

Fascicule n° 4 - Réseaux d'eau

L'eau en tuyaux

PIREN-Seine - Prospective Urbaine

Travail réalisé dans le cadre du M2 Urbanisme et Aménagement
de l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne

Etudiants

Eleonora BONINO

Jihoon LEE

Hélène MILET

Jérôme THIBAUT

Encadré par

Sabine BARLES

2016-2017



Photo : vos-photos.eu

Photo de Jean-Louis Barro

Fascicule n° 4 - Réseaux d'eau

L'eau en tuyaux

PIREN-Seine - Prospective Urbaine

#4

SOMMAIRE

I. L'approvisionnement en eau francilien, un héritage de longue date	1
A- Un développement distinct entre Paris et les territoires voisins	1
Avant le Second Empire : un réseau d'eau public	1
Le Second Empire et les grands travaux parisiens : apporter l'eau dans les logements	2
La croissance urbaine du XXe : faire face à la demande et contrôler le fleuve	3
Aujourd'hui : une situation héritée de ces développements	4
B- Une gestion différenciée entre Paris et sa périphérie	5
Paris, un service public des eaux instauré de longue date	5
Banlieue : vers une gestion unifiée	5
Deux modèles de gestion	6
C- Les enjeux actuels : baisse de la consommation et pression sur la ressource	7
Le maintien de l'équilibre financier	7
La fragilisation de la ressource	8
La mise en place d'une gestion concertée	8
II. L'assainissement	9
A- De l'approche hygiéniste à la protection de la ressource	9
Un réseau d'égout moderne orienté vers l'agriculture	9
Le principe du tout vers l'aval	11
L'éclatement des moyens d'épuration dans le cadre de la métropolisation	12
La montée des enjeux de protection de la ressource face à l'urbanisation	14
B - Les enjeux de l'assainissement aujourd'hui	17
Les rejets par temps de pluie	17
L'« effet ciseau » : augmentation de la population et baisse du débit	18
La nécessaire coordination des acteurs	19
III. Vers un changement de paradigme ?	19
A - La limite du modèle du « tout réseau »	19
B - Vers une gestion intégrée et globale du cycle urbain de l'eau	19



Introduction

La distribution de l'eau potable et l'assainissement sont deux services urbains essentiels au fonctionnement d'une ville. Ils se modernisent avec l'urbanisation et les nouveaux besoins qu'elle engendre. Après une première phase de développement au cours du premier XIXe siècle, ces deux réseaux connaissent leur essor sous la période hygiéniste pendant les travaux d'embellissement de la capitale entrepris par Haussmann au XIXe siècle. Le déséquilibre qui existe entre Paris et les territoires périphériques sera comblé tout au long du XXe siècle avec l'urbanisation, puis l'équipement de la région parisienne. La question de l'assainissement peut être appréhendée à l'échelle de l'agglomération grâce à la création d'un acteur unique pour Paris et la plupart des communes voisines. En revanche, la gestion de l'eau potable est divisée entre la capitale et les territoires voisins en partie regroupés.

Les deux réseaux se développent d'abord selon un modèle centralisé et industriel où la technique est au service de la croissance urbaine. Pendant la deuxième moitié du XXe siècle, l'augmentation de la pollution provoquée par les activités humaines introduit des enjeux liés à la protection de la ressource. Si les premières solutions envisagées ne remettent pas en cause le système existant, la prise de conscience du changement climatique ainsi que la densification de la région parisienne mettent en lumière les limites des réseaux classiques. Aujourd'hui les objectifs de développement durable impliquent de repenser la gestion du cycle urbain de l'eau en passant d'une approche sectorielle à une prise en compte globale et intégrée de la ressource sous toutes ses formes.

I. L'approvisionnement en eau francilien, un héritage de longue date

A- Un développement distinct entre Paris et les territoires voisins

L'organisation des réseaux telle qu'elle existe actuellement dans l'agglomération parisienne résulte d'un développement historique de longue durée. Ce développement ne s'est pas fait de façon homogène à l'échelle francilienne mais présente une forme de dissociation entre le Paris historique, *intra muros*, et la banlieue. En effet, dès la moitié du XIXe siècle Paris dispose d'un réseau d'eau potable dense et entretient un rapport à la fois local et lointain avec

Afin de faciliter la lecture, un glossaire et une typologie des eaux non potables sont situés à la fin du fascicule.

la ressource. La constitution d'un réseau d'eau potable en banlieue est plus tardive et nécessite la coordination entre plusieurs territoires.

Avant le Second Empire : un réseau d'eau public

Au début du XIXe siècle, les nouveaux besoins dus à l'accroissement de la population et à la montée en puissance de l'hygiénisme remettent en cause le système de prélèvement de l'eau dans la Seine et par l'intermédiaire des puits particuliers (figure 1, 2).



Figure 1 : Albert Maignan (1845-1908). « Fontaine au coin des rues d'Erfurt et Childebert, à Paris, détruite en 1867 ». Gravure. Roger-Viollet (Source: Eau de Paris, 2012, [6])



Figure 2 : Le dernier Puits de la Butte avec le porteur d'eau venant s'approvisionner, Vieux-Paris Montmartre, XVIIIe, carte écrite non datée (Source : cparama)

Jusqu'au XIXe siècle, les fontaines publiques et les puits représentent souvent le seul accès de la population à l'eau. Les eaux ont trois origines principales, elles proviennent de la nappe phréatique située à faible profondeur, de quelques eaux de sources, et de l'eau de la Seine transportée par des porteurs d'eau (Barles et al., 2016). Malgré la construction d'ouvrages pour augmenter le débit et le volume d'eau disponible (aqueducs, système de pompes à eau ou à vapeur), l'accès à l'eau est insuffisant pour satisfaire une population de plus en plus nombreuse (Eau de Paris, 2012).

Deux grands chantiers sont lancés au début du XIXe siècle par Napoléon Ier. Il s'agit de la construction du canal de l'Ourcq (achevé en 1822), permettant un nouvel apport d'eau potable en dérivant les eaux de l'Ourcq, ainsi que le forage de puits artésiens (figure 3,4). Ce nouvel apport en eau permet de multiplier le nombre de fontaines qui servent également à embellir la ville. Le canal de l'Ourcq doit permettre d'assurer un accès gratuit à l'eau au plus grand nombre, il constitue le premier service public de l'eau.

