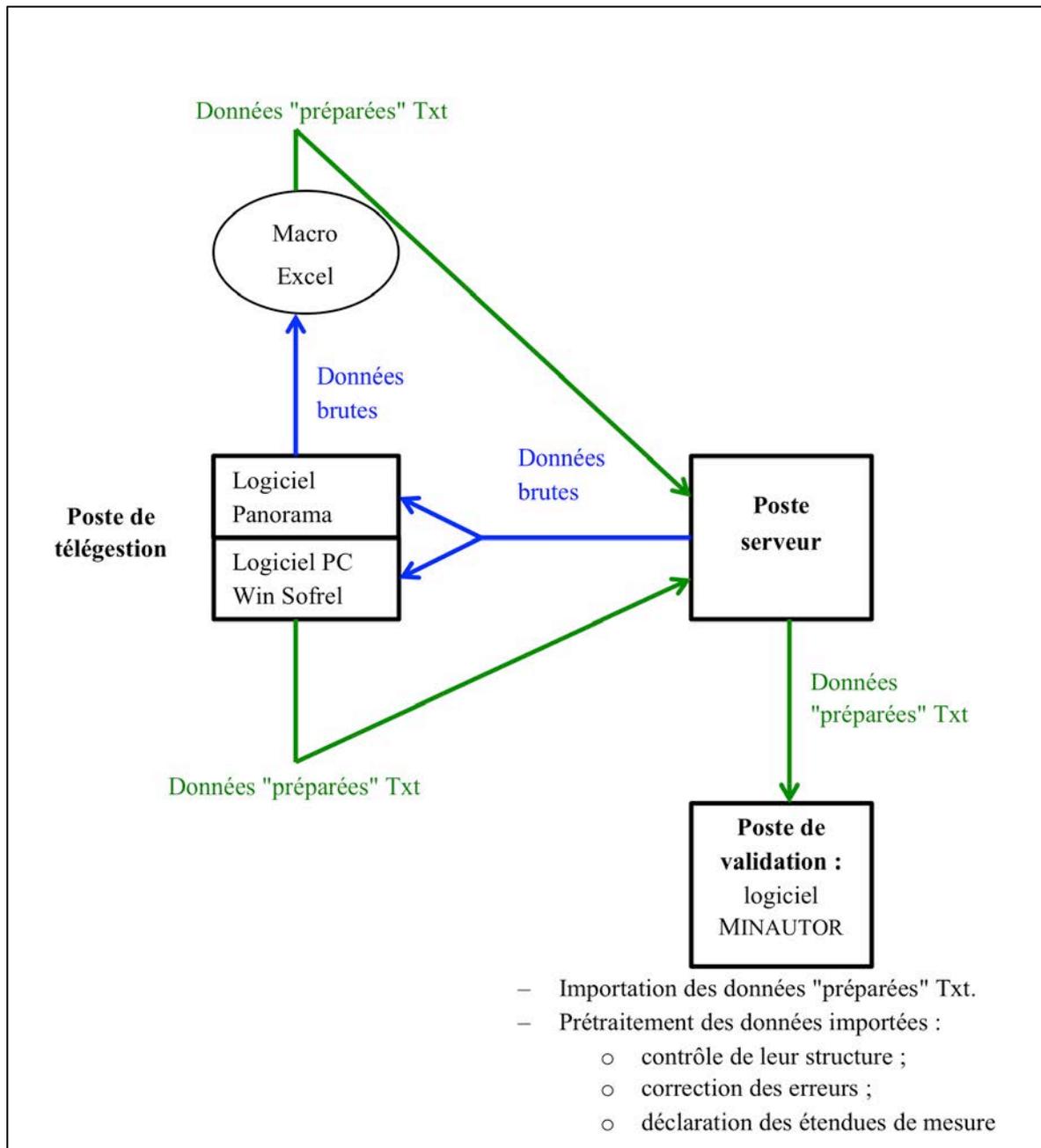


Figure 31 : Préparation et prétraitement des résultats de mesure à Nantes

La validation automatique des chroniques de mesure vise à identifier les valeurs bonnes, mauvaises, suspectes, et celles correspondant aux périodes exceptionnelles de fonctionnement des sites de mesure. L'identification est réalisée par des modules de validation, elle conduit au marquage de chaque valeur par un label qualité. Une valeur est labellisée :

- "non représentatif" si elle est issue d'une mesure acquise pendant la durée d'un événement perturbateur ;

- "mauvais" si elle est aberrante, c'est-à-dire située en dehors des valeurs seuils de validation (au dessous du seuil minimum et au dessus du seuil maximum) ;
- "douteux" si elle est suspecte, c'est-à-dire située en dehors des valeurs seuils de validation avec un pourcentage hors tolérance jugé acceptable ;
- "bon" si elle est bonne, c'est-à-dire située entre les valeurs seuils de validation (au dessus du seuil minimum et en dessous du seuil maximum) ;

Le label "non représentatif" désigne une donnée résultant d'une mesure non représentative d'un fonctionnement normal (entretien du réseau, vérification d'un capteur, etc.). Les données labellisées "non représentatif" ne seront pas intégrées dans les bilans d'autosurveillance. Prenons l'exemple d'un rejet par temps sec suite au baissement du niveau d'ouverture d'une vanne de déversoir à seuil mobile, les résultats de mesure correspondant à cet événement ne seront pas exploités. Bien qu'elles ne soient pas représentatives d'un fonctionnement normal du réseau, ces données constituent des informations : « C'est un souci [le label non représentatif], parce qu'on en avait parlé justement avec Madame XX [responsable du service développement du cycle de l'eau de la DCE], c'est qu'elle veut que ces valeurs qui sont non représentatives soient forcément intégrées puisque c'est un vrai débit déversé » [Entretien, EN141004].

Les données labellisées "mauvais" sont automatiquement rejetées, elles seront remplacées par l'opérateur. Celui-ci examine visuellement les graphiques représentant les chroniques de mesure au pas de temps horaire. Au début l'opérateur contrôlait les données au pas de temps de scrutation (5 minutes) avant de les visualiser à l'échelle de l'heure. Puis il s'est rendu compte que cela n'avait pas de sens en raison de l'utilisation limitée de ces données : « (...) mais ces données-là sont-elles beaucoup utilisées ? Est-ce que ça vaut le coup ? J'estime aujourd'hui, ça fait 12 ans que je [responsable de l'unité Exploitation STEP et Métrologie] bosse à Pôle Assainissement (...), les données qu'on me demande, c'est infime. La donnée brute (...), validé à 5 minutes, c'est complètement débile pour moi. Je ne valide pas 5 minutes, moi je prends un bloc, je regarde globalement et puis de toute façon, quand c'est moyenné et quand tu fais des analyses de parasites, le pas de temps horaire, c'est bien suffisant. Après, tout ça, ça reste théorique, c'est des moulinettes qui sont informatisées, il y a plein de paramètres... » [Entretien, EN141004].

Les données manquantes sont reconstituées à partir de résultats de calcul selon une relation hauteur-débit. Dès lors, le label "mauvais" devient "remplacé". Les données identifiées suspectes en automatique sont considérées comme étant aberrantes par l'opérateur qui remplace leur label "douteux" par le label "mauvais". Cela conduit automatiquement à leur rejet. Par suite, l'opérateur remplace les données rejetées par des données reconstituées qu'il labellise "remplacé". Les données labellisées "bon" et "remplacé" sont utilisées pour établir les bilans de synthèse mensuels. Selon la procédure qualité relative à la validation des données, les données qualifiées "douteux" doivent être intégrées dans ces bilans en tant que telles. En dépit de cela, l'opérateur rejette ces données et les remplace par des valeurs reconstituées à cause des incertitudes de mesure propres aux capteurs : « Quand ça sort de la plage [étendue de mesure] (...), de toute façon, c'est mauvais, c'est que le capteur n'est pas bon. Dans ce cas-là, il faut se poser la question si je suis en dessous du mini ou au-dessus du max, c'est que mon capteur n'est plus étalonné et depuis quand il n'est plus étalonné ? Et là, ça devient difficile quand tu sais que l'étalonnage, il est tous les six mois pour un piézo [capteur piézorésistif] ou tous les deux ans pour un ultrason [capteur ultrasonore]. C'est les cas les plus difficiles, finalement. C'est pour ça que moi, le label douteux, je ne le mets quasiment pas. Je mets mauvais » [Entretien, EN141004].

L'envoi de ces bilans mensuels au service de la police de l'eau et à l'agence de l'eau semble rare. Compte tenu de la charge de travail, les données sur les points de transfert ne sont plus validées depuis 2011 : « (...) aujourd'hui Monsieur XX [responsable de l'unité Exploitation STEP et Métrologie] est pris entre la métrologie et la validation, plus une charge sur les stations d'épuration qui est arrivée en 2011, il ne peut pas tout faire. La validation des données est donc plutôt orientée sur la partie réglementaire, c'est-à-dire la validation des mesures recueillies au niveau des déversoirs d'orage » [Entretien, EN140929a]. Les chroniques de mesure validées sont stockées dans le serveur "Oracle" géré par la DOPEA ; elles sont extraites et envoyées à la Direction du Cycle de l'Eau (DCE) à sa demande.

L'une des difficultés de l'autosurveillance des réseaux d'assainissement dans l'agglomération nantaise est la validation des données de mesure. Le dispositif de métrologie a cessé d'évoluer depuis la fin de la deuxième tranche de sa réalisation. Il est exploité sans moyens complémentaires d'évaluation et d'amélioration. La métrologie se

réduit à un dispositif d'observation des obligations réglementaires de suivi des rejets : « Depuis la nouvelle organisation [depuis 2012], malheureusement ça s'est un peu mis en sommeil [la métrologie des réseaux] (...) on a des comptes à rendre donc on transmet les données de métrologie une fois qu'elles sont validées ici en interne donc on les met à disposition de la DCE, mais pour l'instant elles ne servent qu'à renseigner encore une fois la partie réglementaire » [Entretien, EN141114].

Les deux grands acteurs de l'autosurveillance, la Direction du cycle de l'eau (DCE) et l'opérateur public de l'assainissement (DOPEA), partagent ce constat, bien qu'ils reconnaissent l'intérêt de la métrologie pour répondre à leur besoins distincts en mesures, au delà du caractère obligatoire de cette démarche. Ces acteurs estiment que les difficultés posées par le manque de certaines données (mesures absentes ou non validées) et surtout la nature du traitement dont elles font l'objet en validation, limitent les possibilités de leur utilisation à des fins d'études et de maîtrise d'œuvre, ou à fins d'exploitation du système d'assainissement. L'opérateur public souhaite approfondir ses connaissances sur les débits de transfert dont les données correspondantes ne sont plus validées. De son côté, la DCE considère que les données disponibles en l'état nécessitent d'être organisées et structurées pour une meilleure appropriation à leur usage dans le cadre d'études stratégiques. Compte tenu des temps et des moyens humains affectés au traitement des données, leur valorisation semble limitée (Extrait 7).

Extrait 7 : Difficultés d'exploitation des données de mesure par la DCE à Nantes Métropole

« Quand on a à faire une étude sur un secteur, on va aller demander de rapatrier les données (...). Donc c'est de façon ponctuelle, et on se rend compte à l'heure actuelle que la métrologie, telle qu'elle est faite, ne répond pas totalement à nos envies et à nos besoins en tant qu'autorité organisatrice. Il nous manque des données, on aimerait avoir des données plus complètes, un peu différentes (...). Et nous, au niveau de l'autorité organisatrice, on n'a personne clairement identifiée métrologie (...). À l'heure actuelle, on se dit qu'on pourrait faire plein de choses, sauf qu'on a un plan de charge tellement élevé qu'on n'arrive pas à se concentrer sur ça pour faire évoluer, c'est quand même un métier assez particulier... Le traitement de données est quand même assez spécifique (...). Oui, il y a des données. On en a, mais est-ce que c'est les chiffres qui nous intéressent ? Et comment les structurer ? Et peut-être les compléter pour répondre de façon exhaustive à nos besoins d'autorité organisatrice (...). Je pense qu'on est tous conscients que la métrologie est importante et devrait se développer. Ensuite, je n'ai pas les moyens humains. Pour moi il faudrait qu'il y ait quelqu'un. J'ai fait cette demande, mais pour l'instant, on est en restrictions budgétaires ».

Source : [Entretien, EN141117]

4 Valoriser les données produites

Les résultats de mesure en réseau d'assainissement sont à ce jour collectés sans estimation de leurs incertitudes. L'incertitude sur le débit résulte des incertitudes sur les mesures des deux grandeurs qui concourent à sa détermination : la hauteur d'eau et la vitesse moyenne de l'écoulement. Si les erreurs de mesure sont inévitables, l'estimation de ces erreurs est particulièrement complexe dans le cas des réseaux d'assainissement où les conditions de mesure sont incontrôlables et se traduisent par des contraintes. Après avoir présenté les incertitudes de mesure, leurs origines et les difficultés de leur évaluation (4.1), nous verrons les possibilités d'amélioration de la qualité des mesures produites (4.2).

4.1 Les incertitudes de mesure : origines et difficultés d'estimation

Le débit peut être déduit à partir de la seule mesure de la hauteur d'eau selon une relation hauteur-débit fondée sur deux méthodes. La première consiste à déterminer le débit à partir d'une courbe d'étalonnage expérimentale d'un point de mesure ou d'un déversoir d'orage²³⁴. La seconde repose sur l'utilisation de la formule empirique de Manning-

²³⁴ Une courbe d'étalonnage est établie en effectuant de nombreux mesurages pour obtenir suffisamment de couples (débit, hauteur) susceptibles de couvrir l'ensemble des valeurs de la hauteur et du débit mesurables ou prévisibles au niveau de la section de mesure.

Strickler²³⁵. Les deux méthodes supposent l'existence d'un écoulement permanent uniforme. Toutefois, cette condition est peu satisfaite à cause de la nature variable des écoulements. Le régime transitoire est le plus fréquent et le plus difficile à appréhender en réseau d'assainissement. Dans ce cas, le calcul du débit nécessite un mesurage simultané de la vitesse et de la hauteur d'eau qui associée à la géométrie connue de la section de l'écoulement, peut être traduite en section mouillée. Le débit est finalement déterminé en multipliant la section mouillée par la vitesse moyenne de l'écoulement dans cette section.

L'incertitude finale sur le débit dépend des erreurs de mesure liées aux caractéristiques fonctionnelles des capteurs de hauteur et des capteurs de vitesse utilisés ; et aux conditions dans lesquelles les mesures sont réalisées. Ces conditions renvoient aux difficultés posées par le contexte hydraulique de mesure, le milieu de mesure et la géométrie particulière de certains ouvrages peu favorable à l'implantation des instruments de mesure.

Dans les réseaux d'assainissement, il existe deux types d'écoulement qui présentent des caractéristiques différentes : les écoulements par temps sec et les écoulements par temps de pluie. Les écoulements de temps sec se caractérisent par le fait qu'ils sont globalement reproductibles dans le temps, les variations des hauteurs et des vitesses sont en général faibles. En revanche, par temps de pluie, le fonctionnement des réseaux subit des modifications parfois très importantes²³⁶. Les niveaux d'eau et les vitesses varient brutalement. Les mises en charge, les turbulences et les remontées dues aux influences aval sont aussi fréquentes. Ces fluctuations posent des problèmes non seulement pour la mesure elle-même, dans le sens où elles conduisent à devoir disposer de capteurs capables de suivre les variations des grandeurs recherchées dans toute leur amplitude, mais aussi pour la pérennité de ces capteurs. Les orages peuvent également conduire à l'interruption de l'alimentation électrique et de la communication téléphonique ce qui perturbe l'acquisition des mesures et la transmission des données résultantes. Cela explique en partie les lacunes de données constatées lors des opérations de validation.

²³⁵ Elle s'écrit $Q = K \times S \times R \times h^{2/3} \times J^{1/2}$. Avec : K : coefficient de rugosité de Manning Strickler ; S : section mouillée ; R (m) : rayon hydraulique (R est le rapport entre la section mouillée S (m²) et le périmètre mouillé P (m)) ; h (m) : hauteur d'eau mesurée ; J (m/m) : pente de la ligne d'eau (en pratique la pente du radier est utilisée comme une valeur approchée de la pente J).

²³⁶ Le terme "temps de pluie" couvre une large gamme d'événements allant des événements pluvieux les plus fréquents aux plus exceptionnels.

Les difficultés de suivi des événements pluvieux ont aussi des conséquences sur le fonctionnement des préleveurs automatiques des échantillons d'effluents. Le préleveur, relié à l'automate, démarre lorsqu'un niveau d'eau préalablement fixé est atteint. La hauteur de déclenchement est mesurée par un capteur de hauteur en liaison avec l'automate qui renvoie une impulsion au préleveur. Le prélèvement est proportionnel au débit. En raison du caractère aléatoire de la pluie, il est difficile d'estimer à la fois la durée de la pluie et les volumes qui s'écouleront pour optimiser le remplissage des flacons d'échantillons. Ainsi, prélever à faible débit présente le risque de manquer de flacons si la durée de la pluie dépasse la durée estimée. A l'inverse, les prélèvements à des débits plus importants peuvent conduire, lors de faibles ou courtes pluies, à n'avoir que peu de flacons remplis. Cela met en défaut la représentativité des échantillons finalement analysés (Extrait 8).

Extrait 8 : Les difficultés de pilotage d'un préleveur automatique asservi au débit

« (...) le préleveur automatique est un outil supplémentaire qu'il faut contrôler, qu'il faut vérifier après chaque orage, c'est lourd en exploitation. Cela fait partie des difficultés, c'est un outil qui est difficile à piloter. Asservir au débit ce n'est pas du tout évident...on peut déverser très peu donc on n'aura pas ou très peu d'échantillons donc on n'aura pas de résultats, et on peut avoir des temps de déversement très importants qui font que le préleveur va être saturé et que le prélèvement ne sera pas représentatif. Donc tout cela est complexe à gérer même si c'est réservé aux collectivités ou aux exploitants qui sont déjà compétents et dont les objectifs sont bien définis et donc on sait qu'ils vont se servir des résultats. Si c'est juste pour acquérir des résultats qui ne représentent rien du tout et qui n'ont aucun intérêt pour qui que se soit, l'investissement et les contraintes ne se justifient pas ».

Source : [Entretien, EN130918a]

En outre, l'environnement de mesure dans les égouts et la nature des effluents peuvent influencer les instruments de mesure et la qualité des données qu'ils fournissent. L'atmosphère, très humide, est agressive pour les composants mécaniques et électroniques. De plus, les mesures sont réalisées sur des effluents bruts. Ainsi, la présence de corps flottants, les émulsions, la sédimentation, les matières en suspension et les solides charriés constituent une gêne considérable pour les capteurs (Encadré 8).

