

Université Paris-Est
Ecole doctorale Ville, Transports et Territoires



Thèse

présentée pour obtenir

le GRADE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITE PARIS-EST

Spécialité : GENIE URBAIN

Présentée par : Bich-Thuy Claire TRINH

Diversification des ressources du réseau d'eau non potable parisien : contribution à une gestion durable des ressources en eau.

Thèse soutenue publiquement le 28 septembre 2017 devant le jury composé de :

Mme Catherine CARRE	Université Paris 1 Panthéon Sorbonne	Rapporteur
M. Jean-Marie MOUCHEL	Université Pierre et Marie Curie	Rapporteur
Mme Sabine BARLES	Université Paris 1 Panthéon Sorbonne	Examineur
M. Pascal LE GAUFFRE	INSA Lyon	Examineur
M. Gilles HUBERT	Université Paris Est	Directeur de thèse
M. Martin SEIDL	ENPC	Encadrant de thèse
Mme Hortense BRET	Eau de Paris	Encadrant de thèse

Résumé

Dans le contexte du changement climatique, le bassin de la Seine sera amené à connaître des tensions sur ses ressources en eau à l'horizon 2050. Les questions de qualité demeurent également une préoccupation, malgré les progrès réalisés en matière de lutte contre les pollutions. A l'échelle d'une ville, réfléchir à une gestion *durable* des ressources en eau amène à une question : quelle qualité est *réellement* requise pour quels usages ? Poser la question de la gestion durable des ressources en eau amène également à réfléchir aux conditions de sa mise en œuvre.

Paris est un terrain propice pour mener ces réflexions, grâce à l'existence d'un réseau d'eau non potable (RENPN). Ce réseau est alimenté par 200 000 m³/j d'eaux du Canal de l'Ourcq (avec un appoint d'eau de Marne) et de la Seine sommairement filtrées. Il sert principalement aux usages municipaux : curage des égouts, nettoyage des voiries, alimentation des bois de Boulogne et de Vincennes, et arrosage des espaces verts.

Autour de ce réseau gravitent de nombreux acteurs. Le gestionnaire du réseau est l'entreprise publique Eau de Paris, en charge du service de l'eau sous le contrôle de la Ville de Paris. Cette dernière est aussi le principal usager du RENPN et le fournisseur d'une partie de l'eau brute. A cela s'ajoutent d'autres acteurs qui perçoivent des taxes et redevances, veillent au respect de la réglementation, utilisent des ressources d'eau en amont du RENPN, réalisent des études pour les décideurs, et militent pour la protection de l'environnement. L'ensemble de ces acteurs forme *système* du fait des liens d'interdépendance qui existent entre eux, sur les plans hydriques, économiques et institutionnels.

Ce *système socio-technique* peut être modifié par les évolutions possibles de l'alimentation du RENPN portées par la Ville de Paris. La diversification des ressources correspond à toute modification d'alimentation du RENPN, que ce soit l'importance relative des ressources actuelles, ou l'introduction de nouvelles ressources telles que les eaux de pluie, les eaux de piscine, les eaux d'exhaure et les eaux usées traitées. La thèse vise à comprendre à quelles conditions la diversification des ressources du RENPN peut contribuer à une gestion durable des ressources, tout en étant acceptée par l'ensemble des acteurs.

A cet effet, le premier objectif de la thèse vise à étudier l'impact environnemental de la diversification des ressources, sous l'angle de l'énergie. Une méthode de calcul basée sur un modèle hydraulique est établie afin de comparer différents choix d'alimentation, appelés *scenarii*. Le premier *scenario* « référence » représente le fonctionnement actuel du RENPN. D'autres *scenarii* jouent sur les proportions entre les eaux de rivières, et introduisent les eaux d'exhaure et les eaux usées traitées. Les résultats montrent que les écarts de consommations énergétiques entre le *scenario* « Référence » et les autres *scenarii* s'élèvent à 13 % au maximum, notamment pour le *scenario* « Seine » qui prélève deux fois plus dans le fleuve que le *scenario* « Référence ».

Le second objectif consiste à identifier à quelles conditions les acteurs accepteraient la diversification des ressources. Des entretiens semi-directifs ont été conduits auprès d'une vingtaine d'acteurs. Nos résultats montrent que les acteurs accordent une grande importance à la qualité des ressources, en particulier les eaux d'exhaure, au regard des conséquences qu'elle peut avoir sur les usages. Leurs prises de position sont essentiellement gouvernées par leur perception des incertitudes sur le fonctionnement actuel et futur du réseau. La plupart des acteurs adoptent alors une position de *statu quo* et expriment une demande d'études complémentaires de type analyse coûts-bénéfices.