Le Second Empire et les grands travaux parisiens : apporter l'eau dans les logements

Sous le Second Empire (1851-1870), la croissance urbaine de Paris s'intensifie avec

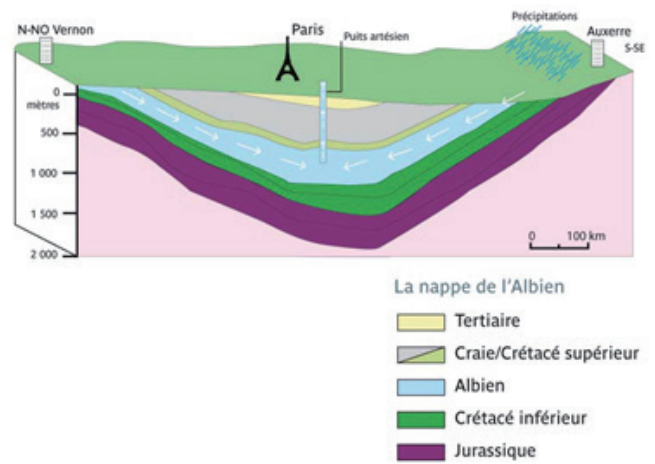


Figure 3 : Prélèvement des puits artésiens dans la nappe d'Albien (Source: Eau de Paris, 2012, [18])



Figure 4 : Puits artésien de Grenelle, Paris (7e arr.). Carte postale vers 1900. Roger-Viollet (Source: Eau de Paris, 2012, [18])

Les puits artésiens récupèrent l'eau dans la nappe souterraine d'Albien située sous Paris à une profondeur maximale de 900 mètres. Aujourd'hui cette eau a besoin d'être pompée à cause de la baisse du niveau de la nappe (Eau de Paris, 2012).

l'annexion des communes suburbaines (voir fascicule n° 3 « De Paris à son agglomération petite histoire de l'urbanisation XIXe-XXe siècle »). L'augmentation de la population de la capitale s'accompagne d'une demande croissante de la part des classes moyennes de bénéficier d'un accès privé à l'eau pour laver les logements et pour l'hygiène corporelle (Barles, 2012).

Le baron Haussmann, nommé préfet de la Seine par Napoléon III, est en charge de la modernisation de Paris. Il nomme l'ingénieur des ponts et chaussées Eugène Belgrand comme directeur du service des eaux et des égouts, et lui confie la création de réseau d'adduction d'eau potable et d'un réseau moderne d'égouts (Guilbaud et al., 2015). Les deux hommes lancent un programme pour diviser le service

de l'eau en deux réseaux de canalisations indépendants, l'un pour le service public et l'autre pour l'alimentation des maisons. Ils estiment que les eaux chargées en matières organiques dissoutes en provenance de l'Ourcq et de la Seine sont trop insalubres pour assurer l'alimentation du réseau d'eau potable. L'eau du canal de l'Ourcq devient alors le principal apport pour alimenter le réseau d'eau non potable à destination d'usages publics (arrosage, nettoyage des rues, alimentation des bouches incendies, etc), le reste est prélevé dans la Seine et la Marne. L'eau non potable est pompée grâce à trois usines (la Villette, Auteuil et Austerlitz) et stockée dans des réservoirs situés dans Paris. Le réseau d'eau potable, à usage privé, est quant à lui alimenté par des eaux de sources de meilleure qualité captées à grandes distances grâce à la construction d'aqueducs et de réservoirs (figures 5,6,7). Ces infrastructures témoignent du rapport lointain à la ressource et constituent aujourd'hui un héritage architectural important.



Figure 5: Aqueduc de la Vanne, ouvert en 1874 (Source : Eau de Paris)



Figure 6 : Le réservoir Montsouris (Paris 14e arr.) (Source : Structurae)



Figure 7 : Le réservoir Montsouris, compartiment intérieur (Source : Paris Zigzag)

Le réservoir Montsouris est ouvert en 1874. Il est alimenté par l'aqueduc de la Vanne et du Loing. Quatre aqueducs sont construits entre 1865 et 1900, celui de la Dhuis, de la Vanne, de l'Avre et du Loing. Ils acheminent une eau de source de bonne qualité jusqu'à Paris où elle est stockée dans des réservoirs. D'autres sources seront captées à la fin du XIXe et au début du XXe siècle.

La croissance urbaine du XXe : faire face à la demande et contrôler le fleuve

La question de l'eau potable se pose selon deux aspects majeurs pendant le XXe siècle. La forte croissance urbaine nécessite de répondre à des besoins en eau de plus en plus importants et d'assurer une eau de bonne qualité pour tous tout au long de l'année (Husson, 1996). L'eau potable de Paris est également alimentée par des eaux de rivières filtrées après la construction d'usines de traitement dès la fin du XIXe siècle. En banlieue 20 % des logements n'ont pas encore l'eau courante en 1950¹. La construction d'usines de traitement à Paris et en banlieue est suivie par l'augmentation de leurs capacités et par la modernisation des techniques de filtrage pour faire face aux nouvelles pollutions, ainsi que par le développement du réseau de distribution.

1) 149 communes pour les 90 ans du SEDIF, disponible sur : <http://www.sedif.com/sedifmobile/page0003005c.aspx?card=15487>

A cette époque, on prend également conscience de l'impact du fleuve sur la ville ainsi que sur la qualité et la quantité de l'eau consommée. La crue de 1910 provoque des dégâts matériels et humains et est suivie par une année de sécheresse qui révèle les limites du système parisien : la Seine est pratiquement asséchée et les eaux sont polluées (Barles, Guillaume, 2014 ; Barles, 2012). Parallèlement la qualité de l'eau continue de se détériorer face à l'augmentation de la consommation qui se traduit par d'importants rejets d'eaux usées, à la fois urbains et industriels, que la rivière n'arrive pas à diluer (Barles, 2012 ; voir fascicule n° 5 « L'eau plus qu'une ressource : support d'activités, milieu aquatique, espace public »).