Enfin, les capteurs peuvent fournir des mesures incorrectes à cause de la configuration de certains sites. La plupart des ouvrages sont construits de telle sorte que la réalisation des mesures est quasiment impossible. Typiquement, le fonctionnement hydraulique est complexe au niveau des déversoirs d'orage dont les géométries irrégulières ne correspondent pas aux conditions normalisées de réalisation des mesures. Cela conduit

parfois à des modifications coûteuses de génie civil pour permettre l'installation des capteurs et l'optimisation de leurs positions dans le réseau : « (...) quand on veut mesurer au voisinage d'un déversoir d'orage, on n'est pas dans des approches de vitesse d'un canal normalisé, on ne sait pas très souvent ce qui se passe dans les conditions de tranquillisation du plan d'eau, etc. Tout cela fait des pourcentages d'erreurs quand on parle de mesures de hauteur et de vitesse, quels sont les pourcentages d'erreurs des mesures de la vitesse compte tenu de la nature du matériel que l'on a et des possibilités de contrôle que l'on a ?! C'est très difficile... » [Entretien, EN130918a].

Encadré 8 : Instruments de mesure et sources d'incertitudes sur les grandeurs mesurées

Les incertitudes sur la hauteur d'eau mesurée par un capteur ultrasonore. – Le capteur ultrasonore est sensible à l'interface air-eau qui doit être plane et parallèle au capteur. Les perturbations à la surface de l'eau (écumes, mousses, objets flottants, pente forte du tirant d'eau en aval d'un déversoir d'orage par temps de pluie, etc.) conduisent à des erreurs de mesure. Ces obstacles absorbent une part de l'énergie des ondes ultrasonores émises par le capteur et forment une surface de réflexion supplémentaire qui s'ajoute à la surface réelle air-eau. Les variations de température le long du trajet entre le niveau du capteur et le niveau d'eau peuvent également entraîner des erreurs de mesure (la vitesse de propagation d'une onde ultrasonore dans l'air dépend de la température). Les capteurs ultrasonores sont équipés d'une sonde de compensation en température, néanmoins, des erreurs résiduelles peuvent persister quand la température de propagation dans l'air est différente de la température à la surface de l'eau.

Les incertitudes de mesure sur la hauteur d'eau mesurée par un capteur piézorésistif. – Les principales sources d'incertitudes dans le cas d'un capteur piézorésistif sont la masse volumique de l'eau et la pression mesurée par le capteur. En effet, la hauteur d'eau est exprimée en fonction de la pression exercée par la masse volumique de l'eau qui n'est pas constante. Elle varie selon la température de l'effluent²³⁷ et sa concentration en divers éléments. Par exemple, les eaux de ruissellement chargées en sels conduisent à des erreurs sur la masse volumique de l'eau. Par ailleurs, la pression mesurée par le capteur est proportionnelle à la pression hydrostatique exercée par la colonne d'eau sur la membrane du capteur, ce qui est valable pour un liquide statique. Dans le cas d'un écoulement dynamique (comme l'écoulement dans le réseau), toute composante de la vitesse perpendiculaire à la membrane entraîne une composante dynamique de la pression qui entachera la hauteur d'eau d'une erreur non négligeable, surtout lorsque la vitesse de l'écoulement est importante.

Les incertitudes sur la vitesse d'écoulement mesurée par un capteur à effet Doppler. – Les incertitudes sont liées à la trajectoire de l'écoulement et à la concentration de l'effluent en matières en suspension (MES). La modification de la direction de l'écoulement par temps de pluie peut engendrer des erreurs significatives sur la vitesse qui est inversement proportionnelle à l'angle d'émission des ondes ultrasonores par rapport à l'écoulement. Aussi une concentration importante en MES par temps de pluie représente une source majeure d'erreurs. En effet, lors des événements

²³⁷ La température des eaux usées est relativement stable, elle varie entre 10 et 20 °C, la température des eaux de pluie et de ruissellement peut être nettement plus froide.

pluvieux, la résistance du milieu à la transmission des ondes ultrasonores augmente, les pertes de signal dépendantes de la présence des MES sont donc inévitables. Autrement dit, plus la concentration en MES est élevée (notamment près du radier et donc près du capteur), plus le volume exploré par le faisceau ultrasonore émis par le capteur sera réduit, et moins la vitesse fournie sera représentative de la vitesse moyenne de l'écoulement. Ces incertitudes associées à la variabilité des conditions de l'écoulement et les conséquences sur le mesurage de la vitesse sont peu maîtrisées et difficiles à appréhender selon une approche théorique. Chaque fabricant a développé et mis au point une technique de filtrage numérique permettant de filtrer les variations aléatoires des vitesses, puis de les traiter afin d'en extraire la composante principale et restituer une vitesse moyenne de l'écoulement. Ces techniques ne sont ni publiées ni expliquées aux utilisateurs. En somme, les capteurs à effet Doppler fonctionnent comme des boîtes noires. Aucune estimation théorique de l'incertitude de mesure n'est possible en l'absence d'informations sur les méthodes de mesures développées par les fabricants.

Synthèse réalisée par : Selma Baati, 2018

Source : [Bertrand-Krajewski et al., 2000]

4.2 Amélioration de la qualité des mesures

Les données de mesure se révèlent peu fiables, ce manque de fiabilité limite leur valorisation au delà de l'établissement des bilans réglementaires de contrôle et de suivi des systèmes d'assainissement. Cela amène les collectivités étudiées à s'intéresser à la manière dont il est possible d'améliorer la qualité de ces données : le traçage de la représentativité des mesures acquises est privilégié à Lyon (4.2.1) ; le développement de la modélisation est proposé à Nantes (4.2.2).

4.2.1 Tracer la représentativité des mesures acquises à Lyon

Dans l'agglomération lyonnaise, la validation des données est régulière, et conduit à l'accumulation d'un volume de données conséquent par an. La scrutation et le stockage des résultats de mesure sont réalisés au même pas de temps, que l'écoulement soit par temps sec ou par temps de pluie. L'unité Surveillance et pilotage des flux s'interroge sur la pertinence de produire autant de données, et sur la pertinence de conserver la même stratégie de scrutation et de stockage pour les temps secs et les temps de pluie : « (...) on va voir qu'on produit des millions de données, c'est un truc de dingue ! On se demandait si c'est pertinent d'en produire autant parce que les produire c'est bien mais les valoriser ça serait mieux. Et aujourd'hui personne ne fait rien de toutes ces données puisque même l'agence de l'eau on a vu dans les derniers bilans que personne n'a le temps ni les moyens

de valoriser autant de données. Donc on est vraiment sur une action de vigilance finalement, surveillance qu'on ne déverse pas mais tous nos millions de données... nous on doit être à 6,5 millions par an [240 valeurs par jour et par capteur] » [Entretien, EN120606].

Le choix de ce mode de production des données se justifie, selon l'unité Etudes générales et modélisation, par les besoins de calage du modèle hydraulique qui joue un rôle central dans la démarche d'autosurveillance. Les besoins de la modélisation, surtout au début, ont conduit à une instrumentation de la plupart des sites de manière à fournir systématiquement des mesures simultanées de hauteur et de vitesse, quelles que soient les conditions de mesurage. Par la suite, les vérifications croisées des débits modélisés et des débits issus des mesures ont permis de remettre en question la position de certains capteurs dans le réseau.

L'unité Etudes générales et modélisation considère que les systèmes de mesure sont difficiles à maîtriser et qu'il n'est pas toujours aisé de trouver un compromis entre la nature du site à instrumenter, les conditions optimales de fonctionnement des capteurs et leurs positions réelles dans le réseau. Il arrive qu'un emplacement favorable à la pérennité et la maintenance d'un capteur (accessibilité au réseau, installation de l'armoire électrique, etc.) soit peu propice à la réalisation de mesure (écoulement turbulent, sédimentation, etc.).

Depuis 2012, L'unité Etudes générales et modélisation travaille avec les chercheurs du LGCIE sur la question de structuration et de fiabilisation des données. Elle admet que l'estimation des incertitudes, fondée sur des approches statistiques et des modèles mathématiques de probabilité, donne lieu à des activités qui relèvent plutôt du domaine de la recherche scientifique. Cela nécessite une montée en compétences des acteurs chargés de l'exploitation des résultats de mesure. Toutefois, le recours à des systèmes de croisement des données pour tracer la représentativité des mesures permettrait de mieux renseigner sur leur qualité. Actuellement, des rapports pour chaque profil de hauteur et de vitesse sont établis par point de mesure et par site. La comparaison des profils issus des mesures, aux profils d'étalonnage aiderait à l'identification de gammes de mesures fiables ce qui facilite l'utilisation ultérieure des chroniques de données (Extrait 9).

Extrait 9 : Tracer la représentativité des mesures selon l'unité Etudes générales et modélisation du Grand Lyon

« Et puis... nous nos équipes il faut qu'elles soient suffisamment compétentes pour dire cette donnée effectivement elle est valable et celle-là elle l'est pas et ça on s'aperçoit que pour faire ça il faut des gens vraiment de très bon niveau... au moins du niveau ingénieur en fait et déjà un ingénieur expérimenté ce qu'on n'a pas jusqu'à présent... jusqu'à maintenant on a uniquement des techniciens et du coup on a besoin de monter aussi en compétences là-dessus pour maîtriser complètement ces systèmes de mesure et derrière savoir qu'est-ce qu'on peut utiliser dans nos calculs ou pas et ça reste un domaine qui est un domaine de la recherche... donc là Jean-Luc Bertrand-Krajewski vient de nous sortir un petit logiciel²³⁸ avec CANOE aussi parce qu'en plus on a des données toutes les six minutes donc on a des volumes de données énormes qu'on ne maîtrise pas... plein de chiffres partout et ça aussi c'est super compliqué à maîtriser... ».

« Après ce n'est pas forcément de dire je veux une donnée de bonne qualité, c'est au moins arriver à tracer, qu'elle n'est fiable que dans tel domaine c'est au moins arriver à tracer ça (...) moi [responsable de l'unité Etudes générales et modélisation] j'ai l'impression après quatre ans de structuration des données d'avoir redécouvert la poudre parce que je pense quand on a placé le capteur de vitesse, je reprends cet exemple, il y a eu un instant où on savait qu'on ne le mettait là et qu'on perdait en qualité de données mais cela n'a pas été tracé et donc du coup voilà ! ... On s'est posé des questions sur un truc qu'on aurait pu tout à fait tracé et ça ne me dérange pas qu'il soit positionné là à partir du moment où avec on me dit tu as un capteur de vitesse qui est là parce que on ne va pas aller enlever la vase toutes les semaines mais par contre la donnée fiable elle est juste de là à là [intervalle de fiabilité de la donnée], du coup voilà de là à là comment il faudra analyser ta donnée... Enfin, c'est juste tracer ».

Source : [Entretien, EN120823]

4.2.2 Développer une approche combinée modélisation-métrie à Nantes

Pour l'agglomération nantaise, les surverses des réseaux séparatifs d'eaux usées dans les petits cours d'eau sensibles, à cause des eaux claires parasites et des surcharges hydrauliques qu'elles entraînent, sont la source de pollution la plus préoccupante. En 2011, la DCE a réalisé un zonage des déversements dans ces milieux sensibles. Les bassins de collecte pour lesquels les durées de surverses sont les plus importantes et dont l'exutoire est un milieu sensible, ont été classés en zones prioritaires d'intervention, dites "zones rouges". Deux types d'action ont été programmés pour ces périmètres :

²³⁸ Il s'agit du logiciel EVOHE développé par des chercheurs du LGCIE et de l'OTHU. Ce nouvel outil propose de traiter de manière automatisée des séries de données acquises à court pas de temps avec une évaluation systématique de leurs incertitudes.

- le contrôle de la conformité des branchements (localiser les mauvais raccordements d'eaux pluviales aux réseaux séparatifs d'eaux usées) pour diminuer les apports des eaux parasites de captage ;
- la réhabilitation des réseaux pour réduire la présence des eaux parasites d'infiltration.

L'évaluation de l'efficacité de ces actions en terme de capacité à réduire un type d'apport d'eaux parasite, selon sa contribution aux surverses, nécessite un suivi de l'évolution des performances des réseaux séparatifs d'eaux usées au cours du temps, avec des comparaisons avant/après une intervention. Ces comparaisons, pour être significatives, doivent se faire dans des contextes hydrologiques semblables. En se limitant aux seules données mesurées, cette condition est difficile à obtenir. Une des solutions à mettre en place serait de comparer des comportements modélisés des réseaux, issus des mesures, et de suivre les distributions statistiques des débits de rejet simulés entre eaux usées, eaux parasites d'infiltration et eaux parasites de captage.

En janvier 2006, Nantes Métropole, dans le cadre de la restructuration de ses compétences en eau et assainissement autour d'une autorité organisatrice et d'un opérateur public, a signé avec le LCPC de Nantes une convention triennale de "recherche-action" qui englobe plusieurs thématiques de collaboration en hydrologie urbaine. Parmi ces thématiques, figure le développement d'un modèle hydrologique devant permettre de représenter les déversements de temps de pluie des réseaux séparatifs d'eau usées. L'objectif est d'aider la communauté urbaine à hiérarchiser les actions de réduction des eaux claires parasites et d'en évaluer l'efficacité. Les premiers résultats de modélisation ont démontré que les surverses de longues durées sont caractéristiques des périodes hivernales et que les eaux d'infiltration y jouent un rôle important au moins en tant que facteur aggravant [Raynaud et *al.*, 2007].

Le projet de modélisation a été abandonné fin 2008 avec l'achèvement de la convention dont plusieurs missions initialement prévues n'ont pu être réalisées²³⁹. La Direction du Cycle de l'Eau souhaite réactiver cette thématique. Elle considère que la modélisation conjointe à une action complémentaire d'instrumentation ciblant les secteurs classés "zones

²³⁹ Le bilan de fin de convention effectué entre le LCPC et la Direction de l'Assainissement a également conduit à l'abandon d'un séminaire national en raison des préparatifs lourds, parallèlement au renouvellement des cadres techniques de la Direction de l'Assainissement, interlocuteurs du LCPC.

rouges" serait la solution pour mieux caractériser les phénomènes de surverses. Les actions à entreprendre sur les réseaux séparatifs d'eaux usées seront optimisées. Les coûts d'extension du dispositif métrologique le seront aussi car au regard du nombre important des postes de refoulement (382 postes), il est impossible de tout instrumenter. Par le passé, le service Développement du cycle de l'eau de la DCE a mis au point, à l'occasion d'études, plusieurs modèles limités aux bassins de collecte concernés par ces études. Mais l'insuffisance du calage, par manque de temps et de personnels, les rend rapidement obsolètes. La DCE suggère de s'intéresser dans un premier temps à la modélisation du réseau unitaire du centre de l'agglomération puisque son instrumentation est plus accomplie que celle des réseaux séparatifs d'eaux usées. Dès lors, la synchronisation des deux outils, métrologie et modélisation, et la confrontation régulière des données mesurées et modélisées seraient un moyen d'amélioration continue des deux approches. Par ailleurs les insuffisances de leurs systèmes respectifs seraient mieux connues.

Cependant, l'autorité organisatrice est consciente que son ambition orientée vers l'articulation entre autosurveillance et modélisation pour valoriser les données produites, nécessite la refonte des modalités d'échange de ces données avec son opérateur public (la DOPEA), et la création de l'entité nécessaire pour la prise en charge des nouvelles activités de modélisation (Extrait 10).

Extrait 10 : Articuler métrologie et modélisation selon la DCE – Nantes Métropole

« Au niveau du réseau unitaire, on est moins pire. On est quasiment équipé, il y en a quelques-uns qui manquent, mais on surverse plus qu'on ne devrait. On a eu à un moment un modèle, qui a été construit par les agents du service, mais faute de temps, il est obsolète, on n'a pas recalé avec la métrologie parce que c'est des choses qu'il faut faire vivre en permanence, il faut l'organiser, le caler, être sûr, ensuite définir nos besoins, c'est ce qu'on n'a jamais peut-être pris le temps de faire aussi : en tant qu'autorité organisatrice de quoi on a besoin en métrologie ? On a besoin de telle donnée, telle donnée, voire les rapports annuels. On a des obligations de certains indicateurs qu'à l'heure actuelle on n'est pas capable de remplir ».

« On a des modèles, mais des modèles qui sont faits par étude c'est-à-dire qu'on travaille sur tel bassin de collecte ou tel bassin versant, le bureau d'études dans mon service [service Développement du cycle de l'eau] va construire le modèle associé et c'est un des travaux qu'on peut mettre en place avec l'INSA de Lyon, proposer un sujet de stage sur la création d'un modèle de notre réseau unitaire via CANOE ».

« Pour avoir assisté à des réunions à la FNCCR [Fédération Nationale des Collectivités Concédantes et Régies] et notamment le Grand Lyon, on s'est rendu compte qu'il y avait peut-être des choses à faire avec la modélisation, la métrologie est dans notre cœur de métier, avoir un modèle qui puisse être consultable par tout le monde, qui donne en temps réel éventuellement les

débits sur les plus gros postes [postes de refoulement], pas forcément avoir tout le détail, mais un synoptique, ça fait rêver quelque part, et ça nous permettrait aussi de répondre à la réglementation notamment avec les flux [débits de transit]. Si on arrive à caler et à tarer un certain nombre de débits, on devrait pouvoir simuler avec autant de précision la mesure des flux déversés...Donc on voit bien quand même qu'il y a un intérêt à y aller, mais à l'heure actuelle, on est un peu contraint par manque de moyens pour piloter et suivre... ».

Source : [Entretien, EN141117]

En conclusion de ce chapitre, la valorisation des données d'autosurveillance des réseaux d'assainissement apparaît limitée dans les collectivités territoriales étudiées. En dépit de son intérêt pour la compréhension du fonctionnement du réseau d'assainissement, l'optimisation des investissements à réaliser pour améliorer les performances des réseaux (notamment la lutte contre la présence des eaux parasites), et l'évaluation de l'impact des politiques de réduction des déversements dans les milieux sensibles, la valorisation de ces données tend à se limiter à la satisfaction des bilans réglementaires sur la surveillance des ouvrages de collecte. Cela tient pour l'essentiel à l'impossibilité, dans un contexte de stagnation, voire de diminution des dépenses publiques²⁴⁰, de mobiliser des personnels nombreux et aux compétences adaptées aux activités de traitement et d'exploitation des résultats de mesure produits. De fait, l'autosurveillance déployée fonctionne, mais de manière non optimale ou en mode dégradé.