Par son objet de recherche et son approche pluridisciplinaire, cette thèse contribue à une réflexion plus globale sur le statut de l'eau, dans un contexte de gestion durable de la ressource en eau.

Mots clefs : durabilité, eau non potable, doubles réseaux, Paris, ressources alternatives, énergie, sociologie des organisations

Abstract

In the context of climate change, water resources in the Seine River basin will likely face significant pressure by the year 2050, with water quality remaining a priority concern despite advances in pollution control. At the city scale, the reflection of *sustainable* water resource management leads us to speculate what level of quality is *actually* required, and to what end? Calling into question the *sustainability* of water resources management also leads us to reflect on the conditions for implementation.

In this regard, the city of Paris makes for an interesting framework for analysis, thanks to the existence of a non potable water network (RENPN). Currently, the RENPN is supplied by the Seine River as well as the Canal de l'Ourcq, which itself relies on the Marne River as a backup supply. Each day, 200 000 m³ of water is roughly screened, mainly for municipal uses such as street and sewer cleaning, supplying water to parks and irrigating green spaces.

Management of this network involves several actors. Eau de Paris is a public company that acts as the network operator, whereas in addition to being the main user, the City of Paris is a major supplier of raw water who is also responsible for the water service. Other notable actors are involved by collecting taxes and fees, enforcing regulation, drawing water upstream of the network, conducting studies for decision-makers, or lobbying for environmental protection. Together, they form an interdependent *system* linked by their hydric, economic and institutional ties.

This *socio-technic system* can be modified by potential evolutions of the RENPN water supply. Resource diversification refers to any changes in the water supply due to proportion changes in existing resources or the introduction of new resources such as rainwater, pool water, mine water or treated wastewater. The objective of this thesis is to analyze the conditions in which diversification of RENPN resources can support sustainable resource management in way that is acceptable by all the actors.

To this end, the primary objective is to assess the environmental impact caused by the diversification of resources from the perspective of energy. In order to compare different configurations of resource diversification within the RENPN, or *scenarios*, a calculation method was established using a hydraulic model. The first *scenario* was a "Reference", representing the current functioning of the RENPN, while other *scenarios* were used in comparison in order to study changes in the proportion of river water and the introduction of mine water and treated wastewater. Calculation results show a difference in energy consumption of up to 13% between the "Reference" *scenario* and the others, particularly for the "Seine" *scenario* which withdraws twice as much from the Seine River than the "Reference" *scenario*.

The secondary objective is to identify the specific conditions which favour the acceptance of different resource diversification scenarios by the actors involved. For this, 20 semi-structured interviews were conducted with relevant actors. Analysis of the interviews reveal that in view of potential negative consequences related to its use, the majority of actors are highly concerned with resource quality, particularly in the case of mine water. Their positions are mainly governed by the perception of uncertainty over the current and future operation of the network, which leads most actors to adopt a *statu quo* position and request complementary studies, such as cost-benefit analyses.

Through its research object and its multidisciplinary approach, this research contributes to a broader reflection on the status of water, in the context of a sustainable water resources management.

Key words : sustainability, non potable water, dual networks, Paris, alternative resource, energy, sociology of organizations

Sommaire

RESUME	2
ABSTRACT	3
REMERCIEMENTS	4
SOMMAIRE	6
LISTE DES FIGURES	10
LISTE DES TABLEAUX	14
LISTE DES ENCADRES	16
LISTE DES SIGLES	17
LISTE DES NOTATIONS	21
1 INTRODUCTION	23
2 LES DOUBLES RESEAUX POUR UNE GESTION DURABLE DES RESSOURCES EN EAU : CLEFS DE COMPREHENSION.	28
2.1 LA DURABILITE, UN CONCEPT A PRECISER	28
2.2 LA PARENTHESE URBAINE DE L'EAU	33
2.3 REPENSER LE LIEN ENTRE USAGES ET RESSOURCES	36
2.4 LE DOUBLE RESEAU : UN OBJET ANCIEN, MAIS DES QUESTIONS RECENTES	42
2.4.1 <i>Doubles réseaux d'hier et d'aujourd'hui</i>	42
2.4.2 <i>De multiples enjeux aujourd'hui soulevés</i>	50
2.4.2.1 Un intérêt économique fortement dépendant du contexte.....	51
2.4.2.2 Un impact environnemental complexe à évaluer.....	53
2.4.2.3 L'interconnexion entre réseaux, un risque à anticiper mais peu constaté	54
2.4.2.4 Une vision multidisciplinaire des doubles réseaux embryonnaire	55
2.5 LE RESEAU D'EAU NON POTABLE COMME SYSTEME SOCIO-TECHNIQUE	57
2.6 CONCLUSIONS	58
3 LE RESEAU D'EAU NON POTABLE, UN SYSTEME SOCIO-TECHNIQUE AUX CONTOURS IMPRECIS ET AUX EVOLUTIONS INCERTAINES	59
3.1 UN RESEAU QUI S'INSERE DANS LA VILLE ET DANS SON ENVIRONNEMENT	60
3.1.1 <i>Réseau d'eau non potable</i>	61
3.1.1.1 Historique	61
3.1.1.2 Fonctionnement général du RENP.....	64
3.1.1.3 Exploitation et suivi technique	69
3.1.1.4 Travaux majeurs prévus.....	70
3.1.2 <i>Usages en eau non potable de la ville</i>	72
3.1.2.1 Curage des égouts	74
3.1.2.2 Nettoyage des voiries.....	77
3.1.2.3 Bois de Boulogne et de Vincennes	84
3.1.2.4 Espaces verts et Bassins dans Paris intra-muros	88
3.1.2.5 Des usages minoritaires	90
3.1.2.6 Volumes non identifiés	91
3.1.2.7 Synthèse des consommations	93
3.1.2.8 Contraintes de qualité vis-à-vis des usages	95