Face au débit particulièrement faible de la Seine, la gestion de la ressource des eaux de rivière est assurée par des lacs-réservoirs qui sont construits tout au long du siècle. Les lacs-réservoirs assurent une double fonction, celle d'éviter les crues en hiver et au printemps, et de soutenir l'étiage des fleuves en été pour la navigation ainsi que pour le prélèvement de l'eau potable, la consommation étant plus forte par grosse chaleur, le matin et le soir. Ces ouvrages, conçus pour servir et protéger la zone dense, nécessitent des grandes surfaces et sont situés à l'amont de Paris dans des zones à plus faible densité. Ils impliquent des expropriations et sont sources de tensions entre le département de la Seine et les départements où ils s'implantent (Barles, 2012). Les quatre premiers lacs réservoirs sont construits entre 1931 et 1950 sous l'impulsion de l'Etat et du département de la Seine. Leur capacité de stockage étant insuffisante (140 millions de m³), ils ne permettent pas de protéger les territoires alentours des inondations et seront suivis par la construction de trois autres réservoirs entre 1966 et 1989 (Barles, Guillaume, 2014).

Aujourd'hui, l'Etablissement Public Territorial de

Bassin (EPTB) gère quatre lacs-réservoirs en Île-de-France (voir fascicule n° 2 « Gérer l'eau : précis sur la gouvernance de la ressource »).

Aujourd'hui : une situation héritée de ces développements

Paris dispose aujourd'hui d'un patrimoine hydraulique important qui permet d'alimenter un réseau d'eau potable par une ressource de surface prélevée à proximité de la ville et par une ressource souterraine parfois captée à plus d'une centaine de kilomètres de la capitale.

La Carte 8 (page 5), produite par l'APUR en 2013 (Guilbaud, Joubert, 2013) récapitule les différents modes d'approvisionnement en eau de la capitale : l'emprise territoriale de l'agglomération parisienne en matière d'eau dépasse largement les limites franciliennes.



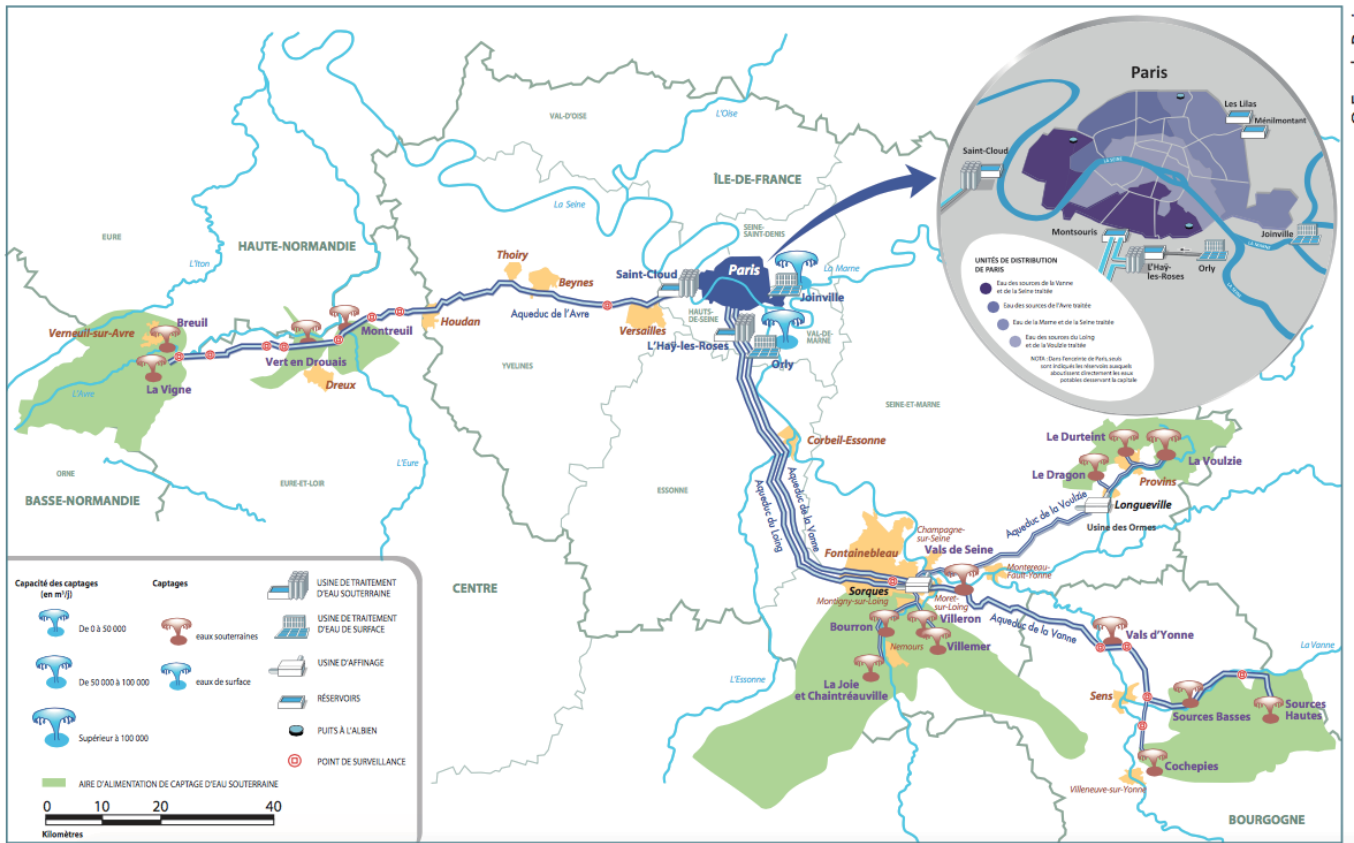


Figure 8 : Schéma d'alimentation d'eau potable de Paris. (Source : Guilbaud, Joubert, 2013, [16])

Initialement les eaux de source étaient distribuées sans traitement mais l'accumulation des polluants dans les milieux ruraux a rendu nécessaire de les traiter afin de les rendre propres à la consommation. Ce traitement se fait dans des usines situées sur le tracé des aqueducs.

B- Une gestion différenciée entre Paris et sa périphérie

Paris, un service public des eaux instauré de longue date

Pour le cas de Paris, la ville doit à Napoléon Bonaparte le principe d'une autorité forte du service public des eaux de la capitale. Le service reste public jusqu'en 1984, sauf pendant une courte période, entre 1859 et 1867, dans le cadre de l'agrandissement de Paris par l'incorporation des communes situées à l'extérieur des fortifications. Paris passe alors un contrat de régie intéressée avec la Compagnie Générale des eaux (CGE), fondée en 1853 (Jacquot, 2002).