²⁴⁰ Les choix budgétaires faits par les collectivités territoriales ne sont pas toujours au profit de l'assainissement.

Synthèse et conclusions

Les enquêtes conduites dans les agglomérations lyonnaise et nantaise nous permettent de revenir sur la mise en œuvre de l'autosurveillance des réseaux d'assainissement. Les résultats portent sur le rôle de la réglementation dans cette mise en œuvre et sur la manière dont le dispositif d'autosurveillance s'associe avec le milieu sociotechnique existant. Ils renseignent ainsi sur les finalités de l'autosurveillance déployée et sur ses relations avec ce milieu.

Le déploiement de l'autosurveillance des réseaux d'assainissement : synthèse des expériences lyonnaise et nantaise

Pour répondre à la réglementation sur le suivi du fonctionnement des systèmes d'assainissement, les collectivités territoriales étudiées mettent en œuvre, à partir de la fin des années 1990, une démarche d'autosurveillance de leur système de collecte des effluents urbains. Dans ce cadre, les dispositifs métrologiques installés visent la production de données permettant la caractérisation des flux transitant dans les réseaux et l'évaluation des déversements dans les milieux récepteurs. Ces dispositifs de mesure sont directement gérés par les collectivités territoriales qui ont mis à cet effet des organisations différentes (le Tableau 9 présente une synthèse des cas lyonnais et nantais). Dans l'agglomération lyonnaise, une équipe spécifique composée de huit personnes a été créée en 2002. Elle se charge de l'exploitation des installations de mesure : vérification régulière du bon état de fonctionnement des sites de mesure, traitement et validation des résultats. La pérennité de cette équipe autorise un suivi quotidien du réseau de mesure et permet une grande réactivité face aux dysfonctionnements constatés.

Dans l'agglomération nantaise, cette exploitation s'appuie sur une collaboration entre services impliqués dans la gestion du réseau d'assainissement collectif. Cela consiste en la formation d'une équipe ponctuelle dans le cadre de campagnes semestrielles de vérification

des équipements de mesure. La taille de ce groupe dépend des missions à effectuer (une personne pour la validation des données, quatre à cinq personnes pour les interventions sur le terrain). Les activités de métrologie des réseaux s'ajoutent à leurs tâches initiales. Bien que le fonctionnement par mission se révèle stimulant pour les acteurs, l'absence d'une structure pérenne chargée de l'exploitation du dispositif d'autosurveillance rend difficile un contrôle régulier des sites et des données de mesure.

Tableau 9 : Synthèse des cas d'étude lyonnais et nantais

Agglomération Lyonnaise	Agglomération nantaise
Réseau de mesure	
24 sites de mesure : <ul style="list-style-type: none"> - 10 sites sur déversoirs d'orage (mesure de débits rejetés) ; - 10 sites sur collecteurs (mesure de débits de transit) ; - 4 sites à l'exutoire de zones industrielles ; - 30 pluviomètres²⁴¹. 	86 points de mesure : <ul style="list-style-type: none"> - 18 points sur déversoirs d'orage (mesure de débits rejetés) ; - 30 points sur collecteurs (mesure de débits de transfert) ; - 19 points de détection de surverses ; - 18 pluviomètres.
Aides spécifiques	
L'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse finance : <ul style="list-style-type: none"> - 30 % des études préalables ; - 30 % des montants hors taxes des équipements et des travaux de réalisation. 	Agence de l'eau Loire-Bretagne finance : <ul style="list-style-type: none"> - 50 % des études préalables ; - 30 % des montants hors taxes des équipements et des travaux de réalisation.
Exploitation /Personnels impliqués	
Equipe Métrologie réseau (service Exploitation réseau de la Direction de l'Eau de la Métropole de Lyon).	Collaboration entre services du Pôle Assainissement (DOPAE) de Nantes Métropole.
8 ETP (1 technicien, 7 agents).	1,5 ETP (techniciens et agents).
Laboratoire partenaire	
LGCIE/DEEP-INSA de Lyon.	LCPC de Nantes/IFSTTAR.
Visualisation et traitement des données	
Système de supervision et télégestion (STELLA) : <ul style="list-style-type: none"> - serveur (CEGELEC Mobility) ; - poste de télégestion : le logiciel Panorama ; - poste de validation. 	Système de télésurveillance et de métrologie : <ul style="list-style-type: none"> - poste serveur ; - poste de télésurveillance : les logiciels Panorama et SOFREL PCWin2 ; - poste de validation : le logiciel MINUATOR (Agence de l'eau Loire-Bretagne/LCPC de Nantes).
Valorisation des données produites	
<ul style="list-style-type: none"> - Bilans réglementaires sur l'autosurveillance des réseaux ; - Modélisation hydraulique. 	Bilans réglementaires sur l'autosurveillance des réseaux.

Les activités résultant de l'autosurveillance peuvent se répartir en deux catégories selon leur fréquence : les activités ponctuelles qui se réalisent peu souvent ; et les activités quotidiennes qui constituent plutôt le quotidien des acteurs. Les activités ponctuelles relèvent essentiellement de l'équipement des réseaux en instruments de mesure

²⁴¹ Les pluviomètres sont gérés par le service Etudes.

(conception, réalisation et mise en service des sites de mesure). Elles sont exceptionnelles²⁴² et peuvent impliquer des prestataires extérieurs (bureaux d'études techniques, gestionnaires des réseaux téléphoniques et entreprises de réalisation). Les activités régulières consistent à contrôler le fonctionnement des sites de mesure et à exploiter les données qu'ils produisent : vérification des chaînes de mesure, traitement, validation et diffusion des données produites au sein des collectivités territoriales et aux autorités de contrôle (agence de l'eau et police de l'eau). Ces activités suivent des protocoles qui apparaissent dans le déroulement et la planification des tâches, les modes d'emploi des instruments utilisés, ainsi que dans les documents que les acteurs doivent remplir lors des opérations de vérification des appareils de mesure. De manière générale, ces protocoles sont peu différents entre les deux collectivités territoriales.

Les enquêtes réalisées révèlent une montée en compétences des acteurs engagés dans les différentes activités liées à l'autosurveillance. En effet, celle-ci apparaît comme une démarche pluridisciplinaire empruntant à l'hydrologie urbaine, la mécanique des fluides, l'électronique, l'informatique, les statistiques, etc. Sa mise œuvre et son exploitation nécessitent des connaissances et des savoir-faire qui ne sont pas toujours maîtrisés par les acteurs engagés dans ces activités. En dépit de cela, ces personnes, qui n'étaient pas spécialistes en métrologie des réseaux à l'origine, développent une certaine polyvalence et acquièrent de nouvelles compétences par l'expérience ou dans le cadre de formations. Les observations réalisées révèlent aussi la mobilisation de tours de mains, de bricolages et de savoirs empiriques qui permettent de mettre en œuvre et de respecter lesdits protocoles tout en les adaptant à chaque site et situation d'action. Par exemple, le traitement et la validation des données peuvent s'appuyer sur les expériences des acteurs et leurs connaissances du terrain pour accepter ou rejeter des données validées en automatique.

En l'état, à Lyon et à Nantes, le temps et les moyens affectés à l'autosurveillance des réseaux d'assainissement sont principalement consacrés à la production des données. Cette production se compose d'une série de traductions sociotechniques qui relient des objets et dispositifs techniques, des objets intermédiaires, des individus et des organisations (Figure 32 ; Figure 33). Les différentes traductions relèvent de logiques propres aux outils et

²⁴² Dans les agglomérations étudiées les dispositifs métrologiques sont en grande partie installés. Il peut y avoir des remplacement de capteurs, d'automates ou de transmetteurs.

instruments utilisés (résultats de mesure sous forme de courants électriques, hauteurs d'eau, vitesses d'écoulement, débits) et de logiques d'action (protocoles en vigueur, normes, connaissances empiriques, organisation du travail, etc.). Dans les conditions d'action actuelles, les traductions des valeurs de mesure au cours du processus de leur production sont entachées d'imprécisions. Des incertitudes existent alors sur la fiabilité des « inscriptions » [Callon, 2006b] produites par les outils (capteurs, transmetteurs, automates, logiciels, algorithmes, etc.) et les organisations. Pour ces raisons, l'exploitation des données tend à se limiter à répondre à la réglementation sur la collecte et le rejet des eaux résiduaires urbaines (produire des données comme obligation) et ne semble pas servir à améliorer la connaissance et la gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement.

De ce fait, l'autosurveillance fonctionne dans les collectivités territoriales étudiées en mode dégradé. En d'autres termes, le déploiement actuel de l'autosurveillance ne permet pas d'explorer toutes ses potentialités d'action.

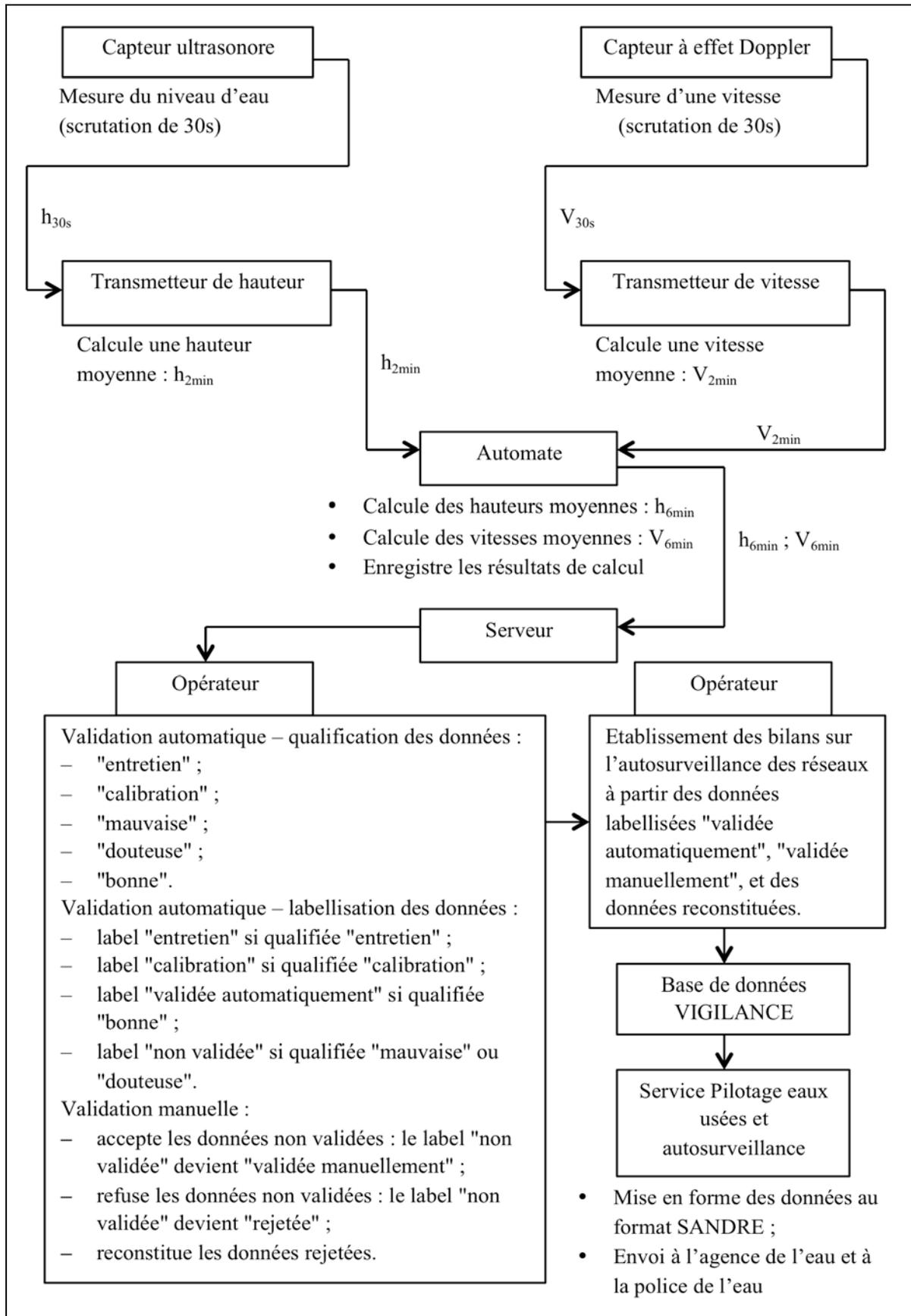


Figure 32 : Chaîne sociotechnique de production des données à Lyon

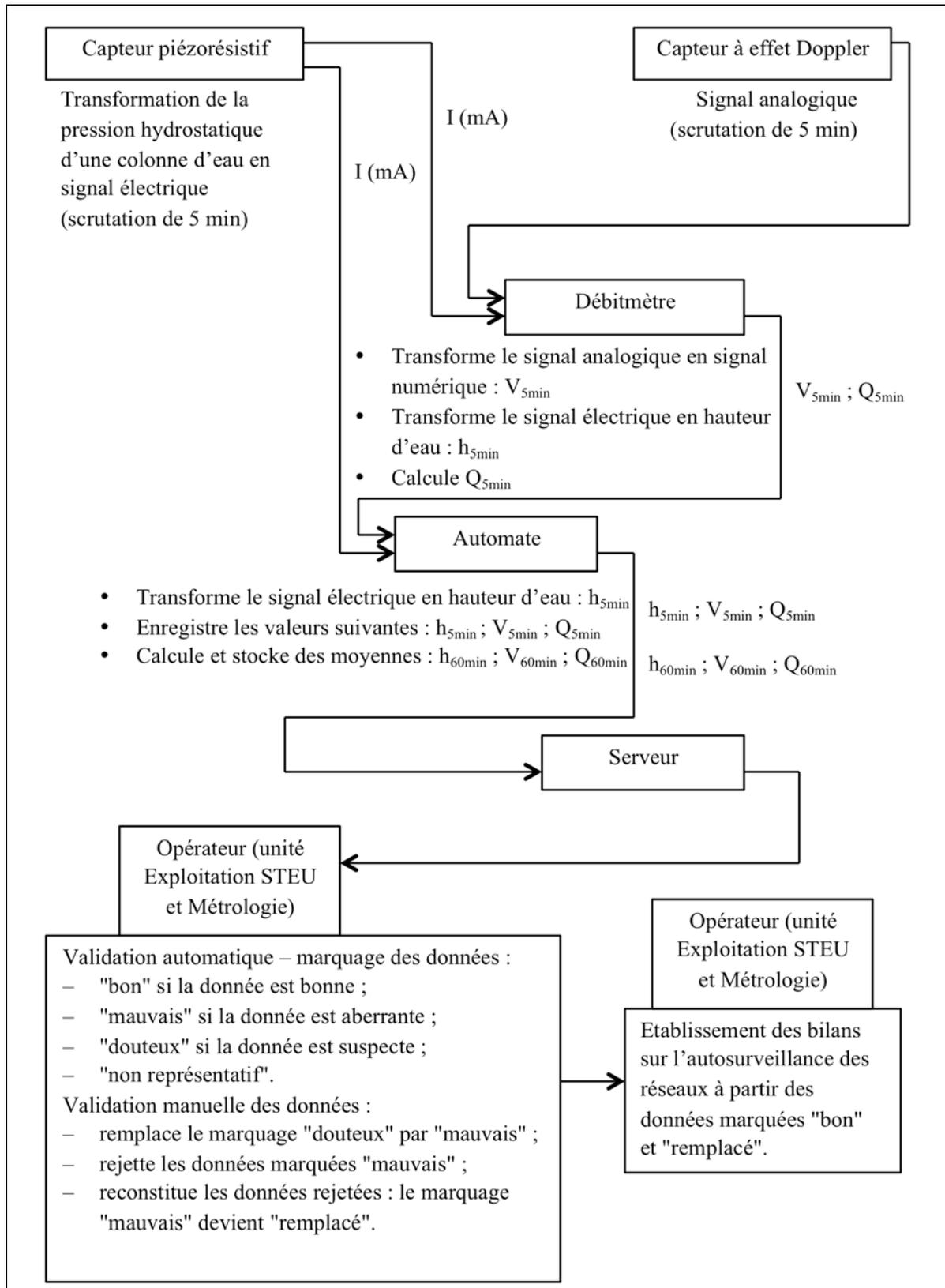


Figure 33 : Chaîne sociotechnique de production des données à Nantes

Les « objections » du milieu sociotechnique existant

Le déploiement complet de l'autosurveillance des réseaux d'assainissement se heurte à des difficultés principalement organisationnelles et techniques. Ces difficultés informent sur les rapports entre les dispositifs techniques et organisationnels développés pour assurer le suivi du fonctionnement des réseaux, et le milieu sociotechnique existant. Elles sont comme des « objections » du milieu à ces nouveaux dispositifs [Toussaint, 2006]. Les enquêtes révèlent trois types de difficultés :

- Le premier concerne les organisations existantes qui ne semblent pas capables de prendre en charge l'autosurveillance dans sa globalité à cause des moyens humains et financiers nécessaires à cette prise en charge. Actuellement, les contraintes budgétaires propres aux collectivités territoriales affectent les moyens accordés à l'autosurveillance et, plus globalement, à l'assainissement.
- Le deuxième a à voir avec les dispositifs techniques existants qui ne sont pas toujours adaptés à l'instrumentation. En effet, une partie d'entre eux, les déversoirs d'orage, n'ont pas été conçus et réalisés pour être instrumentés. D'une manière générale, la mise en place des installations de mesure acquiert des configurations d'ouvrage plus au moins normalisées afin de faciliter l'évaluation des débits de rejet. Les écarts à ces standards entraînent des erreurs sur les résultats de mesure²⁴³.
- Le troisième est liée au milieu dans lequel sont réalisés les mesurages. Le fonctionnement hydraulique des réseaux est peu maîtrisé, ce qui pose des difficultés de suivi des événements pluvieux et des variabilités des conditions de l'écoulement dans les réseaux. L'environnement dans les réseaux et la nature des effluents drainés peuvent aussi perturber le fonctionnement des appareils de mesure et influencer, ce faisant, la qualité des mesures acquises.