3.1.3	<i>Ressources actuelles du réseau</i>	106
3.1.3.1	La Seine	106
3.1.3.2	La rivière et le canal de l'Ourcq	107
3.1.3.3	Estimation des débits des cours d'eau	112
3.1.3.4	Un enjeu réglementaire porté sur le maintien des débits réservés	113
3.1.4	<i>Interactions hydriques entre le réseau, la ville et le milieu naturel</i>	117
3.1.4.1	Prélèvement en eaux brutes	117
3.1.4.2	Le RENP et ses usages	118
3.1.4.3	Rejet dans les égouts, puis dans le milieu naturel	121
3.1.4.4	Schéma hydrologique	122
3.2	DES ACTEURS MULTIPLES AUTOUR DU RESEAU	124
3.2.1	<i>Concepts théoriques mobilisés</i>	124
3.2.2	<i>Acteurs du service de l'eau non potable</i>	126
3.2.3	<i>Autres acteurs associés au schéma hydrologique du réseau d'eau non potable</i>	131
3.2.4	<i>Typologie des acteurs intervenant dans le processus de décision et cartographie de leurs relations</i>	135
3.2.5	<i>Flux financiers, un enjeu important dans les relations entre acteurs</i>	140
3.2.5.1	Redevances et taxes pour le prélèvement dans la ressource et le rejet en assainissement	140
3.2.5.2	Vente de l'eau brute du canal de l'Ourcq	142
3.2.5.3	Tarifification ENP	142
3.2.5.4	Cartographie des flux économiques liés à l'ENP	145
3.3	VERS UNE DIVERSIFICATION DES RESSOURCES ?	148
3.3.1	<i>Eaux de piscine</i>	148
3.3.1.1	Cadre réglementaire	150
3.3.1.2	Volumes disponibles à Paris	151
3.3.1.3	Qualité	153
3.3.1.4	Cas de réutilisation et retours d'expérience	155
3.3.2	<i>Eaux de pluie</i>	156
3.3.2.1	Cadre réglementaire	156
3.3.2.2	Volumes	157
3.3.2.3	Qualité	159
3.3.2.4	Cas de réutilisation et retours d'expérience	160
3.3.3	<i>Eaux d'exhaure</i>	162
3.3.3.1	Cadre réglementaire	162
3.3.3.2	Volumes disponibles	163
3.3.3.3	Qualité	166
3.3.3.4	Cas de réutilisation	171
3.3.4	<i>Eaux usées traitées</i>	174
3.3.4.1	Cadre réglementaire	174
3.3.4.2	Volumes	175
3.3.4.3	Qualité	177
3.3.4.4	Cas de réutilisation	178
3.3.5	<i>Des eaux de piscine aux eaux usées traitées : synthèse</i>	179
3.4	CONCLUSIONS	180