Banlieue : vers une gestion unifiée

Les communes périphériques de Paris

s'urbanisent également au cours du XIXe siècle et sont confrontées à l'augmentation des besoins en eau. La Compagnie Générale des Eaux distribue l'eau dans la majeure partie du département de la Seine, hormis Paris. La délégation du service de l'eau à une compagnie privée permet de réaliser une gestion unique des moyens pour un ensemble de communes voisines plutôt que d'avoir des installations industrielles locales non coordonnées et isolées (Jacquot, 2002). Les communes, qui ne disposent pas des mêmes moyens techniques que Paris, peuvent ainsi répondre plus efficacement à l'augmentation des besoins en eau de leurs habitants. En 1893, la CGE s'engage auprès du département de la Seine à traiter l'eau fournie depuis les rivières. Elle construit trois usines à Méry-sur-Oise, Neuilly-sur Marne (fin XIXe) et Choisy-le-Roi (fin XIXe), pour produire l'eau potable et alimenter un second réseau d'eau non

potable sur le modèle de l'organisation parisienne² (Duhau, 2009). Contrairement à Paris, l'eau potable est principalement prélevée dans les rivières (la Seine et la Marne). En dehors de la CGE, deux autres compagnies privées se succèdent en périphérie, d'abord la compagnie des Eaux de la Seine puis la société Lyonnaise des Eaux et de l'éclairage (future Lyonnaise des Eaux).

En 1923, le Syndicat des Communes de la Banlieue de Paris est créé. Il est composé de 139 communes et devient l'interlocuteur unique de la CGE, un seul traité de concession se substitue aux multiples traités antérieurs. En 1962, le syndicat devient le propriétaire des outils

2) Le réseau d'eau non potable sera par la suite déposé avec l'extension du réseau d'eau potable. (Entretien avec Frédéric Bertrand et Mélanie Guilbaud, APUR, 14/02/2017)

de production et la CGE obtient un nouveau contrat de régie intéressée en se voyant confier la responsabilité technique des installations et la gestion commerciale de la distribution pendant trente ans (Blachère, 2012).

Deux modèles de gestion

Le Syndicat des Eaux d'Île-de-France (Sedif), ancien Syndicat des Communes de la Banlieue de Paris, et Eau de Paris assurent plus de la moitié des besoins en eau potable de la région Île-de-France (figure 9).

En 2008 le Conseil de Paris décide de remunicipaliser le service de l'eau dont la distribution était confiée à deux entreprises privées depuis 1984. Il crée à cet effet un Etablissement public à caractère commercial et industriel (EPIC), Eau de Paris. Depuis 2010, Eau de Paris gère la production, le transport et la distribution de l'eau potable dans la capitale.

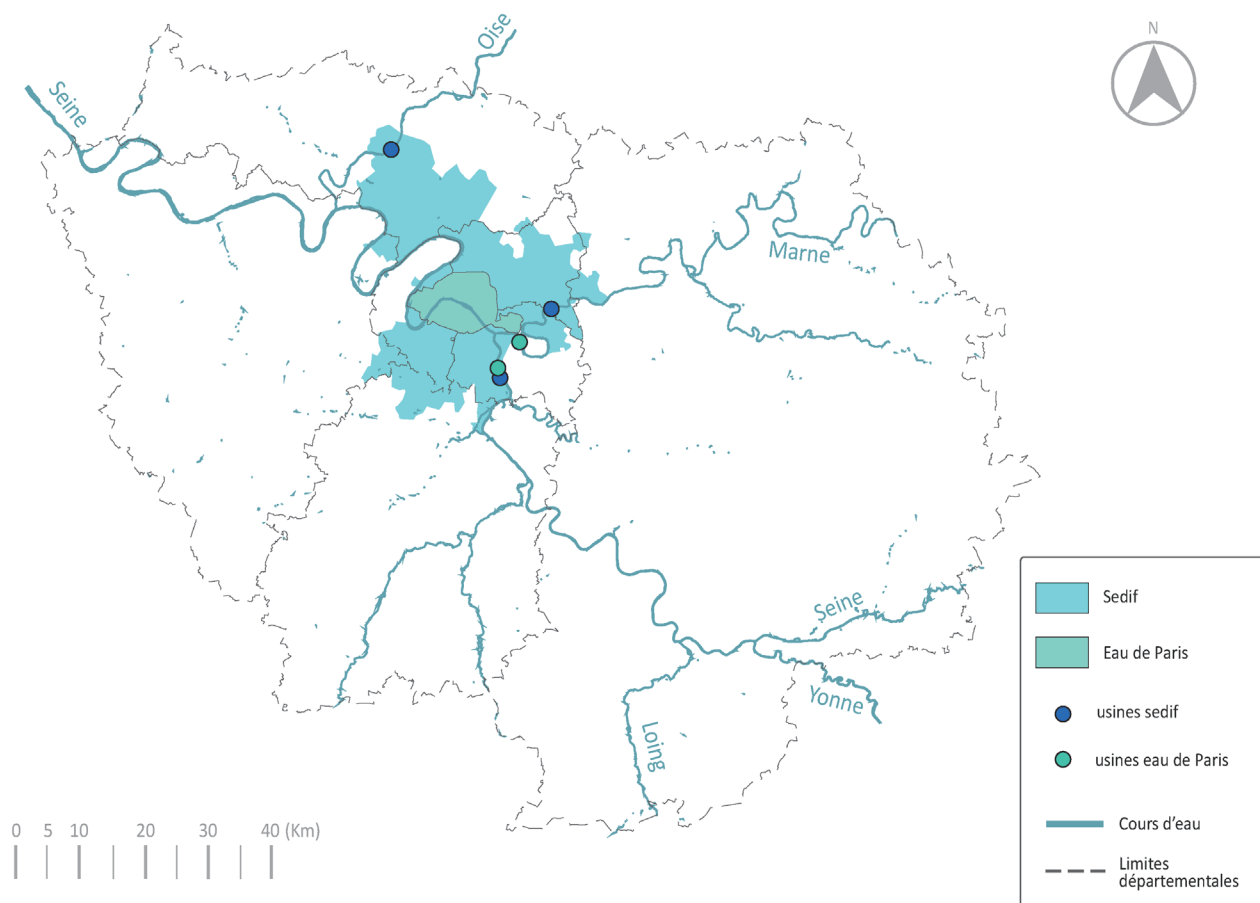


Figure 9 : Le périmètre d'Eau de Paris et du Sedif et leurs usines de traitement des eaux de surface (Source : Réalisation personnelle). Eau de Paris et le Sedif assurent la distribution de l'eau potable pour respectivement 3 millions et 4,5 millions de consommateurs.