L'observation de ces difficultés témoigne des discordances entre les nouveaux dispositifs d'autosurveillance et le milieu sociotechnique existant. Elle relève aussi, dans une certaine mesure, les ajustements nécessaires pour que le milieu existant prenne en charge ces

²⁴³ Pour limiter ces erreurs, un prototype de dispositif de mesure des flux rejetés vers le milieu récepteur par les déversoirs d'orage a été conçu en 2014 par le laboratoire DEEP-INSA de Lyon en collaboration avec la Direction de l'Eau du Grand Lyon. Cf. : <https://www.insa-lyon.fr/fr/dsm-flux-le-premier-contrat-de-licence-de-brevet-pour-pulsalys-la-satt-lyon-saint-etienne>

dispositifs, et que ces dispositifs trouvent à s'inscrire dans des usages, et se naturalisent. Cette prise en charge apparaît, en l'état, insuffisante et les dispositifs en question ne sont pas complètement stabilisés.

Les finalités de l'autosurveillance

Dans ce contexte, les raisons de l'autosurveillance seraient d'abord réglementaires, avant d'être environnementales. En effet, la mise en œuvre de cette réglementation sur la surveillance des réseaux d'assainissement conditionne en partie le financement de cette démarche (aides accordées par les agences de l'eau), mais aussi le financement de l'assainissement dans la mesure où l'absence ou la non validité de ce dispositif conduit à la diminution, voire à la suppression de la prime à l'épuration. Ainsi, l'autosurveillance déployée tendrait à être une fin en soi, au détriment du service rendu, l'assainissement urbain, et de l'analyse des effets des rejets urbains sur les milieux récepteurs. Il en serait de même pour les dispositifs organisationnels développés et de la valorisation des données produites.

En effet, le développement de l'autosurveillance dans l'agglomération lyonnaise passe par la séparation des activités de modélisation et de métrologie. Cette organisation, bien qu'elle contribue à pérenniser les dispositifs déployés, met à mal la vision globale de l'autosurveillance qui considère le système d'assainissement dans son ensemble. Par conséquent, la Direction de l'Eau a créé en 2007 un groupe de travail transversal métrologie-modélisation. L'objectif de ce groupe est d'aider à améliorer ces deux outils de sorte que les données produites ne servent pas uniquement à la démarche d'autosurveillance, mais qu'elles soient aussi utilisées pour mieux connaître le fonctionnement du réseau, appréhender son comportement par temps de pluie, évaluer ses performances et l'impact de ses rejets sur les milieux récepteurs les plus sensibles²⁴⁴. Cette volonté de considérer la nature du milieu récepteur a conduit le Grand Lyon à suspendre en 2012 son programme d'autosurveillance de ses déversoirs d'orage et de revoir sa démarche d'instrumentation systématique des ouvrages susceptibles de déverser plus de 70 % en

²⁴⁴ En réalité, un rejet de même quantité et de même qualité affecte différemment le milieu qui le reçoit (un fleuve, une rivière, un petit cours d'eau, etc.). L'impact de ce rejet est directement lié au pouvoir d'autoépuration du milieu récepteur.

volumes cumulés des rejets d'un bassin versant²⁴⁵. En dépit de ces actions, la vision globale de la démarche d'autosurveillance et la finalité de maîtrise de l'impact des rejets sur les milieux récepteurs restent partielles pour la plupart des agents.

Dans l'agglomération nantaise, l'autosurveillance a été associée à la politique locale de maîtrise de l'assainissement orientée vers l'amélioration des conditions de collecte et de traitement des rejets conformément aux objectifs de la directive ERU. Au cours de son développement, le dispositif de mesure a connu des changements techniques et organisationnels en raison de l'évolution des formes d'intercommunalités qu'a connues l'agglomération (Nantes Métropole en est l'aboutissement), et de l'évolution des besoins en données de mesure au fil des actions de structuration du système d'assainissement nantais (mise en place de nouveaux ouvrages et réhabilitation des infrastructures existantes). Par ailleurs, les données de mesure produites ont été utilisées pour évaluer l'impact des déversements sur les petits cours d'eau de l'agglomération, et pour suivre les flux transitant dans les réseaux séparatifs d'eaux usées dont les surverses des postes de refoulement dans ces milieux sensibles sont fréquentes (surverses causées par l'intrusion d'eaux claires parasites dans ces réseaux). A partir de 2012, les choix organisationnels instaurés par la communauté urbaine et la manière dont le réseau de mesure hérité est exploité par l'opérateur public de l'assainissement (la DOPEA) expliqueraient en partie la disparition de la finalité environnementale à l'origine de la démarche d'autosurveillance. En effet, avant la réorganisation du service de l'assainissement autour d'une autorité organisatrice et d'exploitants publics et privés en juillet 2012, les activités liées à l'autosurveillance étaient menées par une seule entité : la cellule Métrologie créée en 2001 au sein de la Direction de l'Assainissement de Nantes Métropole. Depuis 2012, le dispositif métrologique nantais a cessé d'évoluer et son exploitation se limite à l'observation des obligations réglementaires de surveillance des déversoirs d'orage. Les données sur les débits de transit permettant le suivi du fonctionnement du réseau ne sont plus validées.

Enfin, la valorisation des données produites apparaît limitée à Lyon et à Nantes. Cela tiendrait pour une part à la qualité de ces données. Pour rappel, ces données sont issues de chaînes de traduction de résultats de mesure comprenant des appareils de mesure, des

²⁴⁵ Certains déversements dans des milieux sensibles dont les pouvoirs d'autoépuration sont faibles échappent aux critères de la réglementation et donc à l'autosurveillance.

algorithmes de calcul, des appareils d'enregistrement et de stockage local des résultats, etc. A chaque traduction, la donnée se transforme et avec elle les incertitudes de mesure inévitables qui lui sont associées. Ces incertitudes sont inhérentes aux propriétés technologiques des instruments de mesure, aux particularités du milieu dans lequel sont réalisées les mesures, et aux géométries particulières de certains ouvrages peu favorables au mesurage. Les traductions de données se poursuivent lors du processus de validation. A chaque étape de cette opération, les valeurs des données sont transformées au fil des traitements qu'elles subissent, et se chargent de sens. Ce sens dépend des interprétations des acteurs chargés de la validation – de leurs expériences et connaissances de terrain – et de ce qu'ils projettent de faire de ces données. Ainsi, les personnes engagées dans l'exploitation des systèmes de mesure, escomptent plutôt des données pour l'observation de la réglementation. Ces acteurs chargés du déploiement *in situ* de l'autosurveillance sont globalement satisfaits des données produites. En revanche, ceux chargés de la modélisation, de la gestion du cycle de l'eau et de la planification locale de l'eau²⁴⁶ attendent une exploitation plus approfondie et critique des données via des analyses statistiques permettant au moins de tracer des gammes de fiabilité de ces données. En l'état, ce problème d'imprécision des données produites semble peu résolu. Pour cela, la valorisation de ces résultats tend à se réduire à la satisfaction des bilans sur l'autosurveillance des réseaux d'assainissement – c'est ce qui permet aux collectivités territoriales de s'acquitter de leurs obligations légales en matière de suivi et de contrôle des ouvrages de collecte – et semble peu servir à des fins techniques (évaluation des performances des réseaux d'assainissement, suivi de l'évolution des apports, dimensionnement hydraulique des ouvrages, vérification de l'efficacité de certains aménagements, détection d'anomalies, études de diagnostic, etc.), et au suivi quantitatif et qualitatif des rejets dans les milieux récepteurs.

Ces observations tendraient à montrer que la démarche d'autosurveillance, dans les conditions actuelles, importerait plus que ses effets réels sur les milieux récepteurs et leur préservation. La mise en œuvre de cette démarche deviendrait alors prioritaire et subordonnerait les enjeux techniques et environnementaux aux enjeux réglementaires. Cela dit, l'autosurveillance des réseaux d'assainissement ne serait sans doute pas mise en œuvre en dehors des obligations réglementaires.

²⁴⁶ Exemples : les SAGE, les schémas d'assainissement, les zonages d'assainissement.

Les modes d'existence et d'appropriation de l'autosurveillance

L'appropriation d'un dispositif technique décrit sa capacité à être mobilisable et mobilisé et dans une situation d'action. Elle informe des processus d'acceptation et de diffusion de ce dispositif. Les résultats semblent suggérer que ces processus sont en cours pour les dispositifs d'autosurveillance observés.

L'autosurveillance déployée trouve à s'actualiser pour partie dans les organisations des collectivités territoriales. Les observations mettent en évidence l'apparition de nouveaux métiers, la constitution de compétences et de savoir-faire, des bricolages et la création d'un marché autour de la métrologie des réseaux d'assainissement. Néanmoins, les raisons de cette mise en œuvre demeurent principalement réglementaires et relèvent de la démarche d'autosurveillance qui s'impose aux collectivités territoriales et aux gestionnaires des réseaux. Autrement dit, les dispositifs d'autosurveillance observés ne semblent pas trouver d'actualisation dans d'autres justifications que réglementaires. Les justifications environnementales relatives à la protection des milieux récepteurs contre les détériorations causées par les rejets urbains de temps de pluie tendent à s'éclipser derrière un cadre réglementaire contraignant. Ainsi, il semble que l'autosurveillance limiterait l'offre en pratiques au programme promu par la réglementation²⁴⁷. Elle ne répond pas à l'ensemble de ses promesses techniques et environnementales. Dès lors, elle suscite des déconvenues.

Ces déconvenues s'expliqueraient par un décalage entre les dispositifs d'autosurveillance mis en œuvre et le milieu sociotechnique existant. Celui-ci serait incapable de prendre en charge ces dispositifs. La diffusion de l'autosurveillance serait dépendante de la puissance du cadre réglementaire (une implication forte dans la structuration de la démarche). Ces résultats tendent à montrer la « fragilité » de l'autosurveillance qui n'aurait de relais dans le milieu sociotechnique que réglementaire et économique. Elle resterait en partie « abstraite » [Simondon, e2001]. Cette abstraction s'expliquerait par :

- Les organisations existantes : celles-ci seraient incapables d'apporter les moyens financiers nécessaires pour la mobilisation de personnels suffisamment nombreux et

²⁴⁷ Même si des écarts aux prescriptions réglementaires sont possibles, l'action resterait orientée par la réglementation.

qualifiés afin d'assurer d'un côté la maintenance et la vérification régulières des systèmes de mesure ; de l'autre, le traitement, la validation et la critique des données produites.

- Les « imperfections » des systèmes de mesure : ces systèmes sont faits de rapprochement de plusieurs sous-ensemble de fonctionnement (capteurs, transmetteurs, automates, etc.). Par conséquent, le dysfonctionnement d'un sous-ensemble menace la conservation du fonctionnement de l'ensemble du système de mesure. Ainsi, par exemple, quand un capteur perd le contact avec le phénomène mesuré (colmatage, encrassement, arrachage, etc.), toute la chaîne d'acquisition des mesures est perturbée. Cette situation conduit à des opérations de reconstitution des données absentes ou manquantes, et à des interventions sur le terrain pour rétablir un fonctionnement normal de la chaîne de mesure. Toutefois, des éléments d'abstraction subsistent toujours en lien avec la configuration des ouvrages, le contexte physique et hydraulique de mesurage, et les propriétés intrinsèques des instruments de mesure (typiquement, les capteurs de vitesse à effet Doppler dont la vérification requiert des conditions de laboratoire). De cette manière, la cohérence continue des dispositifs de mesure nécessite de fréquentes interventions pour maintenir ces dispositifs dans l'existence. Ainsi, ils resteraient pour partie « artificiels ». Autrement dit, ils ne se « naturaliseraient » pas, ils correspondraient à des « systèmes ouverts d'exigences » [Simondon, e2001].

De fait, dans les expériences lyonnaise et nantaise, la concrétisation ou la banalisation de l'autosurveillance des réseaux d'assainissement semble partielle. Plus largement, les difficultés de généralisation et de diffusion de ce dispositif soulignent que la fabrication des dispositifs technique ne peut être pensée séparément du milieu sociotechnique dans lequel ils auront à être mise en œuvre.

Bibliographie

Articles, ouvrages et documents

- [AELB, 2002] Agence de l'Eau Loire-Bretagne, *La prime pour épuration et les aides au fonctionnement versées aux collectivités locales* [Rapport], AELB, 2002, 39 p.
- [Ahyerre et al., 2001] Ahyerre M., Oms C. et Chebbo G., « The erosion of organic solids in combined sewers », *Water Science and Technology*, 2001, vol. 43, n° 5, pp. 95-102.
- [Alis et al., 2001] Alis Thierry, Le Gal Claude et Mosset Alexandra, « Mise en place d'une démarche qualité pour l'entretien et l'exploitation du système de métrologie du réseau d'assainissement de l'agglomération nantaise », *La Houille Blanche*, 2001, n° 5, pp. 24-30.
- [Akrich, 1987] Akrich Madeleine, « Comment décrire les objets techniques? », *Techniques et Culture*, 1987, n° 9, pp. 49-64.
- [Akrich et al., 1988] Akrich Madeleine, Callon Michel et Latour Bruno, « A quoi tient le succès des innovations? 1 : L'art de l'intéressement ; Le choix des porte-parole », *Les Annales des Mines*, 1988, n° 11, pp. 4-17 et 14-29.
- [Akrich, 1989] Akrich Madeleine, « La construction d'un système socio-technique. Esquisse pour une anthropologie des techniques », *Anthropologie et sociétés*, 1989, vol. 2, n° 13, pp. 31-54.
- [Akrich, 1990] Akrich Madeleine, « De la sociologie des techniques à une sociologie des usages », *Techniques et Culture*, 1990, n° 16, pp. 83-110.
- [Akrich, 1991] Akrich Madeleine, « L'analyse socio-technique », in *La gestion de la recherche. Nouveaux problèmes, nouveaux outils*, Vinck Dominique., Bruxelles, De Boeck, 1991, pp. 339-353.
- [Akrich, 1993] Akrich Madeleine, « Les objets techniques et leurs

- utilisateurs, de la conception à l'action », in *Les objets dans l'action*, Conein Bernard, Dodier Nicolas, Thévenot Laurent., Paris, Editions de l'EHSS, n° 4 Raisons pratiques, 1993, pp. 35-57.
- [Akrich, 1998] Akrich Madeleine, « Les utilisateurs, acteurs de l'innovation », *Educations Permanentes*, 1998, n° 134, pp. 79-90.
- [Akrich et al., 2006] Akrich Madeleine, Callon Michel et Latour Bruno, *Sociologie de la traduction : textes fondateurs*, Presses Des Mines., Montreuil, Sciences Humaines, 2006, 304 p.
- [Arborio et Fournier, e2005] Arborio Anne-Marie et Fournier Pierre, *L'enquête et ses méthodes. L'observation directe*, Armand Colin., Barcelone, Collection 128, 2005, 128 p.
- [Arnulf, 2014] Arnulf Estelle, *Construction de l'égout collecteur de la rive gauche du Rhône 1897-1973 [Rapport]*, Lyon, Archives de la communauté urbaine de Lyon, 2014, 101 p.
- [Ashley et al., 2003] Ashley Richard, Crabtree Bob et Fraser Alasdair, « European research into sewer sediments and associated pollutants and processes », *Journal of Hydraulic Engineering*, 2003, vol. 129, n° 4, pp. 267-275.
- [AURAN, 1999] Agence d'Urbanisme de la Région Nantaise, *Bilan du Contrat d'Agglomération 1994-1998 [Rapport]*, 1999, 4 p.
- [Azzout et al., 1994] Azzout Y., Barraud S., Cres F.N. et Alfakih E., *Techniques alternatives en assainissement pluvial*, TEC et DOC., Condé-sur-Noireau, 1994, 372 p.
- [Baati et al., 2012] Baati Selma, Toussaint Jean-Yves et Vareilles Sophie, *Analyse des conditions d'adoption d'une instrumentation intégrée. Premiers résultats de l'enquête auprès des collectivités territoriales [Rapport]*, EVS-INSA de Lyon, 2012, 42 p.
- [Baboulin et al., 1983] Baboulin Jean-Claude, Gaudin Jean-Pierre et Mallein Philippe, *Le Magnétoscope au quotidien : un demi-pouce de liberté*, Aubier Montaigne., Paris, Babel, 1983, 176 p.
- [Bachoc et al., 1992] Bachoc G., Chebbo G. et Mouchel J.M., « La pollution des rejets pluviaux urbains : son importance, ses caractéristiques, quelques éléments sur ses origines et son interception », in *Actes des troisièmes journée du diplôme d'études*

approfondies-Sciences et techniques de l'environnement, Paris, Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1992, pp. 9-23.

- [Barles, 1999] Barles Sabine, *La ville délétère. Médecins et ingénieurs dans l'espace urbain. XVIIIe-XIXe siècle*, Champ Vallon., Seyssel, Milieux, 1999, 384 p.
- [Barles, 2005] Barles Sabine, « Experts contre experts : les champs d'épandage de la ville de Paris dans les années 1870 », *Histoire urbaine*, 2005, vol. 3, n° 14, pp. 56-80.
- [Barles, 2007] Barles Sabine, « Gestion privée, gestion publique. Des vidanges à l'égout », in *Réseaux techniques et conflits de pouvoir. Les dynamiques historiques des villes contemporaines*, Bocquet Denis, Fettah Samuel., Rome, Ecole Française de Rome, , n° Collection de l'Ecole Française de Rome 374, 2007, pp. 245-264.
- [Barraqué, 2004] Barraqué Bernard, « Normes de qualité de l'eau : Histoire et prospective », in *Usages de l'eau : synergies et conflits*, Créteil, 2004, p. 15.
- [Beau et Weber, e2003] Beaud Stéphane et Weber Florence, *Guide de l'enquête de terrain*, La Découverte., Paris, Guides Repères, 2003, 356 p.
- [Bédriot et al., 1987] Bédriot Guy, Chaperon Pierre, Coges Claire et Renard Daniel, « Les mesures. Problèmes généraux », *La Houille Blanche*, 1987, n° 4/5, pp. 282-292.
- [Bijker et Pinch, 1987], Bijker Wiebe E. et Pinch Trevor, « The social construction of facts and artifacts : or how the sociology of science and sociology of technology might benefit each other », in *The social construction of technological systems. New Directions in the sociolgy and history of technology*, Bijker Wiebe E., Highes Thomas P., Pinch Trevor., Cambridge, The MIT Press, 1987, pp. 17-50.
- [Bertrand-Krajewski et al., 2000] Bertrand-Krajewski J.L., Laplace D., Joannis C. et Chebbo G., *Mesures en hydrologie urbaine et assainissement*, TEC et DOC., Lassay-les-Châteaux, 2000, 793 p.
- [Belhadj, 1993] Belhadj Naoufel, *Variations par temps de pluie des débits dans les réseaux d'eaux usées de type séparatif : identification des composantes et modélisation des infiltrations*, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1994, 394 p.