4	IMPACT ENERGETIQUE DE LA DIVERSIFICATION DES RESSOURCES DU RENP.....	182
4.1	L'ENERGIE PARMi D'AUTRES INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX	182
4.2	DEMARCHE DE CONSTRUCTION ET D'EVALUATION DES SCENARII	184
4.3	SCENARIO « REFERENCE » : DESCRIPTION D'UN FONCTIONNEMENT NORMAL ...	191
4.3.1	<i>Etude de l'année 2013</i>	191
4.3.1.1	Volumes pompés vers les sous-réseaux du RENP	191
4.3.1.2	Volumes pompés à Trilbardou	193
4.3.1.3	Modèle hydraulique et consommations énergétiques	194
4.3.2	<i>Le scenario « Référence » en somme</i>	199
4.3.2.1	Choix des volumes	199
4.3.2.2	Modèle hydraulique et consommations énergétiques	200
4.3.2.3	Incertitudes	203
4.4	SCENARIO « EXHAURE »	206
4.4.1	<i>Estimations du débit instantané Q_i</i>	207
4.4.2	<i>Détermination du point d'injection</i>	209
4.4.3	<i>Consommations énergétiques</i>	211
4.4.3.1	Rejet en égout	212
4.4.3.2	Injection dans le RENP	216
4.4.3.3	Impact sur le RENP	221
4.5	SCENARIO « OURCQ »	223
4.5.1	<i>Choix du modèle hydraulique</i>	223
4.5.2	<i>Consommations énergétiques</i>	225
4.6	SCENARIO « SEINE »	227
4.6.1	<i>Choix du modèle hydraulique</i>	227
4.6.2	<i>Consommations énergétiques</i>	228
4.7	SCENARIO « EAUX USEES TRAITEES »	230
4.7.1	<i>Choix d'injection possibles</i>	230
4.7.2	<i>Choix du modèle hydraulique</i>	244
4.7.3	<i>Consommations énergétiques</i>	245
4.8	COMPARAISON DES SCENARII	247
4.9	CONCLUSIONS	250
5	DES ACTEURS PARTAGES FACE A LA DIVERSIFICATION DES RESSOURCES	252
5.1	DEUX EXEMPLES REVELATEURS D'UN JEU D'ACTEUR COMPLEXE	252
5.1.1	<i>La remise en question de l'apport de l'Ourcq pour le Canal</i>	253
5.1.2	<i>Les eaux d'exhaure de deux parkings parisiens jugées impropres au(x) réseau(x) et à l'arrosage</i>	256
5.1.2.1	L'injection dans le RENP perçue comme une opportunité	257
5.1.2.2	Des interrogations fortes sur la qualité des eaux d'exhaure	260
5.1.2.3	Des gains économiques discutables et des changements organisationnels à anticiper	266

5.2	POSITIONS DES ACTEURS PAR RAPPORT A LA DIVERSIFICATION DES RESSOURCES DU RENP	268
5.2.1	<i>Perception de la gestion actuelle du RENP</i>	276
5.2.1.1	Un RENP essentiel pour les usagers, dont l'état est discuté.....	276
5.2.1.2	Des divergences sur l'adéquation de l'ENP aux usages en termes de débit et de pression 280	
5.2.1.3	La qualité de l'ENP plus questionnée pour les usages futurs que les usages actuels	283
5.2.1.4	Un consensus sur la nécessité de préserver la ressource en eau	286
5.2.1.5	Un besoin d'information exprimé par les acteurs vis-à-vis d'Eau de Paris	288
5.2.1.6	L'importance du lien entre l'acteur et le RENP dans sa perception des potentialités du réseau 290	
5.2.2	<i>Perception de la diversification des ressources du RENP</i>	293
5.2.2.1	Des acteurs majoritairement favorables ou en demande d'études complémentaires	293
5.2.2.2	Des interrogations ciblées sur la qualité.....	296
5.2.2.3	Les facteurs les plus importants : l'impact environnemental, la réglementation et les contraintes d'usages	303
5.2.3	<i>Des freins et des leviers à la diversification des ressources du RENP à l'échelle du système d'acteurs</i>	306
5.2.3.1	L'information, le nerf de la guerre.....	306
5.2.3.2	Une perception aiguë des incertitudes	309
5.2.3.3	Une croyance absolue en l'expertise.....	312
5.2.3.4	Des positions à nuancer par rapport au parcours des personnes et à leurs engagements personnels 314	
5.2.4	<i>Un retour sur nos hypothèses formulées</i>	316
5.3	CONCLUSIONS	319
6	CONCLUSIONS	320
6.1	UN NOUVEAU REGARD SUR NOS HYPOTHESES	322
6.2	DE NOUVELLES PISTES A EXPLORER	326
	BIBLIOGRAPHIE	328
	ANNEXES	341
	ANNEXE 1 : DOUBLES RESEAUX ETUDIES SOUS LE PRISME DE LA DURABILITE.....	341
	ANNEXE 2 : SITES D'EAUX D'EXHAURE CARTOGRAPHIES.....	342
	ANNEXE 3 : CONCENTRATIONS EN SULFATES DES EAUX D'EXHAURE A PARIS	345
	ANNEXE 4 : PRINCIPES DE BASE SUR LE FONCTIONNEMENT D'UNE POMPE	346
	ANNEXE 5 : CONSOMMATIONS ENERGETIQUES POUR L'ANNEE 2013	347
	ANNEXE 6 : MODELISATION DE L'INJECTION DES EAUX D'EXHAURE DU PARKING MEYERBEER DANS LE RENP	348
	ANNEXE 7 : EXEMPLE DE GUIDE D'ENTRETIEN	351