Aujourd'hui Paris est alimentée par 50 % d'eaux de rivières prélevées en Seine et Marne et par 50 % d'eaux souterraines prélevées dans des territoires en dehors de l'échelle francilienne. Notons qu' Eau de Paris est également en charge du réseau d'eau non potable.

Le Sedif est aujourd'hui composé 149 communes et assure l'alimentation quotidienne de 4,5 millions d'usagers. Depuis 2010, il confie la gestion du service public de l'eau à Veolia (société héritière de la CGE) via une convention de délégation de service public. Aujourd'hui 95% des eaux sont prélevées dans les rivières.

A la fois Eau de Paris et le Sedif disposent d'eaux de secours puisées à plus de 100 mètres de profondeurs grâce à des puits, notamment dans la nappe de l'Albien.

C- Les enjeux actuels : baisse de la consommation et pression sur la ressource

Aujourd'hui la gestion de l'eau potable est confrontée à deux défis principaux, le maintien de l'équilibre financier face à la baisse de la consommation et la prise en compte de la pression à la fois quantitative et qualitative sur la ressource. Ces problématiques se posent dans un contexte de changement climatique et d'urbanisation (voir les fascicules n° 3 « De Paris à son agglomération petite histoire de l'urbanisation XIXe-XXe siècle » et n° 6 « Changement climatique : faire face aux événements climatiques extrêmes »). Les différents enjeux évoqués sont identifiés par la DRIEE dans la « Note sur les enjeux dans le domaine de l'eau » publiée en 2012 dans le cadre d'une étude sur la soutenabilité du Grand Paris.

Le maintien de l'équilibre financier

La baisse de la consommation est une tendance généralisée qui s'observe dans l'ensemble des grandes villes occidentales à partir des années 1990 (figure 10). Cette baisse s'explique par l'évolution de l'économie (désindustrialisation et tertiairisation), le développement des techniques pour réduire les consommations dans certains process et les économies d'eau réalisées dans les services publics et l'habitat collectif.

Berlin et Paris connaissent la même évolution passée et à venir

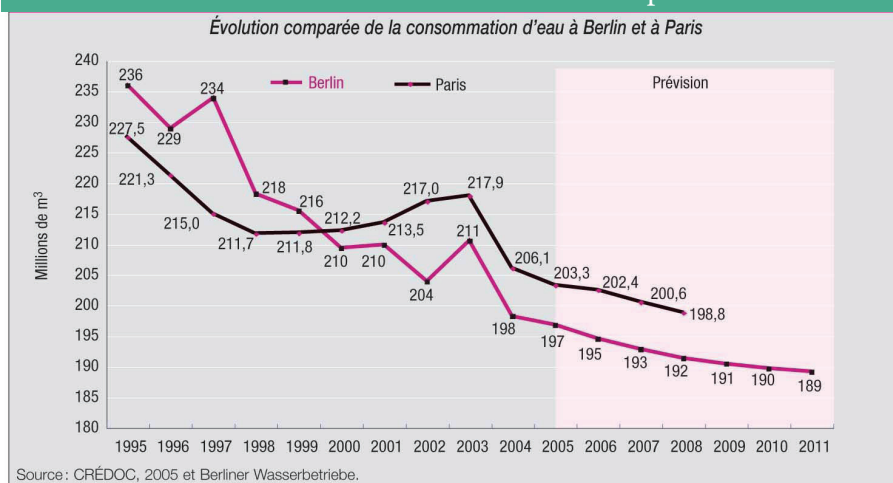


Figure 10 : Evolution comparée de la consommation d'eau à Berlin et à Paris. (Source : Maresca, Poquet, 2006, [1])

A Paris, les conséquences de la baisse de la consommation se font ressentir de manière concrète avec la fermeture de l'usine d'Ivry (2010), l'une des trois usines de traitement des eaux fluviales alimentant Paris. L'aqueduc de la Dhuis a été déconnecté du réseau parisien pour approvisionner Marne-la-Vallée (Disneyland en particulier). La baisse de la consommation se répercute sur les équilibres financiers des services de l'eau. La facture de l'eau étant proportionnelle aux volumes consommés, les collectivités constatent une baisse de leurs recettes alors que les coûts liés à l'entretien restent constants. A terme, si ce déséquilibre devient trop important, le prix de l'eau pourrait être modifié. Toutefois, il convient de rester prudent en ce qui concerne la prévision des évolutions de la demande et

les stratégies d'alimentation en l'eau potable qui pourraient être élaborées en conséquence. En effet, la consommation n'aurait pas baissé autant que prévu dans le bassin de la Seine ces deux dernières années, provoquant un surplus des recettes³. Par ailleurs, l'augmentation projetée de la population et des activités liées au Grand Paris introduit un facteur d'accroissement des besoins qui pourrait modifier cette tendance actuelle à la baisse⁴.

3) Entretien avec Sarah Feuillette, Chef de l'unité prospective, Agence de l'eau Seine Normandie, 16/02/2017

4) Note sur les enjeux dans le domaine de l'eau, DRIEE, 2012

La fragilisation de la ressource

La Seine ayant un débit particulièrement faible, la ressource superficielle dépend du soutien d'étiage apporté par les Grands Lacs de Seine qui influence ainsi directement les conditions de fonctionnement des installations de production d'eau potable et de dépollution. Ces ouvrages servent également au transport fluvial, aux activités de loisirs, etc. Le changement climatique risque de bouleverser l'équilibre fragile existant entre la ressource et l'utilisation qui en est faite. En effet, « l'augmentation des températures et l'allongement des périodes caniculaires pourraient augmenter la demande en eau -potable et non potable- pour des usages domestiques ou urbains et agricoles » dans un contexte de diminution des débits estivaux des cours d'eau (DRIEE, 2012).

Les eaux souterraines quant à elle sont confrontées à des problèmes de concentration de pesticides et nitrates liées à l'activité agricole. Face aux enjeux de pollutions, les infrastructures d'eau potable continuent de se moderniser par la mise en place de traitements onéreux. Dans ce contexte, la baisse des recettes pourrait limiter les capacités d'investissement. Face aux

limites technologiques de ces traitements, la DRIEE renforce son action sur la protection de la ressource, notamment sur certains captages particulièrement exposés.