- [Blanchet et Gotman, e2007] Blanchet Alain et Gotman Anne, *L'enquête et ses méthodes. L'entretien*, Paris, Collection 128, 2007, 125 p.
- [Bouleau, 2009] Bouleau Gabrielle, « La contribution des pêcheurs à la loi sur l'eau de 1964 », *Economie Rurale*, 2009, vol. 1, n° 309, pp. 9-21.
- [Bouleau et Richard, 2009] Bouleau Gabrielle et Richard Sophie, *Les lois sur l'eau à la lumière de la directive cadre. Evolution récente de la réglementation française sur l'eau*, Les publications de l'ENGREF., Paris, Environnement, 2009, 114 p.
- [Boumaza et Campana, 2007] Boumaza Magali et Campana Aurélie, « Enquêter en milieu « difficile » », *Revue française des sciences politiques*, 2007, vol. 57, pp. 5-25.
- [Callon, 1979] Callon Michel, « L'Etat face à l'innovation technique : le cas du véhicule électrique », *Revue française de sciences politiques*, 1979, n° 3, pp. 426-447.
- [Callon, 1986] Callon Michel, « Eléments pour une sociologie de la traduction. La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc », *L'Année sociologique*, 1986, n° 36, pp. 169-208.
- [Callon, 1989] Callon Michel, *La science et ses réseaux. Genèse et circulation des faits scientifiques*. La Découverte., Paris, Anthropologie des sciences et des techniques, 1989, 214 p.
- [Callon, 2006a] Callon Michel, « Quatre modèles pour décrire la dynamique de la science », in *Sociologie de la traduction : textes Fondateurs*, Akrich Madeleine, Callon Michel, Latour Bruno., Montreuil, Presses Des Mines, 2006, pp. 201-251.
- [Callon, 2006b] Callon Michel, « Sociologie de l'acteur réseau », in *Sociologie de la traduction : textes fondateurs*, Akrich Madeleine, Callon Michel, Latour Bruno., Montreuil, Presses Des Mines, 2006, pp. 267-275.
- [Carré et Deutsch, 2015] Carré Catherine et Deutsch Jean-Claude, *L'eau dans la ville. Une amie qui nous fait la guerre*, Editions de l'Aube., Paris, 2015, 320 p.
- [CCE, 1990] Commission des Communautés Européennes, *Livre vert sur l'environnement urbain [Rapport]*, Bruxelles, 1990, 60 p.
- [CCE, 1999] Commission des Communautés Européennes, *Mise en œuvre de la Directive 91/271/CEE du Conseil du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux résiduaires , modifié par la*

directive 98/15/CE de la Commission du 27 février 1998
[Rapport], Bruxelles, 1999, 32 p.

[CCE, 2001] Commission des Communautés Européennes, *Mise en œuvre de la directive 91/271/CEE du Conseil du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires, modifiée par la directive 98/15/CE de la Commission du 27 février 1998* [Rapport], Bruxelles, 2001, 44 p.

[CCE, 2004] Commission des Communautés Européennes, *Mise en œuvre de la directive 91/271/CEE du Conseil du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires, modifiée par la directive 98/15/CE de la Commission du 27 février 1998* [Rapport], Bruxelles, 2004, 124 p.

[CE, 2001a] Commission Européenne, « Traitement des eaux urbaines résiduaires: la Commission décide d'engager une action judiciaire contre l'Espagne, la France, l'Allemagne et le Royaume-Uni », *Communiqué de presse*, 10 avril 2001, URL :
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/IP_01_546.

[CE, 2001b] Commission Européenne, « Traitement des eaux urbaines résiduaires: la Commission décide d'engager une procédure judiciaire contre de la France, de la Belgique et de la Grèce », *Communiqué de presse*, 24 juillet 2001, URL :
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/IP_01_1059.

[CE, 2002] Commission Européenne, « La Commission intente une action contre le Portugal, l'Espagne, l'Italie, la Suède, la Belgique, le Luxembourg, les Pays-Bas, la France et la Grèce pour non-respect de la qualité de l'eau », *Communiqué de presse*, 2 juillet 2002, URL :
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/IP_02_973.

[CE, 2003] Commission Européenne, « Législation sur l'eau: la Commission intente une action en justice à l'encontre de huit États membres », *Communiqué de presse*, 21 janvier 2003, URL :
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/IP_03_84.

[CE, 2004] Commission Européenne, « Politique de l'eau: la Commission engage des poursuites à l'encontre de huit États membres », *Communiqué de presse*, 13 janvier 2004, URL :

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/IP_04_39.

- [CE, 2009] Commission Européenne, « Traitement des eaux résiduaires: la Commission assigne la France devant la Cour et adresse un avertissement à cinq États membres », *Communiqué de presse*, 20 novembre 2009, URL : https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/IP_09_1794.
- [CE, 2017] Commission Européenne, *Neuvième rapport sur l'état de mise en œuvre et les programmes de mise en œuvre (conformément à l'article 17) de la directive 91/271/CEE du Conseil relative au traitement des eaux urbaines résiduaires* [Rapport], Bruxelles, 2017, 21 p.
- [Cesari, 1993] Cesari Stéphane, *Naissance de la loi sur l'eau de 1964. Fonctionnaires et parlementaires dans l'étape préalable à l'organisation d'un secteur*, Institut d'études politiques de Grenoble, 1993, 56 p.
- [CG 1333, 1949] Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme, « Instruction technique C. G. 1333 relative à l'assainissement des agglomérations », Paris, 1949, 53 p.
- [Chambat, 1994] Chambat Pierre, « Usages des TIC : évolution des problématiques », *Technologies de l'information et sociétés*, 1994, vol. 6, n° 3, pp. 249-270.
- [Chatzis, 2014] Chatzis Kostantinos, « Alimenter en eau et assainir les immeubles parisiens, 1850 – 1930 : la généralisation du système Belgrand », *Flux*, 2014, vol. 3, n° 97-98, pp. 30-36.
- [Chebbo et Gromaire, 2004] Chebbo Ghassan et Gromaire Marie-Christine, « The experimental urban catchment « le Marais » in Paris : what lessons can be learned from it ? », *Journal of Hydrology*, 2004, vol. 299, n° 3-4, pp. 312-323.
- [Chebbo et Tassin, 2000] Chebbo Ghassan et Tassin Bruno, « Qualité des rejets urbains de temps de pluie », *Cours d'hydrologie urbaine*, 2000, 38 p.
- [Chocat, 1978] Chocat Bernard, *Un modèle de simulation des écoulements dans les réseaux d'assainissement pluvial*, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 1978, 300 p.
- [Chocat, 1997] Chocat Bernard, *Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement*, Lavoisier-TEC et DOC., Paris, Eurydice 92, 1997, 1124 p.

- [Chocat, 2009] Chocat Bernard, « Un modèle de coopération entre recherche et service urbain », 2009, URL : <https://www.millenaire3.com/Interview/un-modele-de-cooperation-entre-recherche-et-service-urbain>.
- [CJCE, 2004] Cour de Justice des Communautés Européennes, *Affaire C-280/02*, 2004, URL : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/ALL/?uri=CELEX%3A62002CJ0280>.
- [CLE, 2005] Commission Locale de l'Eau, *Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux de l'Estuaire de la Loire. Etat des lieux* [Rapport], 2005, 294 p.
- [Collins, e1992] Collins Allan, « Toward a design science of education », in *New directions in educational technology*, O'Shea Tim, Scanlon Eileen., Berlin, Springer Verlag, 1992, pp. 15-22.
- [Conein, 1993] Conein Bernard, Dodier Nicolas et Thévenot Laurent, *Les objets dans l'action. De la maison au laboratoire*, Editions de l'EHSS., Paris, n° 4 Raisons pratiques, 1993, 292 p.
- [De Certeau, e1990] De Certeau Michel, *L'invention du quotidien, I: Arts de faire*, Gallimard., Paris, Folio Essais, 1990, 416 p.
- [De Sardan, 2001] De Sardan Jean-Pierre Olivier, « L'enquête de terrain socioanthropique », in *Corpus, sources et archives*, Boutier Jean, Fabiani Jean-Louis, De Sardan Jean-Pierre Olivier., Tunis, IRMC, 2001, pp. 63-81.
- [Denouël et Granjon, 2011] Denouël Julie et Granjon Fabien, *Communiquer à l'ère du numérique. Regards croisés sur la sociologie des usages*, Transvalor-Presses Des Mines., Paris, Sciences Sociales, 2011, 320 p.
- [Desbordes, 1990] Desbordes Michel, « Risques de défaillance des ouvrages d'assainissement urbain : un concept révisable ? », *La Houille Blanche*, 1990, n° 7-8, pp. 491-502.
- [Deshons et Laplace, 2001] Deshons P. et Laplace D., « Vérification des chaînes de mesure du réseau d'assainissement de Marseille », *La Houille Blanche*, 2001, n° 5, pp. 47-51.
- [Diaz, 2005] Diaz Frédéric, « L'observation participante comme outil de compréhension du champ de la sécurité. Récit d'un apprentissage de l'approche ethnographique pour tenter de rendre compte de la complexité du social », 2005, URL : <https://journals.openedition.org/champpenal/79>.

- [Drobenko, 2015] Drobenko Bernard, *La loi sur l'eau de 1964. Bilans et Perspectives*, Johanet., Paris, 2015, 208 p.
- [Dupuy, 1980] Dupuy Gabriel, « La science et la technique dans l'aménagement. Le cas de l'assainissement », *Les annales de la recherche urbaine*, 1980, n° 6, pp. 3-18.
- [Dupuy et Knaebel, 1982] Dupuy Gabriel et Knaebel Georges, *Assainir la ville hier et aujourd'hui*, Dunod., Paris, les Pratiques de l'espace, 1982, 104 p.
- [Finck et al., 2016] Finck J.S., Wagner R., Gerolin A., Berthier E, Le Nouveau N., De Bortoli J.C. et Claverie R., « Bassins d'orage sur réseaux unitaires : quel état des lieux en France », in *NOVATECH*, 2016, p. 10.
- [Frioux, 2007] Frioux Stéphane, « Villes et entreprises. Acteurs de l'assainissement urbain en France (fin XIXe-milieu XXe siècle) », *Histoire urbaine*, 2007, n° 18, pp. 125-140.
- [Gaglio, 2011] Gaglio Gérald, *Sociologie de l'innovation*, PUF., Mayenne, Que sais-je?, 2011, 128 p.
- [Gourbet, 1984a] Gourbet Jean-Pierre, « La France s'équipe. Les réseaux d'eau et d'assainissement. 1850-1950 », *Les Annales de la recherche urbaine*, 1984, n° 23-24, pp. 47-53.
- [Gourbet, 1984b] Gourbet Jean-Pierre, « Equipement hydraulique et pratiques sanitaires dans la France du XIXe siècle », *Etudes rurales*, 1984, n° 93-94, pp. 123-142.
- [Grand Lyon, 2012] Grand Lyon, « Organigramme de la Direction de l'Eau du Grand Lyon », 2012, 1 p.
- [Guillerme, e1997] Guillerme André, *Les temps de l'eau. La cité, l'eau et les techniques*, Champ Vallon., Seyssel, Milieux, 1997, 259 p.
- [INRS, 2004] Institut National de Recherche et de Sécurité, « Ventilation des espaces confinés », Guide pratique de ventilation, 2004, 14 p.
- [INRS, 2012] Institut National de Recherche et de Sécurité-Département Formation, « Document de Référence CATEC », Paris, 2012, 55 p.
- [INT 77/248, 1977] Ministère de l'Intérieur, « Instruction Technique 77/248 relative aux réseaux d'assainissement des agglomérations », Paris, 1977, 62 p.

- [Jacquemet, 1979] Jacquemet Gérard, « Urbanisme parisien : la bataille du tout-à-l'égout à la fin du XIXe siècle », *Revue d'histoire moderne et contemporaine*, 1979, vol. 26, n° 4, pp. 505-548.
- [Jeantet, 1998] Jeantet Alain, « Les objets intermédiaires dans la conception. Eléments pour une sociologie des processus de conception », *Sociologie du travail*, 1998, n° 3, pp. 291-316.
- [Joannis, 1991] Joannis Claude, « Le diagnostic permanent des réseaux d'eaux usées », *Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées*, 1991, n° 174, pp. 71-79.
- [Joannis, 2001] Joannis Claude, « La mesure de débits en assainissement », *La Houille Blanche*, 2001, n° 5, pp. 58-62.
- [Jouët, 1993] Jouët Josiane, « Pratiques de communication et figures de la médiation », *Réseaux*, 1993, vol. 11, n° 60, pp. 99-120.
- [Jouët, 2000] Jouët Josiane, « Retour critique sur la sociologie des usages », *Réseaux*, 2000, vol. 18, n° 100, pp. 487-521.
- [Keller, 2011] Keller Fabienne, *L'application du droit communautaire de l'environnement : de la prise de conscience à la mobilisation des acteurs* [Rapport], Sénat, 2011, 142 p.
- [Laimé, 2009] Laimé Marc, « Eaux usées : la France assignée devant la Cour de justice des communautés européennes », *Les Eaux Glacées*, 2009, URL : <http://www.eauxglacees.com/Eaux-usees-la-France-assignee>.
- [Le Goff, 2004] Le Goff Emilie, *Niveau d'atteinte des objectifs de l'autosurveillance des systèmes d'assainissement* [Rapport], Office International de l'Eau, 2004, 38 p.
- [Lancelot, 1985] Lancelot Brigitte, *La gestion automatisée des réseaux d'assainissement : analyse d'un processus d'innovation technique*, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1985, 374 p.
- [Loriferne, 1987] Loriferne Hubert, *40 ans de politique de l'eau en France*, Economica., Paris, 1987, 525 p.
- [Lestel et Carré, 2017] Lestel Laurence et Carré Catherine, *Les rivières urbaines et leur pollution*, Quae., France, Indisciples, 2017, 290 p.
- [Latour, 1992] Latour Bruno, *Aramis ou l'amour des techniques*, La Découverte., Anthropologie science technique, 1992, 248 p.

- [Latour, 1994] Latour Bruno, « Une sociologie sans objet ? Note théorique sur l'interobjectivité », *Sociologie du travail*, 1994, n° 4, pp. 587-607.
- [Latour, e2005] Latour Bruno, *La science en action. Introduction à la sociologie des sciences*, La Découverte., Sciences humaines et sociales, 2005, 672 p.
- [Latour et Woogler, e1988] Latour Bruno et Woogler Steve, *La vie de laboratoire. La production des faits scientifiques*, La Découverte., Sciences et Société, 1988, 296 p.
- [Mallein et Toussaint, 1994] Mallein Philippe et Toussaint Yves, « L'intégration sociale des technologies d'information et de communication : une sociologie des usages », *Technologies de l'information et sociétés*, 1994, vol. 4, n° 6, pp. 315-335.
- [MEDAD, 2007] Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durable, *Plan d'action pour la mise aux normes de l'assainissement des eaux usées des agglomérations françaises* [Rapport], EAUX ET MILIEUX AQUATIQUES, 2007, 14 p.
- [MEEDDAT, 2009] Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire, *Commentaire technique de l'arrêté du 22 juin 2007* [Rapport], 2009, 149 p.
- [Meradou, 2001] Meradou Lionel, « Autosurveillance des systèmes d'assainissement : obligations réglementaires et état d'avancement », *La Houille Blanche*, 2001, n° 5, pp. 15-18.
- [Merlin et Choay, 2010] Merlin Pierre et Choay Françoise, *Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement*, PUF., Mercuès, Quadrige-DICO POCHE, 2010, 843 p.
- [Métropole de Lyon, 2015] Métropole de Lyon, *Le système d'assainissement de la Métropole de Lyon*, 2015, 32 p.
- [Nantes Métropole et al., 2005] Nantes Métropole, Agence d'Urbanisme de la Région Nantaise et Agence de l'Eau Loire-Bretagne, *Contrat d'agglomération pour la protection et la restauration des milieux aquatiques - 2004/2007* [Rapport], Nantes Métropole, 2005, 110 p.
- [Nantes Métropole, 2014] Nantes Métropole, « Organigramme du Pôle Assainissement de Nantes Métropole », 2014, 1 p.
- [Nantes Métropole, 2018] Nantes Métropole, *Rapport annuel sur l'eau* [Rapport], 2018,

96 p.

- [Ollagnon, 2012] Ollagnon Bertrand, « Autosurveillance des réseaux d'assainissement sur le bassin Loire-Bretagne. Bilan de 10 années d'accompagnement des projets », *TSM*, 2012, n° 1/2, pp. 30-34.
- [OIEau, 2019] Office International de l'Eau, « Glossaire-Eau et Milieux Aquatiques », 2019, URL : <http://www.glossaire-eau.fr/>.
- [Peretz, 1998] Peretz Henri, *Les méthodes en sociologie. L'observation*, La Découverte., Paris, Repères, 1998, 123 p.
- [Pinson, 1992] Pinson Daniel, *Des banlieues et des villes, dérives et eurocompétition*, Ouvrières., Paris, Portes ouvertes, 1992, 271 p.
- [Polère, 2008a] Polère Cédric, « Lyon : genèse de l'intercommunalité et de l'idée d'agglomération avant 1969. Contribution à une histoire du Grand Lyon », *Millénaire 3*, 2008, p. 24, URL : <https://www.millenaire3.com/ressources/lyon-genese-de-l-intercommunalite-et-de-l-idee-d-agglomeration-avant-1969>.
- [Polère, 2008b] Polère Cédric, « La réorganisation générale des services communautaires de 1984 : une phase de modernisation méconnue », *Millénaire 3*, 2008, p. 15, URL : <https://www.millenaire3.com/ressources/la-reorganisation-generale-des-services-communautaires-de-1984-une-phase-de-modernisation-meconnue>.
- [Polère, 2009] Polère Cédric, « Quand les services urbains font l'agglomération », *Millénaire 3*, 2009, p. 44, URL : <https://www.millenaire3.com/publications/40-ans-du-Grand-Lyon-Quand-les-services-urbains-font-l-agglomeration-!-souvenirs-souvenirs-!-rapport>.
- [Polère, 2014] Polère Cédric, *De la Courly au Grand Lyon – Histoire d'une communauté urbaine*, Lieux Dits., Lyon, 2014, 480 p.
- [Pronovost, 1994] Pronovost Gilles, « Médias : éléments pour l'étude de la formation des usages sociaux », *Technologies de l'information et sociétés*, 1994, vol. 4, n° 6, pp. 377-400.
- [Proulx, 2005] Proulx Serge, « Penser les usages des TIC aujourd'hui : enjeux, modèles, tendances », in *Enjeux et usages des TIC : aspects sociaux et culturels, t.1*, Vieira Lise, Pinède-Wojciechowski Nathalie., Bordeaux, Presses universitaires de Bordeaux, 2005, pp. 7-20.