La mise en place d'une gestion concertée

Bien que la baisse de la ressource soit un problème global, elle pourrait se répercuter différemment entre Paris et la banlieue. En effet, contrairement au Sedif qui repose principalement sur des eaux de rivières, Paris dispose de plusieurs ressources lui permettant d'équilibrer sa production en cas d'arrêtés de sécheresse sur certains territoires en stress hydrique. Si d'un côté cet équilibrage permet à Eau de Paris d'assurer la production de l'eau potable, il risque d'un autre côté d'accentuer la pression sur les eaux de rivières dans le cas où la ressource en eau souterraine serait moins sollicitée (Guilbaud, Joubert, 2015).

Afin de faire face à la baisse de la ressource, la DRIEE met l'accent sur l'importance de la gouvernance pour une connaissance partagée de la ressource en eau et des milieux aquatiques, la mise en place de secours mutuels dans des situations de stress hydrique et pour la définition communes des choix à réaliser à l'échelle de l'agglomération parisienne.

La mise en place d'une gouvernance coordonnée devra tenir compte du transfert de compétence du service de l'eau des communes vers les intercommunalité suite à l'application de la loi Notre⁵.

5) Loi n°2015-991 du 7 août 2015 portant sur la nouvelle organisation territoriale de la République.



II. L'assainissement

Les enjeux liés à l'assainissement ont évolué depuis la modernisation du système de collecte et d'évacuation des eaux usées entamée il y a plus de 150 ans. Le réseau se développe alors suivant les principes hygiénistes qui visent à évacuer puis traiter et rejeter l'eau sale hors de la ville. La prise de conscience de la pression que fait peser l'urbanisation sur le milieu introduit de nouveaux enjeux liés à la protection de la ressource.

A- De l'approche hygiéniste à la protection de la ressource

Un réseau d'égout moderne orienté vers l'agriculture

Au cours du XIX^{ème} siècle Paris connaît une explosion démographique en lien avec le développement de l'activité industrielle. L'augmentation de la consommation en eau et les nombreuses épidémies d'origines hydriques

à partir des années 1850 obligent la ville à repenser son assainissement. En effet à cette époque les immeubles sont équipés de fosses d'aisance qui ne sont pas étanches et polluent les sols (figure 11).

Les questions hygiénistes sont au cœur des objectifs de la transformation de Paris entamée par le Baron Haussmann (voir fascicule n° 3 « De Paris à son agglomération : petite histoire de l'urbanisation XIX^e-XX^e siècle »). L'ingénieur Belgrand est en charge de moderniser le réseau d'égout existant qui ne récoltait que les eaux des rues. Le système d'assainissement est composé d'un réseau gravitaire qui se développe en deux temps principaux. Les matières solides sont initialement exclues du réseau qui récolte uniquement les eaux ménagères et les eaux de ruissellement. Ces eaux sont rejetées sans aucun traitement dans la Seine, à l'aval de Paris à hauteur de Clichy. Les matières fécales et urines sont transportées dans des dépotoirs et des voiries⁶ qui permettent de séparer les matières liquides de celles solides.

6) Il s'agit de décharges à ciel ouvert

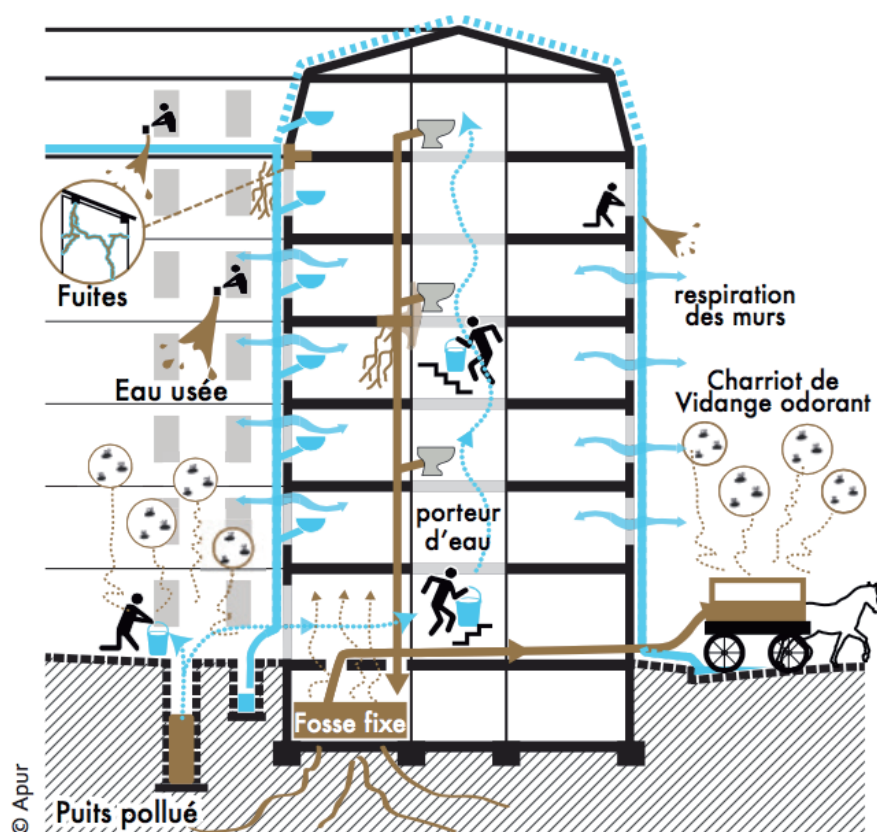


Figure 11 : L'eau et le bâti, désordre, début XIX^e (Source : Guilbault, Joubert, 2015, [31])

Au début du XIX^e siècle, l'évacuation des eaux ménagères et de pluie est mal contrôlée. Les eaux usées sont en partie rejetées dans les cours d'immeubles et dans les rues. Les déjections humaines sont récupérées, desséchées, réduites en poudre et revendues comme fumier auprès des fermiers (Barles, Guillaume, 2014).

Les urines sont rejetées dans la Seine tandis que les matières fécales sont transformées en engrais. En 1870 Paris est dotée de 400 km de galeries souterraines abritant les canalisations auxquelles se raccordent les emprises riveraines pour évacuer les eaux ménagères (Guilbaud, Provost, Joubert, 2015).

En 1894 le principe du tout à l'égout⁷ est imposé, on dénonce notamment l'insalubrité des dépôts et des usines d'engrais qui ceignent Paris. Le réseau devient unitaire en récoltant l'ensemble des eaux usées et celles de ruissellement. Le réseau d'égout moderne accueille également les canalisations d'eau potable et non potable afin de faciliter la visite et la surveillance ainsi que pour permettre les réparations de fuites et les raccordements sans avoir à ouvrir des tranchées (figure 12).



Figure 12 : Coupe des égouts de la rue Saint-Antoine. A gauche : l'ancien égout, au centre : le métro, à droite : l'égout collecteur comprenant le réseau d'eau potable et non potable. Aquarelle du Musée d'Hygiène de Paris. Paris, 1900. Jacques Boyer/ Roger-Viollet (Source : Le centre d'information sur l'eau)

Si le premier objectif est celui d'évacuer les eaux sales hors de Paris, il sera rapidement suivi par la prise de conscience de la nécessité d'épurer les eaux usées qui se concentrent à l'aval de la ville⁸. L'épuration se fera en un premier temps par épandage, sur des terrains rachetés par la Ville ou appartenant à des particuliers (figure 13). L'épandage permet « d'irriguer les terres agricoles par les eaux d'égouts, d'apporter des engrais aux cultures, de réaliser une filtration des eaux usées à travers le sol, d'épargner la Seine d'une partie des déchets urbains et de préserver la santé des citadins »⁹. La banlieue s'organise comme elle peut sur le modèle parisien, en rejetant une partie des eaux usées sur des terrains d'épandage sur la plaine de Créteil (Duhau, 2009).

7) L'expression du tout à l'égout désigne « l'envoi immédiat, avant toute fermentation des matières fraîches noyées dans un cube suffisant d'eau de lavage » (Bourneville, Rapport sur l'utilisation agricole des eaux d'égout de Paris, 1885, [10], cité par Jacquement, 1979 [507])

8) Les habitants de la banlieue nord se plaignent des odeurs liées à la concentration des pollutions qui noircissent les eaux du fleuve. (Histoire de la Halle Colombes, disponible sur <http://www.ecole.siaap.fr/histoire-et-societe/histoire-de-la-halle-de-colombes/>)

9) Histoire de la Halle Colombes, disponible sur : <http://www.ecole.siaap.fr/histoire-et-societe/histoire-de-la-halle-de-colombes/>

Jusqu'au début du XXe siècle les excréments sont considérés comme des matières premières, on cherche à ne « rien laisser perdre », autour d'un projet urbain garant de la « salubrité urbaine », du « dynamisme économique » et de « la survie alimentaire » (Barles, 2005, [304]). A partir du XXe siècle, l'urbanisation de la ville devient incompatible avec le système de récupération de ses excréments. L'industrie et l'agriculture s'éloignent de la ville, ce qui rend la collecte des matières premières urbaines plus difficile, et

préfèrent s'appuyer sur des matières premières plus « abondantes, plus rentables et plus commodes » (Barles, 2005, [304]). Par ailleurs, l'expansion de la ville est tellement forte qu'elle n'est plus compatible avec le système de fertilisation par épandage qui repose sur l'exploitation de larges surfaces (Barles, 2005; Barles, Guillerme, 2014).

Le principe du tout vers l'aval

Pour faire face à la croissance de la région parisienne, la Ville de Paris et le département de la Seine élaborent un programme général d'assainissement en 1929 qui prévoit la création d'une station d'épuration biologique sur le site d'Achères et préconise la création d'un réseau séparatif dans les zones à urbaniser. Le réseau séparatif permet d'acheminer les eaux usées jusqu'à la station d'épuration tandis que les eaux pluviales, considérées comme non polluées à cette époque, sont directement

rejetées dans le milieu. Cette décision est avant tout d'ordre économique; on mesure à ce moment là « les répercussions de l'imperméabilisation des sols sur les volumes d'eaux de pluie rejetés dans les réseaux unitaires et leur coût important d'exploitation » (Guilbaud, Provost, Joubert, 2015 [p12]). L'usine d'Achères est inaugurée en 1940 et instaure le principe du tout vers l'aval jusqu'à la fin des années 1960 (figure 14). Ses capacités épuratrices seront augmentées par des travaux supplémentaires en 1966, 1972 et 1978 et par la construction d'émissaires permettant le transport des effluents.