- [Raynaud et al., 2007] Raynaud Olivier, Joannis Claude, Lebouc Laurent et Billard Florence, « Une méthodologie pour l'analyse des causes de surverse de réseaux séparatifs d'eaux usées », *TSM*, 2007, n° 11, pp. 19-26.
- [Renard, 2010] Renard Florent, *Le risque pluvial en milieu urbain. De la caractérisation de l'aléa à l'évaluation de la vulnérabilité : le cas du Grand Lyon*, Université Jean Moulin Lyon 3, 2010, 528 p.
- [Rogers, e1995] Rogers Everett M., *Diffusion of innovations*, Free Press., New York, 1995, 526 p.
- [SANDRE, 2012] Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau, *Autosurveillance des systèmes de collecte et de traitement des eaux usées*, SANDRE, 2012.
- [Scherrer, 1995] Scherrer Franck, « Genèse et métamorphose d'un territoire d'agglomération urbaine : de Lyon au Grand Lyon », *Revue de Géographie de Lyon*, 1995, vol. 70, n° 2, pp. 105-114.
- [Sibeud, 2013] Sibeud Elisabeth, « Bilan de 20 ans de politique publique « eaux pluviales » au Grand Lyon », in *NOVATECH*, 2013, p. 10.
- [Simondon, e2001] Simondon Gilbert, *Du mode d'existence des objets techniques*, Aubier., France, Philosophie, 2001, 368 p.
- [Soulé, 2007] Soulé Bastien, « Observation participante ou participation observante? Usages et justifications de la notion de participation en sciences sociales », *Recherche Qualitatives*, 2007, vol. 27, n° 1, pp. 127-140.
- [Soyer, 2014] Soyer Mathilde, *Solidité de l'expertise, prudence de l'innovation : chercheurs et praticiens dans les observatoires d'hydrologie urbaine*, Université Paris-Est, 2014, 570 p.
- [Star, 2010] Star Susan L., « Ceci n'est pas un objet-frontière ! Réflexions sur l'origine d'un concept », *Revue d'anthropologie des connaissances*, 2010, vol. 4, n° 1, pp. 18-35.
- [Star et Griesemer, 1989] Star Susan L. et Griesemer James R., « Institutional ecology, « translations », and boundry objets: amateurs and professionals on Berkeley's museum of vertebrate zoologie », *Social Studies of Science*, 1989, vol. 3, n° 43, pp. 387-420.
- [Star et Ruhleder, 2010] Star Susan L. et Ruhleder Karen, « Vers une écologie de l'infrastructure. Conception et accès aux grands espaces d'information », *Revue d'anthropologie des connaissances*,

2010, vol. 4, n° 1, pp. 114-161.

- [Suez, 2005] Suez-Lyonnaise des Eaux, *Répondre à de nouvelles exigences pour l'assainissement*, Direction des relations extérieures., Paris, Les cahiers de l'eau, 2005, 99 p.
- [Toussaint, 2003] Toussaint Jean-Yves, *Projets et usages urbains : fabriquer et utiliser les dispositifs techniques et spatiaux de l'urbain*, Université Lyon II, 2003, 263 p.
- [Toussaint, 2006] Toussaint Jean-Yves, « Le seuil. Un dispositif technique et spatial pour passer d'un monde à l'autre en employant son temps », in *Du mot au concept. Seuil*, Jacques Baillé., Grenoble, PUG, Science de l'éducation, 2006, pp. 139-157.
- [Toussaint, 2009] Toussaint Jean-Yves, « Les usages et les techniques », in *Traité sur la ville*, Stébé Jean-Marc, Marchal Hervé., Paris, PUF, 2009, pp. 461-512.
- [Toussaint et al., 2016] Toussaint Jean-Yves, Vareilles Sophie et Baati Selma, *Analyse des conditions d'adoption d'une instrumentation intégrée. Le cas des collectivités territoriales Métropole de Lyon et Nantes Métropole* [Rapport], EVS-INSA de Lyon, 2016, 74 p.
- [Toussaint et Vareilles, 2010] Toussaint Jean-Yves et Vareilles Sophie, « Handicap et reconquête de l'autonomie : réflexions autour du rapport entre convivialité des objets et autonomie des individus », *Geographica Helvetica*, 2010, vol. 4, n° 65, pp. 249-256.
- [Toussaint et Zimmermann, 2001] Toussaint Jean-Yves et Zimmermann Monique, « De quelques difficultés à prendre en compte les usages dans la conception des produits. Le cas des dispositifs techniques et spatiaux de l'urbain », in *Conception entre science et art. Regards multiples sur la conception*, Perrin Jacques., Lausanne, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2001, pp. 215-238.
- [Triantafillou, 1987] Triantafillou Catherine, *La dégradation et la réhabilitation des réseaux d'assainissement France-Angleterre-Etats-Unis*, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1987, 613 p.
- [Vasconcelos, 2005] Vasconcelos Elisio C., *Outils d'aide à la gestion du patrimoine réseau d'assainissement non visitable*, Université Bordeaux I, 2005, 373 p.
- [Vazquez et al., 2006] Vazquez José, Zug Mathieu, Phan Laurent et Zobrist Christophe, *Guide technique sur le fonctionnement des*

déversoirs d'orage [Rapport], Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg, Fonds National pour le Développement des Adduction d'Eau, VEOLIA, 2006, 184 p.

- [Vermersch, e2019] Vermersch Pierre, *L'entretien d'explication*, ESF Sciences Humaines., Paris, Psychologies et Psychothérapies, 2019, 208 p.
- [Vinck, 1999] Vinck Dominique, « Les objets intermédiaires dans les réseaux de coopération scientifique. Contribution à la prise en compte des objets dans les dynamiques sociales », *Revue française de sociologie*, 1999, n° 40-2, pp. 385-414.
- [Vinck, 2005] Vinck Dominique, « Le travail d'ingénierie », in *Travail, entreprise et société. Manuel de sociologie pour ingénieurs et scientifiques*, Minguet Guy, Thuderoz Christian., Vendôme, PUF, 2005, pp. 57-67.
- [Vinck, 2009] Vinck Dominique, « De l'objet intermédiaire à l'objet-frontière. Vers la prise en compte du travail d'équipement », *Revue d'anthropologie des connaissances*, 2009, vol. 3, n° 1, pp. 51-72.
- [Vinck et Jeantet, 1995] Vinck Dominique et Jeantet Alain, « Mediating and commissioning objects in the sociotechnical process of product design: a conceptual approach », in *Designs, Networks and strategies*, Maclean Donald, Saviotti Paolo, Vinck Dominique., Bruxelles, Directorate General Science, R&D, 1995, pp. 111-129.
- [Vivier, 1959] Vivier P., « La protection des rivières et des lacs contre la pollution », *Revue Forestière Française*, 1959, n° 7, pp. 493-502.
- [Voldman, 1984] Danièle Voldman, « Reconstruire pour construire ou la nécessité de naître en l'an 40 », *Les Annales de la recherche urbaine*, 1984, n°21, pp. 67-84.

Textes réglementaires et législatifs

Arrêté du 22 décembre 1994 relatif à la surveillance des ouvrages de collecte et de traitement des eaux usées mentionnées aux articles L 373-1-1 et L 372-3 du code des communes.

Arrêté du 22 décembre 1994 relatif à la surveillance des ouvrages de collecte et de traitement des eaux usées mentionnées aux articles L 372-1-1 et L372-3 du code des communes.

Arrêté du 22 juin 2007 relatif à la collecte, au transport et au traitement des eaux usées des agglomérations d'assainissement ainsi qu'à la surveillance de leur fonctionnement et de leur efficacité, et aux dispositifs d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique supérieure à 1,2 kg/j de DBO5.

Arrêté du 21 juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO5.

Circulaire du 06 juin 1953 relative au rejet des eaux résiduaires par les établissements classés comme dangereux, insalubres ou incommodes en application de la loi du 19 décembre 1917.

Circulaire du 29 juillet 1971 relative à la préparation des décrets d'objectifs de qualité des cours d'eau, sections de cours d'eau, lacs ou étangs.

Circulaire du Ministère de l'environnement du 12 mai 1995 relative à l'assainissement des eaux usées urbaines (texte non publié dans le journal officiel).

Circulaire du ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement du 6 novembre 2000 relative à la surveillance des ouvrages de collecte et de traitement des eaux usées mentionnées aux articles L. 2224-8 et L. 2224-10 du Code général des collectivités territoriales (texte non publié dans le journal officiel).

Circulaire du 8 décembre 2006 relative à la mise en conformité de la collecte et du traitement des eaux usées des communes soumises aux échéances des 31 décembre 1998, 2000 et 2005 en application de la directive n° 91/271/CEE du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux résiduaires urbaines.

Circulaire du 17 décembre 2007 : Additif à la circulaire du 8 décembre 2006 relative à la mise en conformité de la collecte et du traitement des eaux usées des communes soumises aux échéances des 31 décembre 1998, 2000 et 2005 en application de la directive n° 91/271/CEE du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux résiduaires urbaines.

Décret n° 93-743 du 29 mars 1993 relatif à la nomenclature des opérations soumises à autorisation ou déclaration en application de l'article 10 de la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992.

Décret n° 93-742 du 29 mars 1993 relatif aux procédures d'autorisation et de déclaration prévues par l'article 10 de la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992.

Décret n° 94-469 du 3 juin 1994 relatif à la collecte et au traitement des eaux usées mentionnées aux articles L 372-1-1 et L 372-3 du code des communes.

Directive n° 75/440/CEE du 16 juin 1975 concernant la qualité requise des eaux superficielles destinées à la production d'eau alimentaire dans les Etats membres.

Directive n° 76/160 du 08 décembre 1975 concernant la qualité des eaux de baignade.

Directive n° 76/464/CEE du 04 mai 1976 concernant la pollution causée par certaines substances dangereuses déversées dans le milieu aquatique de la Communauté.

Directive 77/795/CEE du Conseil du 12 décembre 1977 instituant une procédure commune d'échange d'informations relatives à la qualité des eaux douces superficielles dans la Communauté.

Directive n° 78-659 du 18 juillet 1978 concernant la qualité des eaux douces ayant besoin d'être protégées ou améliorées pour être aptes à la vie des poissons.

Directive n° 79/923/CEE du 30 octobre 1979 relative à la qualité requise des eaux conchyliques.

Directive n° 80/68/CEE du 17 décembre 1979 concernant la protection des eaux souterraines contre la pollution causée par certaines substances dangereuses.

Directive 91/271/CEE du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux résiduaires urbaines.

Directive 2000/60/CE du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau.

Loi du 15 avril 1829 relative à la pêche fluviale.

Loi n° 1898-04-08 du 8 avril 1898 sur le régime des eaux.

Loi du 15 février 1902 relative à la protection de la santé impose aux communes de plus de 30 000 habitants.

La loi n°1917-12-19 du 19 décembre 1917 relative aux établissements dangereux, insalubres et incommodes.

Loi n° 64-1245 du 16 décembre 1964 relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution.

Loi n°66-1069 du 31 décembre 1966 instituant les Communautés Urbaines.

Loi n° 67-1025 du 29 décembre 1967 modifiant les limites des départements de l'Ain, de l'Isère et du Rhône.

Loi n° 91-1414 du 31 décembre 1991 modifiant le code du travail et le code de la santé publique en vue de favoriser la prévention des risques professionnels et portant transposition de directives européennes relatives à la santé et à la sécurité du travail.

Loi sur l'eau n° 92-3 du 2 janvier 1992.

Ordonnance n° 59-33 du 5 janvier 1959 tendant à instituer des districts urbains dans les grandes agglomérations.

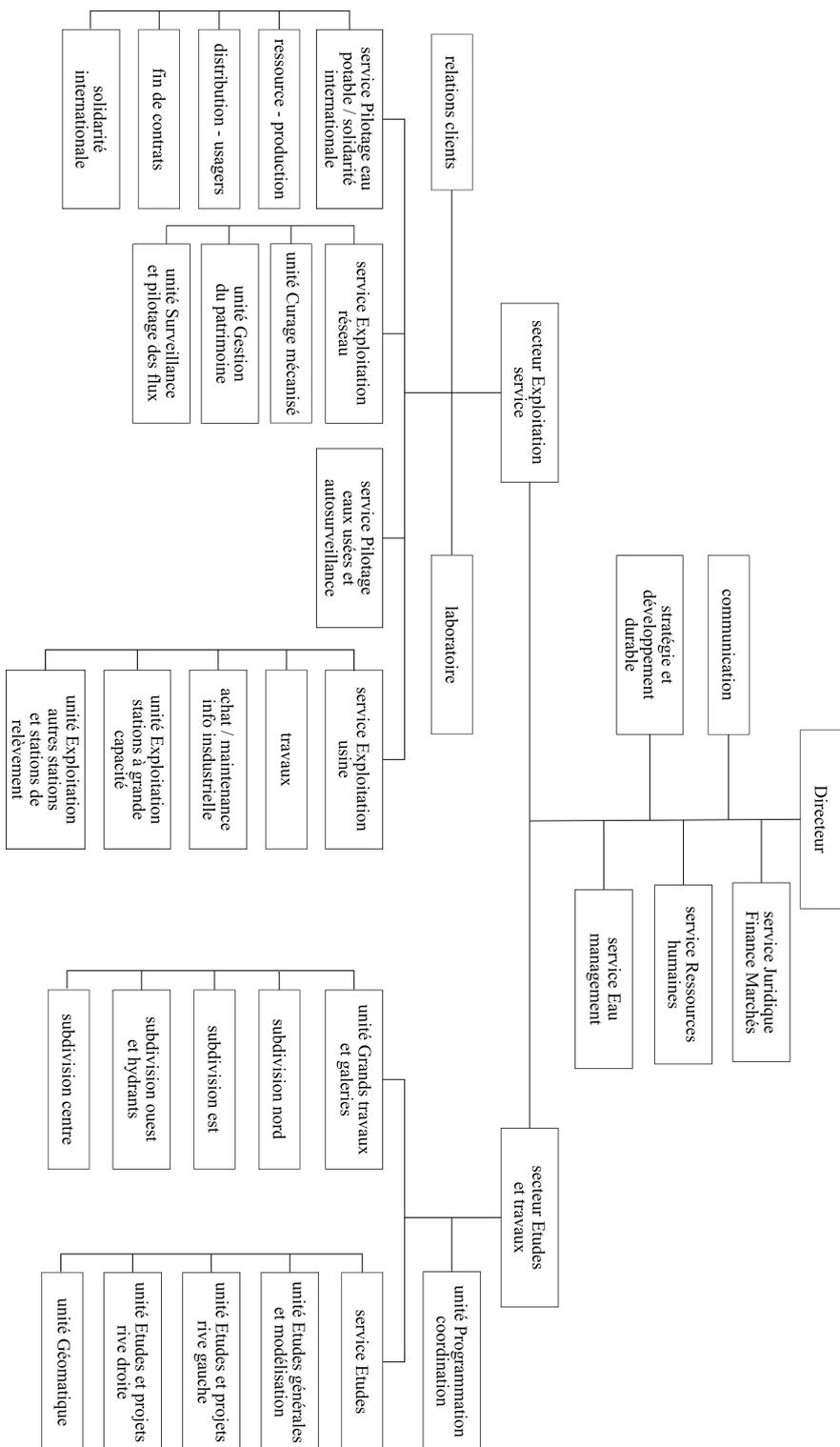
Sites internet

DEEP	http://deep.insa-lyon.fr https://www.insa-lyon.fr/fr/dsm-flux-le-premier-contrat-de-licence-de-brevet-pour-pulsalys-la-satt-lyon-saint-etienne
IFSTTAR	https://www.ifsttar.fr/accueil/
GRAIE	http://www.graie.org/portail/ http://www.graie.org/portail/thematiques/assainissement/autosurveillance/
OTHU	http://www.graie.org/othu/
CSTB	http://www.cstb.fr/fr/

Annexes

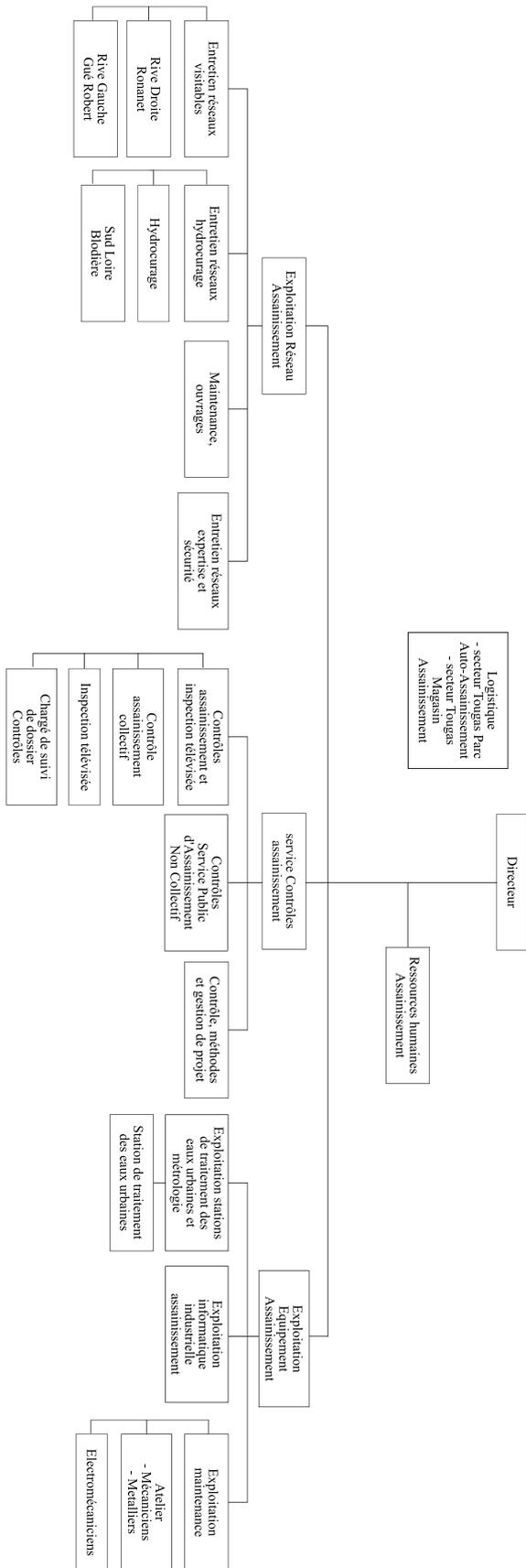
Annexe 1 – Organigramme de la Direction de l’Eau du Grand Lyon/Métropole de Lyon

Source : [Grand Lyon, 2012]



Annexe 2 – Organigramme du Pôle Assainissement de Nantes Métropole

Source : [Nantes Métropole, 2014]



Annexe 3 – Récapitulatif de l'enquête par entretien

Tableau 10 : Liste des personnes interviewées – Lyon (2012-2013)

Fonction des personnes interviewées	Date	Code
Agent, Direction de l'Eau et de la Biodiversité, Direction générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature, Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie.	19/04/2012	EN120419
Responsable du service Etudes, Direction de l'Eau, Grand Lyon.	09/05/2012	EN120509
Responsable de l'unité Surveillance et pilotage des flux, Direction de l'Eau, Grand Lyon.	06/06/2012	EN120606
Responsable de l'unité Etudes générales et modélisation, Direction de l'Eau, Grand Lyon.	23/08/2012	EN120823
Responsable du Laboratoire, Direction de l'eau, Grand Lyon.	30/08/2012	EN120830
Technicien Process, unité Epuration relèvement (petites stations de traitement des eaux urbaines et stations de relèvement), Direction de l'Eau, Grand Lyon.	07/09/2012	EN120907
Responsable de l'équipe Métrologie réseau, Direction de l'Eau, Grand Lyon.	06/09/2013	EN130906a
Agent de maîtrise, équipe Métrologie Réseau, Direction de l'Eau, Grand Lyon.	06/09/2013	EN130906b
Ingénieur, Direction des données, redevance et relations internationales, Agence de l'eau RMC.	04/09/2013	EN130904
Ingénieur, Direction des données, redevance et relations internationales, Agence de l'eau RMC.	18/09/2013	EN130918a
Ingénieur, Direction des données, redevance et relations internationales, Agence de l'eau RMC.	18/09/2013	EN130918b
Ingénieure, Direction des interventions et des actions de bassin ERU-baignade-réseaux, Agence de l'eau RMC.	18/09/2013	EN130918c

Tableau 11 : Liste des personnes interviewées – Nantes (2014)

Fonction des personnes interviewées	date	Code
Chef du service Exploitation Equipement Assainissement, Pôle Assainissement, Nantes Métropole.	29/09/2014	EN140929a
Chef du service Exploitation Réseau Assainissement, Pôle Assainissement, Nantes Métropole.	29/09/2014	EN140929b
Responsable du magasin Assainissement, Pôle Assainissement Nantes Métropole.	30/09/2014	EN140930
Responsable de la Mission Exploitation Station de Traitement des Eaux Urbaines (STEU) et Métrologie, Pôle Assainissement, Nantes Métropole.	04/10/2014	EN141004
Responsable du Pôle Assainissement, Nantes Métropole	14/11/2014	EN141114
Responsable du service Développement du cycle de l'eau, Direction du cycle de l'eau, Nantes Métropole	17/11/2014	EN141117

Annexe 4 – Récapitulatif de l'enquête par observation

Tableau 12 : Liste des séances d'observations – Lyon (2014)

Date	Site	Intervention	Code
31/03/2014	Site d'exploitation André Bollier, locaux de l'équipe Métrologie réseau, Lyon 7 ^e	Présentation de l'équipe Métrologie réseau par son responsable adjoint : présentation des membres de l'équipe, de ses missions et de ses locaux ; présentation du protocole de sécurité en vigueur dans l'équipe.	CR140331
01/04/2014	Site n° ZI03, rue du Vercors, Corbas	Nettoyage du bac de prélèvement.	CR140401
		Vérification des sondes pH et de conductivité.	
07/04/2014	Site d'exploitation André Bollier, locaux de l'équipe Métrologie réseau, Lyon 7 ^e	Validation des données acquises.	CR140407
08/04/2014	Site Croix-Luizet, Villeurbanne, Laboratoire du Grand Lyon, Pierre-Bénite	Récupération des échantillons produits par le préleveur du site de Croix-Luizet.	CR140408
		Transport et remise de ces échantillons au Laboratoire du Grand Lyon.	
	Site n°ZI02, avenue du Progrès, Chassieu	Installation d'une armoire électrique : câblage de l'armoire.	
09/04/2014	Site n°ZI02, avenue du progrès, Chassieu	Vérification d'une sonde installée et sa liaison à la nouvelle armoire électrique.	CR140409
		Programmation du nouvel automate suite à l'installation de la nouvelle armoire électrique.	
10/04/2014	Direction de l'Eau du Grand Lyon, Lyon 3 ^e	Réunion « Autosurveillance ».	CR140410
11/04/2014	Site n°C05, rue de la Manufacture Baverey, Irigny	Vérification d'une sonde de mesure de hauteur.	CR140411
	Site n°B01, avenue de Verdun, Meyzieu	Récupération des données de pH.	
15/04/2014	Site n°DO191, Quai des Etroits, Lyon 5 ^e	Vérification de trois sondes dont deux sondes de hauteur et une sonde de vitesse.	CR140415
16/05/2014	Site quai Jaÿr, Lyon 9 ^e	Branchement à l'armoire électrique d'une nouvelle sonde de hauteur installée par l'équipe.	CR140516

		Pose d'un capteur de position sur une vanne mobile du déversoir d'orage.	
28/05/2014	Site rue Joannes Raclet, Jonage	Vérification du transmetteur de vitesse.	CR140528
	Site rue Danton, Décines-Charpieu	Vérification de la ligne téléphonique assurant la transmission RTC.	
		Récupération des données de vitesse à partir de l'automate.	
	Site n°B01, avenue de Verdun, Meyzieu	Récupération des données de pH.	
30/05/2014	Site n°B01, avenue de Verdun, Meyzieu	Récupération des données de pH.	CR140530
		Etalonnage de la sonde pH.	
	Site rue Danton, Décines-Charpieu	Vérification de la remontée des alarmes sur STELLA.	
02/06/2014	Site d'exploitation André Bollier, locaux de l'équipe Métrologie réseau, atelier de câblage, Lyon 7 ^e	Essai d'une armoire de commande pour un nouveau site de mesure.	CR140602
04/06/2014	Site n°B01, avenue de Verdun, Meyzieu	Programmation du préleveur (préleveur automatique mobile).	CR140604
	Site n°ZI02, avenue du Progrès, Chassieu	Programmation du préleveur (préleveur automatique fixe).	
24/06/2014	Site n°DO017, avenue de Poumeyrol, Caluire-et-Cuire	Vérification du câblage du transmetteur de vitesse.	CR140624
		Vérification des sondes dont deux sondes de hauteur et une sonde de vitesse.	
25/06/2014	Site n°B01, avenue de Verdun, Meyzieu	Maintenance du préleveur et réalisation d'un test de prélèvement.	CR140625
	Site rue Joannes Raclet, Jonage	Récupération des données de vitesse à partir de l'automate.	
	Site n°DO017, avenue de Poumeyrol, Caluire-et-Cuire	Vérification du câblage du transmetteur de hauteur suite à une alerte "défaut sonde" sur STELLA.	
30/06/2014	Site n°ZI02, avenue du Progrès, Chassieu	Programmation du préleveur.	CR140630
	Site n°B01, avenue de Verdun, Meyzieu	Vérification de la sonde de hauteur.	
	Site n°C02, quai Perrache, Lyon 2 ^e	Vérification de l'armoire de commande suite à une alerte "porte ouverte" sur STELLA.	

Tableau 13 : Liste des séances d'observation – Nantes (2014)

Date	Site	Intervention	Code
29/09/2014	Site Tougas, Pôle Assainissement, Nantes Métropole, Saint-Herblain	Présentation de la politique de l'eau de Nantes Métropole, de l'organisation des services de l'eau et du Pôle Assainissement.	CR140929
		Présentation du dossier du nouvel arrivant, du bilan 2013 de l'opérateur public, de l'étude des risques dans un réseau unitaire.	
		Présentation du protocole de sécurité en vigueur dans l'équipe.	
30/09/2014	Site rue Bouchaud, Nantes	Test d'une nouvelle sonde radar avec un représentant d'un fabricant de sondes (société VEGA).	CR140930
01/10/2014	Site Saint-Mihiel, rue Sully, Nantes	Descente dans le réseau : vérification d'une vanne sur un déversoir d'orage mécanisé.	CR141001
	Site Van Iseghem, sous le pont Général de la Motte Rouge, Nantes	Récupération des données du flotteur sur un déversoir d'orage fixe.	
	Site Gué Robert, rue du Pré Gauchet, Nantes	Visite de la station de pompage des eaux pluviales.	
	Site Malakoff, quai Malakoff, Nantes	Récupération des données du flotteur sur un déversoir d'orage fixe.	
02/10/2014	Site Dreyfus, rue du Capitaine Dreyfus, Nantes	Démonstration de la vérification d'une sonde piézométrique.	CR141002
13/10/2014	Site Rive Gauche Erdre, 9 allée d'Erdre, Nantes	Vérification de la sonde piézométrique et de la sonde Doppler.	CR141013
	Site Sainte-Luce, route de Sainte-Luce, Nantes	Vérification de la sonde piézométrique.	
	Site Saint-Mihiel rejet amont, rue Sully, Nantes	Vérification de la sonde piézométrique en amont du déversoir d'orage.	
	Site Saint-Mihiel exutoire, rue Sully, Nantes	Vérification de la sonde piézométrique en aval du déversoir d'orage.	
	Site Ceineray aval, quai Ceineray, Nantes	Vérification de la sonde piézométrique.	
	Site Gué Robert, rue du Pré Gauchet, Nantes	Vérification de la sonde piézométrique du déversoir d'orage Résal (sous le pont Résal).	
14/10/2014	Site Duchesse Anne, place de la Duchesse	Vérification de la sonde piézométrique	CR141014

	Anne, Nantes	en amont du collecteur.	
	Site Marcel Hatet, rue Marcel Hatet, Nantes	Vérification d'une sonde ultrasonore.	
	Site Versailles, Quai de Versailles, Nantes	Vérification de la sonde piézométrique.	
	Site Dervallières, rue des Dervallières, Nantes	Vérification de la sonde piézométrique.	
15/10/2010	Site Chateaubriand, rue Saget, Nantes	Vérification de la sonde piézométrique.	CR141015
	Site Cordon bleu, rue de la Gare de Chantenay, Nantes	Vérification de deux sondes piézométriques (en amont et en aval du collecteur).	
16/10/2014	Site Quai de la Fosse, Nantes	Vérification d'une sonde piézométrique et d'une sonde Doppler.	CR141016
	Site rue Bouchaud, Nantes	Vérification de deux sondes piézométriques.	
	Atelier, site Tougas, Pôle Assainissement, Nantes Métropole, Saint-Herblain	Test de l'appareil de vérification des sondes piézométriques ("Druck", appareil calibreur de pression).	
17/10/2016	Site Massacre, boulevard du Massacre, Saint-Herblain	Vérification d'une sonde piézométrique et d'une sonde Doppler.	CR141017
	Site Sainte-Luce, route de Sainte-Luce, Nantes	Vérification d'une sonde piézométrique.	
	Site des Sorinières, Les Sorinières	Vérification d'une sonde Doppler.	
	Site Broutelle, rue Honoré Broutelle, Nantes	Vérification d'une sonde piézométrique.	

Glossaire des termes techniques de l'assainissement utilisés

Amont	Par rapport au cheminement de l'eau, partie située plus haut (ou plus loin que la direction opposée à celle de l'écoulement) que la partie étudiée. S'oppose à <u>aval</u> [Chocat, 1997].
Agglomération d'assainissement	Toute zone dans laquelle la population ou les activités économiques sont suffisamment concentrées pour qu'il soit possible de collecter les eaux usées pour les acheminer vers un <u>système de traitement</u> [Arrête du 22/12/94 (2), art. 5].
Autoépuration	L'autoépuration désigne l'ensemble des processus physiques, chimiques et biologiques par lesquels un système aquatique parvient à restaurer la qualité de ses eaux après une pollution [Chocat, 1997].
Autorisation (A)	Acte de police administrative qui autorise une installation, un ouvrage, une activité ou un aménagement (prélèvement, rejet, travaux, etc.) en fixant leurs conditions d'exercice ou de réalisation et permettant à l'administration une surveillance particulière de ces ouvrages et activités. L'autorisation donne lieu à l'établissement d'un document d'incidence sur les milieux aquatiques et les eaux souterraines [OIEau, 2019].
Aval	Par rapport au cheminement de l'eau, partie située plus bas que la partie étudiée, ou plus loin en suivant le sens de l'écoulement.
Avaloir	Ouverture située en bordure de trottoir (ou parfois au milieu de la chaussée) permettant aux eaux de <u>ruissellement</u> de pénétrer dans le <u>réseau d'assainissement</u> [Chocat, 1997].
Azote total	L'azote total (NGL) est la somme de toutes les formes d'azote contenues dans les <u>eaux résiduaires urbaines</u> : azote organique (Norg) ; azote ammoniacal (N-NH ₄ ⁺) ; azote nitreux (N-NO ₂ ⁻) ; azote nitrique (N-NO ₃ ⁻) [Chocat, 1997].

Bassin d'orage	Bassin installé sur un réseau <u>unitaire</u> , souvent juste à l' <u>amont</u> d'une <u>station d'épuration</u> , et destiné à stocker provisoirement tout ou partie du volume ruisselé généré par une pluie pour le restituer ultérieurement et à débit contrôlé à la station d'épuration [Chocat, 1997].
Bassin de retenue	Ouvrage d'assainissement destiné à stocker temporairement les eaux de ruissellement lors d'épisodes de fortes pluies pour limiter le risque d'inondation en milieu urbanisé.
Bassin versant (ou bassin hydrographique)	Territoire de taille quelconque considéré au regard des phénomènes hydrologiques, et tel que toute l'eau ruisselée sur sa surface s'écoule vers un point unique : l' <u>exutoire</u> d'un bassin versant. Il peut être situé sur un cours d'eau, sur une <u>canalisation</u> ou sur tout autre élément du réseau hydrographique [Chocat, 1997].
Bouche d'égout	Élément d'un <u>réseau d'assainissement</u> permettant l'introduction des eaux de <u>ruissellement</u> .
Boue (d'épuration)	Mélange d'eau et de matières solides séparées par des procédés biologiques ou physiques résultant du <u>traitement</u> des eaux usées [OIEau, 2019].
Branchement (ou raccordement)	Dispositif permettant de raccorder les particuliers ou <u>les bouches d'égouts</u> au réseau d'assainissement public et qui, de ce fait, crée un lien, fait d'obligations réciproques sur les plans juridique, technique et financier, entre les riverains et les gestionnaires du réseau [Chocat, 1997].
Calage d'un modèle	Ajustement des valeurs numériques attribuées aux paramètres d'un <u>modèle</u> afin que les valeurs calculées d'une variable ou d'une <u>grandeur</u> soient aussi proches que possible des valeurs observées de cette variable ou de cette grandeur [Chocat, 1997].
Canalisation	Élément secondaire d'un réseau d'assainissement.
Capteur	Élément d'un appareil de mesure ou d'une chaîne de mesure qui est directement soumis à l'action du <u>mesurande</u> [Bertrand-Krajewski et al., 2000].

Charge brute de pollution organique (CBPO)	La charge brute de pollution organique est définie comme le poids d'oxygène correspondant à la <u>demande biochimique en oxygène</u> sur cinq jours (DBO5) calculée sur la base de la charge journalière moyenne de la semaine au cours de laquelle est produite la plus forte charge de substances polluantes dans l'année [CGCT, art R 2224-6].
Coefficient d'écoulement	Sur un bassin versant et pour une pluie donnée, rapport entre le volume ruisselé et le volume précipité.
Coefficient d'imperméabilisation	Rapport entre la surface imperméabilisée d'un <u>bassin versant</u> et sa surface totale.
Coefficient de ruissellement	Coefficient représentant les pertes au <u>ruissellement</u> et permettant de calculer le débit à l' <u>exutoire</u> d'un <u>bassin versant</u> [Chocat, 1997].
Collecteur	Elément d'un réseau d'assainissement destiné à la collecte et au transport des eaux. Le mot collecteur est généralement réservé pour les <u>conduites</u> de taille intermédiaire recevant les eaux des conduites élémentaires [Chocat, 1997].
Conductivité	Caractéristique physico-chimique de l'eau liée à la concentration des substances dissoutes et à leur nature. La conductivité d'un effluent fournit, en général, une indication sur la concentration totale en sels dissous, et ne donne pas forcément une idée claire de la charge polluante totale.
Conduite	Ouvrage souterrain d'écoulement des eaux.
Confluence	Point du réseau où plusieurs <u>tronçons</u> se rejoignent.
Crépine	Embout perforé servant à empêcher les corps étrangers de pénétrer dans un tube ou une conduite [Chocat, 1997].
Curage	Intervention pratiquée sur un ouvrage d'assainissement dans le but d'en extraire les matières qui y sont déposées.
Débit de pointe	Débit maximum qui s'écoule en un point donné pendant la durée d'une crue.
Déclaration	Procédure de police administrative obligeant les particuliers désireux de mettre en place des installations, ouvrages, travaux et activités ayant une incidence sur les eaux et les

milieux aquatiques , à les déclarer à partir d'un certain niveau (seuils de prélèvement, rejet, etc.). Au-delà d'un autre niveau supérieur, ces activités doivent faire l'objet d'un acte d'autorisation [OIEau, 2019].

Débit de référence

Débit journalier associé au système d'assainissement au-delà duquel le traitement exigé par la directive 91/271/CEE du 21 mai 1991 relative aux eaux résiduaires urbaines n'est pas garanti. Il définit le seuil au-delà duquel la station de traitement des eaux usées est considérée comme étant dans des situations inhabituelles pour son fonctionnement [CGCT, art. R 2224-11].

Demande biologique en oxygène (DBO)

Quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques biodégradables par voie biologique (oxydation aérobie par des bactéries). La DBO est un indice de pollution de l'eau qui permet d'évaluer la fraction biodégradable de la charge polluante carbonée des eaux usées, et est en général calculée au bout de 5 jours à 20°C : on parle alors de DBO5 [Chocat, 1997].

Demande chimique en oxygène (DCO)

Consommation en oxygène pour une oxydation par voie chimique des matières organiques et minérales contenues dans l'eau [Chocat, 1997].

Dérive (d'un capteur)

Variation lente d'une caractéristique métrologique d'un instrument de mesure [Bertrand-Krajewski et *al.*, 2000].

Déversement

Désigne un rejet au milieu récepteur dû généralement à un déversoir d'orage.

Déversoir d'orage

Ouvrage permettant, en cas de fortes pluies, le rejet direct vers le milieu récepteur d'une partie des effluents circulant dans le système de collecte. Les déversoirs d'orage sont généralement installés sur les réseaux unitaires dans le but de limiter les apports au réseau aval et en particulier dans la station de traitement.

Déversoir en tête (ou en entrée) de station

Ouvrage de la station de traitement permettant la surverse de tout ou partie des eaux usées vers le milieu récepteur avant leur entrée dans la filière de traitement [Arrêté du 21/07/15, art. 2].

Diagnostic (études)

Etudes destinées à établir un bilan aussi complet que possible

sur le fonctionnement des réseaux d'assainissement.

Eaux industrielles usées	Toutes les eaux usées provenant de locaux utilisés à des fins commerciales ou industrielles, autres que les eaux ménagères usées et les eaux de ruissellement [DERU, art. 2].
Eaux ménagères usées	Les eaux usées provenant des établissements et services résidentiels et produites essentiellement par le métabolisme humain et les activités ménagères [DERU, art. 2].
Eaux parasites (ou eaux claires parasites)	Eaux, généralement très peu polluées, qui transitent dans un <u>réseau d'assainissement unitaire</u> ou <u>séparatif</u> non conçu pour les recevoir, ce qui induit souvent à des effets dommageables pour le fonctionnement des ouvrages, notamment les <u>stations d'épuration</u> . L'origine des eaux parasites est multiple. On distingue classiquement : les <u>eaux parasites de captage</u> et les <u>eaux parasites d'infiltration</u> [Belhadj, 1993]
Eau parasites de captage	Apports ponctuels qui résultent de l'ensemble de <u>raccordement</u> non conformes tels les branchements d'eaux pluviales, captage de sources, rejets d'eaux claires industrielles, raccordements de drains, etc. [Belhadj, 1993].
Eaux parasites d'infiltration	Elles correspondent à des infiltrations diffuses, et qui peuvent s'introduire dans le réseau à travers des joints non étanches, des fissures, etc. [Belhadj, 1993].
Eaux résiduaires urbaines	Les <u>eaux ménagères usées</u> ou le mélange des eaux ménagères usées avec des <u>eaux industrielles usées</u> et/ou des eaux de <u>ruissellement</u> [DERU, art. 2].
Egout	<u>Conduite</u> destinée à recevoir les eaux usées et les eaux pluviales.
Equivalent-habitant (EH)	Unité d'évaluation de la pollution organique des eaux représentant la quantité de matière organique rejetée par jour et par habitant. L'EH est défini comme la charge organique biodégradable ayant une <u>demande biochimique d'oxygène</u> en cinq jours (DBO5) de 60 grammes d'oxygène par jour [CGCT, art. R 2224-6].
Erreur de mesure	Résultat d'un <u>mesurage</u> moins la <u>valeur vraie</u> du <u>mesurande</u> [Bertrand-Krajewski et al., 2000].

Erreurs maximales tolérées	<u>Valeurs</u> extrêmes d'une erreur tolérée pour un instrument de mesure donné [Bertrand-Krajewski et <i>al.</i> , 2000].
Etendue de mesure	Ensemble de <u>valeurs</u> du <u>mesurande</u> pour lesquelles l'erreur d'un instrument de mesure est supposée comprise entre des limites spécifiées [Bertrand-Krajewski et <i>al.</i> , 2000].
Eutrophisation	Enrichissement excessif des cours d'eau et des plans d'eau en éléments nutritifs, essentiellement le phosphore et l'azote, provoquant un développement accéléré des algues et des végétaux d'espèces supérieures. L'eutrophisation se manifeste par la prolifération excessive des végétaux dont la décomposition provoque une diminution notable de la teneur en oxygène. Il s'en suit, une diversité animale et végétale amoindrie et une perturbation de la qualité de l'eau en question [OIEau, 2019].
Exutoire	Point de sortie d'un bassin versant ou d'un réseau d'assainissement.
Grandeur	Attribut d'un phénomène, d'un corps ou d'une substance, qui est susceptible d'être distingué qualitativement et déterminé quantitativement. Exemples : longueur, temps, débit, pression, concentration [Bertrand-Krajewski et <i>al.</i> , 2000].
Incertitude de mesure	Paramètre, associé au résultat d'un <u>mesurage</u> , qui caractérise la dispersion des valeurs qui pourraient être attribuées au <u>mesurande</u> [Bertrand-Krajewski et <i>al.</i> , 2000].
Influence aval	Modification des conditions de l'écoulement due à une hauteur d'eau à l' <u>aval</u> supérieure à la hauteur normale au point considéré. Une influence aval se traduit par une remontée de la ligne d'eau en amont de ce point provoquant des mises en charge des réseaux, des débordements, et des perturbations du fonctionnement du réseau pouvant aller jusqu'à l'inversion du sens de l'écoulement.
Intensité-Durée-Fréquence (courbes IDF)	Modèle probabiliste de l'intensité de pluie extrême au cours d'un événement pluvieux. synthétisant généralement les observations d'une seule station pluviométrique, les courbes IDF donnent la fréquence (ou le <u>temps de retour</u>) au cours d'un événement pluvieux d'une <u>intensité moyenne maximale</u> pendant une certaine durée [Chocat, 1997].

Intensité de pluie	L'intensité d'une pluie est déterminée en faisant le rapport du volume d'eau tombée pendant une durée donnée sur une surface donnée.
Intensité moyenne maximale	La plus forte intensité observée sur une durée d'analyse donnée et pour une période de retour donnée. Lorsque l'on analyse une pluie, on recherche pour différentes durées (6 mn, 15 mn, 30 mn, etc.) la période temporelle où la hauteur d'eau précipitée a été maximale pendant cette durée. L'intensité moyenne maximale est alors obtenue en divisant la hauteur totale par la durée d'analyse.
Lit bactérien	Procédé d'épuration biologique (cf. <u>traitement secondaire</u>) dans lequel la biomasse épuratrice biologique repose sur un support inerte, le garnissage, où elle forme des biofilms. Les eaux usées sont réparties uniformément à la surface du lit et ruissellent par gravité au sein des porosités du garnissage. Les bactéries présentes assurent ainsi la dégradation de la pollution carbonée et partiellement celle de la pollution azotée. La circulation de l'air s'effectue naturellement et apporte l'oxygène nécessaire aux bactéries pour dégrader la pollution [OIEau, 2009].
Masse d'eau	Milieu aquatique homogène (un lac, un réservoir, une portion de cours d'eau, un aquifère ou une zone côtière) [OIEau, 2009].
Matière en suspension	Matières non dissoutes contenues dans l'eau et maintenues en suspension dans le liquide sous l'action de la turbulence [Chocat, 1997].
Mesurage	Ensemble d'opérations ayant pour but de déterminer une valeur d'une grandeur [Bertrand-Krajewski et al., 2000].
Mesurande	<u>Grandeur</u> particulière soumise à un <u>mesurage</u> [Bertrand-Krajewski et al., 2000].
Métrologie	A l'origine sciences des mesures. le terme métrologie est apparu vers 1780 en relation avec les études, puis les traités, sur la définition et la standardisation des poids et mesures. D'un point de vue opérationnel pour l'hydrologie urbaine, on regroupe généralement sous le terme de métrologie un vaste ensemble de méthodes, de techniques et d'outils permettant d'organiser, de planifier, de réaliser et de valider des mesures en vue de leur exploitation ultérieure. Dans le cas particulier

des réseaux d'assainissement, les mesures portent généralement sur trois domaines : la mesure de la pluie ; la mesure des débits et des volumes ; la mesure des concentrations et charges en polluants [Chocat, 1997].

Milieu récepteur (des rejets)

Un écosystème aquatique, ou un aquifère, où sont rejetées les eaux usées, traitées ou non. Un milieu récepteur correspond généralement à une partie de masse d'eau ou une zone d'alimentation de masse d'eau [OIEau, 2019]

Modèle

Représentation mathématique ou physique du réseau d'assainissement construite dans le but de mieux comprendre son fonctionnement et de le faire évoluer [Chocat, 1997].

Ouvrage de dérivation (by-pass) en cours de traitement

Tout ouvrage, au sein de la station de traitement des eaux usées, permettant de dériver vers le milieu récepteur des eaux usées qui n'ont suivi qu'une partie de la filière de traitement.

Phosphore total

Le phosphore total (Ptot) est la somme de toutes les formes de phosphore présentes dans les eaux résiduaires urbaines : phosphore organique ; phosphore présent sous une forme oxydée dissoute (essentiellement sous forme d'ions phosphates PO_4^{3-}) [Chocat, 1997].

Pluie de projet

Évènement pluvieux artificiel, représentatif de la pluviométrie locale et auquel il est possible d'associer une période de retour.

Pluviomètre

Appareil de mesure du cumul des précipitations atteignant le sol. Son principe est de capter le flux de précipitation à l'aide d'un réceptacle horizontal de surface connue, puis de mesurer la quantité d'eau ainsi recueillie [Chocat, 1997].

Pollueur-payeur (principe)

Principe selon lequel les frais résultant des mesures de prévention, de réduction de la pollution de l'environnement et de lutte contre celle-ci doivent être supportés par le pollueur [C.Env, art. L 110-1].

Poste de refoulement

Installation équipée d'un dispositif de pompage permettant de relever les effluents d'un tronçon de réseau situé en contrebas du réseau de collecte, et de les envoyer dans une conduite en charge vers un exutoire.

Poste de relèvement	Installation équipée d'un dispositif de pompage permettant de relever l'eau vers un point à partir duquel elle s'écoule gravitairement à surface libre.
Préleveur	Appareil permettant d'effectuer des prélèvements au sein d'un écoulement (cours d'eau, collecteur, etc.) ou d'un volume d'eau (bassin, lac, retenue, etc.) de manière automatique et programmable [Chocat, 1997].
Radier	Partie inférieure d'une <u>conduite</u> ou fond d'un ouvrage.
Réactif	Produit chimique utilisé dans un processus d'épuration.
Rejets Urbains de Temps de Pluie (pollution des)	Pollution déversée par temps de pluie dans les <u>milieux récepteurs</u> et provenant soit du <u>ruissellement</u> sur les surfaces urbaines, soit des <u>réseaux d'assainissement</u> qu'ils soient <u>unitaires</u> ou <u>séparatifs</u> [Chocat, 1997].
Réseau d'assainissement	Un réseau d'assainissement est constitué par l'ensemble des ouvrages construits par l'homme pour canaliser les eaux usées et les eaux pluviales à l'intérieur d'une agglomération. La majeure partie de ces ouvrages sont des <u>canalisations</u> souterraines reliées entre elles. Le réseau d'assainissement est l'un des éléments constituant du <u>système d'assainissement</u> .
Résultat d'un mesurage	Valeur attribuée à un <u>mesurande</u> obtenue par <u>mesurage</u> . Une expression complète du résultat d'un mesurage comprend des informations sur l' <u>incertitude de mesure</u> [Bertrand-Krajewski et al., 2000].
Ruissellement	Ecoulements qui se forment à la surface du sol résultant des précipitations atmosphériques.
Schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE)	Institué pour un sous-bassin ou un groupement de sous-bassins correspondant à une unité hydrographique cohérente ou un système aquifère, le SAGE fixe les objectifs généraux et les dispositions permettant de satisfaire au principe de gestion équilibrée et durable de la ressource en eau. Il doit être compatible avec le <u>Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux</u> (SDAGE), ou rendu compatible dans un délai de trois ans suivant la mise à jour du SDAGE [OIEau, 2019].

Schéma d'assainissement	Ensemble des plans et textes qui décrivent, sur la base des zonages d'assainissement (zones d'assainissement collectif, zones d'assainissement non collectif, zonage pluvial), l'organisation physique des équipements d'assainissement d'une collectivité (réseaux d'assainissement et stations de traitement) [OIEau, 2019].
Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE)	Document de planification de la gestion de l'eau établi pour chaque bassin ou groupement de bassins, qui fixe les orientations fondamentales permettant de satisfaire à une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau, détermine les objectifs assignés aux <u>masses d'eau</u> et prévoit les dispositions nécessaires pour prévenir la détérioration de l'état des eaux et pour décliner les orientations fondamentales [OIEau, 2019].
Séparatif (réseau)	<u>Réseau d'assainissement</u> dans lequel les eaux usées et les eaux pluviales sont recueillies dans des réseaux différents.
Situation inhabituelle	Toute situation se rapportant à l'une des catégories suivantes : fortes pluies ; opérations programmées de maintenance préalablement portées à la connaissance du service en charge du contrôle ; circonstances exceptionnelles (telles que catastrophes naturelles, inondations, pannes ou dysfonctionnements non directement liés à un défaut de conception ou d'entretien, rejets accidentels dans le réseau de substances chimiques, actes de malveillance) [Arrêté du 21/07/15, art. 2].
Système d'assainissement	L'ensemble des ouvrages constituant le système de collecte et la station de traitement des eaux usées et assurant l'évacuation des eaux usées traitées vers le milieu récepteur. il peut s'agir d'un <u>système d'assainissement collectif</u> ou d'une installation d'assainissement non collectif [Arrêté du 21/07/15, art. 2].
Système d'assainissement collectif	Tout système d'assainissement assurant la collecte, le transport, le traitement, et l'évacuation des eaux usées traitées vers le <u>milieu récepteur</u> , relevant en tout ou partie d'un ou plusieurs services publics d'assainissement [Arrêté du 21/07/15, art. 2].
Système de collecte	Un système de <u>canalisations</u> qui recueille et achemine les <u>eaux résiduaires urbaines</u> [DERU, art. 2].

Système de traitement des eaux usées (ou station de traitement des eaux usées ou station d'épuration)	Ensemble des installations assurant le <u>traitement</u> des eaux usées avant rejet vers le <u>milieu récepteur</u> . Il se compose des ouvrages de traitement des eaux usées et des <u>boues</u> , du <u>déversoir en tête de station</u> et d'éventuels <u>ouvrages de dérivation en cours de traitement</u> [Arrêté du 21/07/15, art. 2].
Tampon de regard	Aussi appelé "galette", le tampon est la partie amovible du regard de visite d' <u>égout</u> , généralement circulaire, posé sur un cadre scellé au regard. Le cadre et son tampon forment un ensemble homogène.
Taux de collecte	Rapport de la quantité de matières polluantes captée par le <u>réseau d'assainissement</u> à la quantité de matières polluantes générées dans la zone desservie par le réseau [Arrêté du 22/12/94 (1), annexe III].
Taux de raccordement	Rapport de la population raccordée effectivement au réseau d'assainissement à la population desservie par celui-ci [Arrêté du 22/12/94 (1), annexe III].
Techniques alternatives	Techniques d'assainissement dont le concept s'oppose au principe du tout au réseau (bassin d'infiltration, tranchée drainante, toiture stockante, etc.). Elles reposent sur les principes suivants : la rétention de l'eau pour réguler les débits et limiter la pollution à l'aval ; l'infiltration dans le sol, lorsqu'elle est possible, pour réduire les volumes s'écoulant vers l'aval. Ces techniques constituent une alternative au réseau traditionnel de <u>conduites</u> , ce qui justifie leur nom. On parle également de techniques compensatoires (sous-entendu des effets de l'urbanisation) [Azzout et <i>al.</i> , 1994].
Temps de concentration	Durée totale de l'écoulement dans un <u>bassin versant</u> .
Temps de retour	Intervalle de temps moyen séparant deux occurrences d'un événement pluvieux.
Traitement (des eaux usées)	Ensembles des procédés visant à rendre les eaux usées conformes aux normes environnementales en vigueur ou aux autres normes de qualité applicables en matière de recyclage ou de réutilisation. On distingue habituellement le traitement <u>primaire</u> , <u>secondaire</u> et <u>tertiaire</u> [OIEau, 2019].
Traitement primaire	Traitement des <u>eaux résiduaires urbaines</u> par un procédé physique et/ou chimique comprenant la décantation des <u>matières en suspension</u> ou par tout autre procédé permettant

de réduire d'au moins 20 % la Demande Biologique en Oxygène des eaux résiduaires entrantes et d'au moins 50 % le total des matières en suspension dans ces eaux [OIEau, 2019].

Traitement secondaire

Traitement des eaux résiduaires urbaines qui permet de traiter le carbone des matières en suspension de manière plus poussée que le traitement primaire, selon un procédé comprenant généralement un traitement biologique ainsi qu'une décantation secondaire ou tout autre processus engendrant une réduction de la Demande Biologique en Oxygène d'au moins 70 % et de la Demande Chimique en Oxygène d'au moins 75 % [OIEau, 2019].

Traitement tertiaire

Traitement décrit parfois comme un traitement avancé des eaux résiduaires urbaines et est généralement effectué après un traitement biologique. Le traitement tertiaire peut être de différentes natures, telles que la déphosphatation (élimination du phosphore), la désinfection, ou la réduction de l'azote total [OIEau, 2019].

Transducteur

Dispositif qui fait correspondre à une grandeur d'entrée une grandeur de sortie selon une loi déterminée [Bertrand-Krajewski et *al.*, 2000].

Tronçon

Élément de base de décomposition d'un réseau d'assainissement. Un tronçon est supposé homogène en pente, rugosité, et forme de sa section [Chocat, 1997].

Unitaire (réseau)

Réseau d'assainissement chargé à la fois de l'évacuation des eaux usées et des eaux pluviales.

Valeur (d'une grandeur)

Expression quantitative d'une grandeur particulière, généralement sous la forme d'une unité de mesure multipliée par un nombre. Exemple, hauteur d'eau : 12 cm [Bertrand-Krajewski et *al.*, 2000].

Valeur vraie (d'une grandeur)

Valeur compatible avec la définition d'une grandeur particulière donnée. C'est une valeur que l'on obtiendrait par un mesurage parfait. Toute valeur vraie est par nature indéterminée [Bertrand-Krajewski et *al.*, 2000].

Vanne

Système permettant de réguler le débit des effluents dans un ouvrage hydraulique.

Zone sensible

Les zones sensibles comprennent les masses d'eau particulièrement sensibles aux pollutions, notamment celles dont il est établi qu'elles sont eutrophes ou pourraient devenir eutrophes à brève échéance si des mesures ne sont pas prises, et dans lesquelles les rejets de phosphore, d'azote ou de ces deux substances doivent, s'ils sont cause de ce déséquilibre, être réduites [C.Env, art. R 211-94].