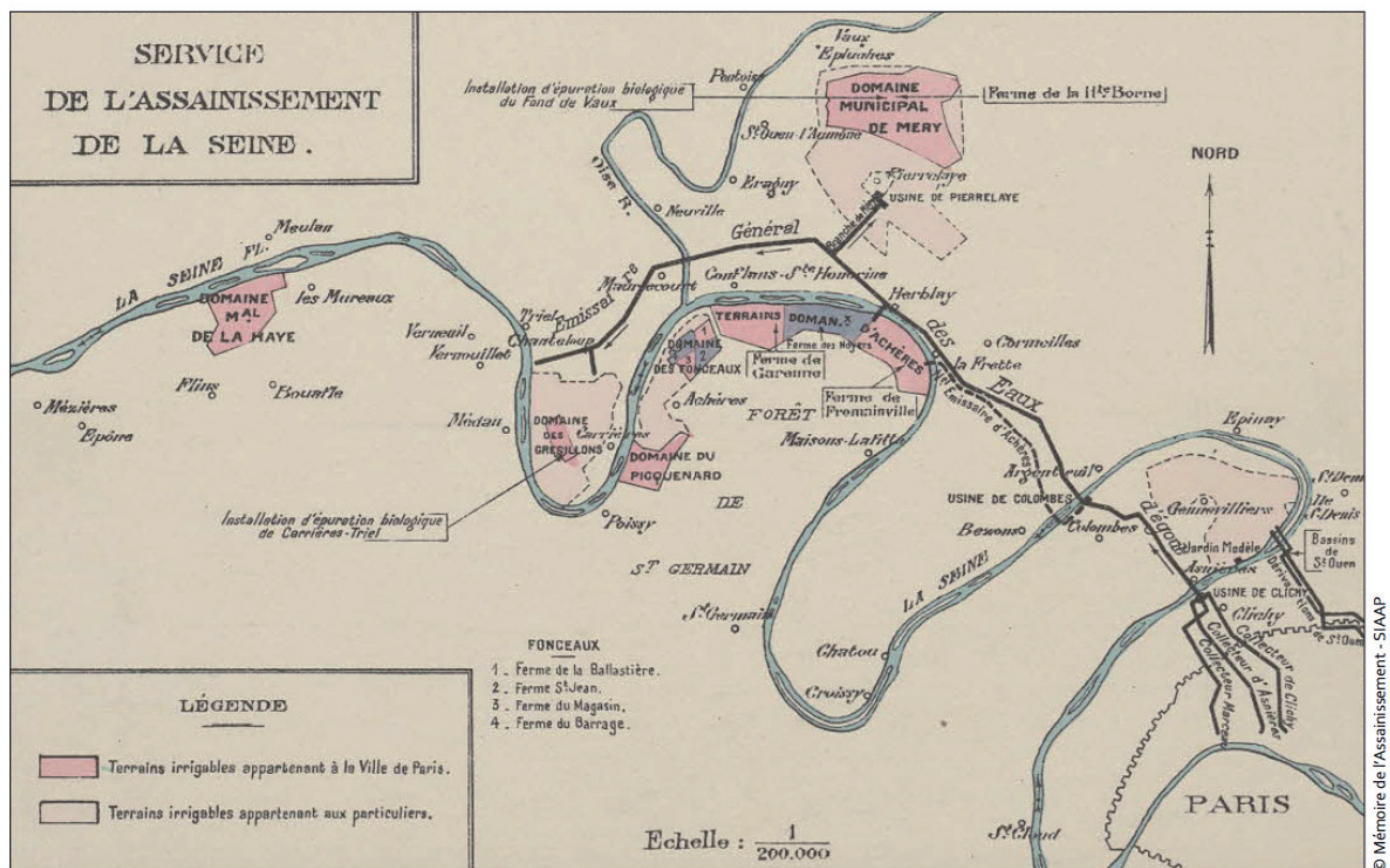


Figure 13: Carte des zones d'épandage, terrains appartenant à la Ville et aux particuliers, 1919. (Source : Guilbaud, Provost, Joubert, 2015, [12])

La construction d'un émissaire général et de l'usine élévatoire de Clichy permet d'acheminer et de relever les eaux à hauteur des zones d'épandages situées sur les sites d'Achères et de Gennevilliers.

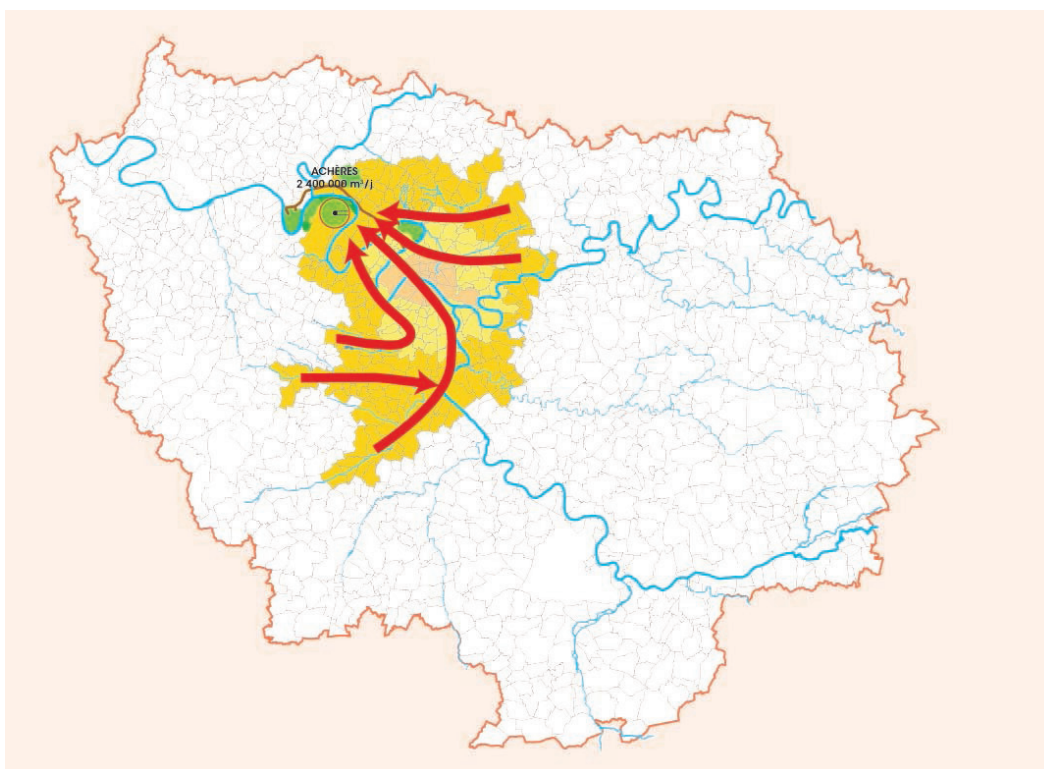


Figure 14 : Schéma d'assainissement de 1929 (Source : SIAAP, 2013, [5])

En jaune, le périmètre du territoire traité par l'usine d'Achères. Les flèches rouges schématisent le réseau d'émissaires de transport orienté vers les plaines du nord-ouest.

L'éclatement des moyens d'épuration dans le cadre de la métropolisation

À partir des années 1960, le rééquilibrage démographique, la création des villes nouvelles et le développement des grands ensembles (figure 15), ainsi que le redécoupage territorial de la région parisienne, nécessitent de repenser les structures et le mode de gestion de l'assainissement et introduisent des enjeux concernant la protection de la ressource. Entre 1946 et 1968, la population de l'Île-de-France passe de 6,5 millions d'habitants à 9,2 millions d'habitants (voir fascicule n° 3 « De Paris à son agglomération petite histoire de l'urbanisation XIXe-XXe siècle »). Les capacités épuratoires d'Achères sont insuffisantes pour couvrir les volumes d'eau évacués par la région parisienne. Par ailleurs on constate un déséquilibre entre Paris où tous les immeubles sont raccordés au réseau d'égout alors que la banlieue est en cours d'équipement (figure 16).



Figure 15 : Années 1960 : des besoins de traitements grandissants (Source : SIAAP, 2013, [5])

Les secteurs d'urbanisation plus récents, situés en dehors de Paris, sont équipés de réseaux séparatifs.

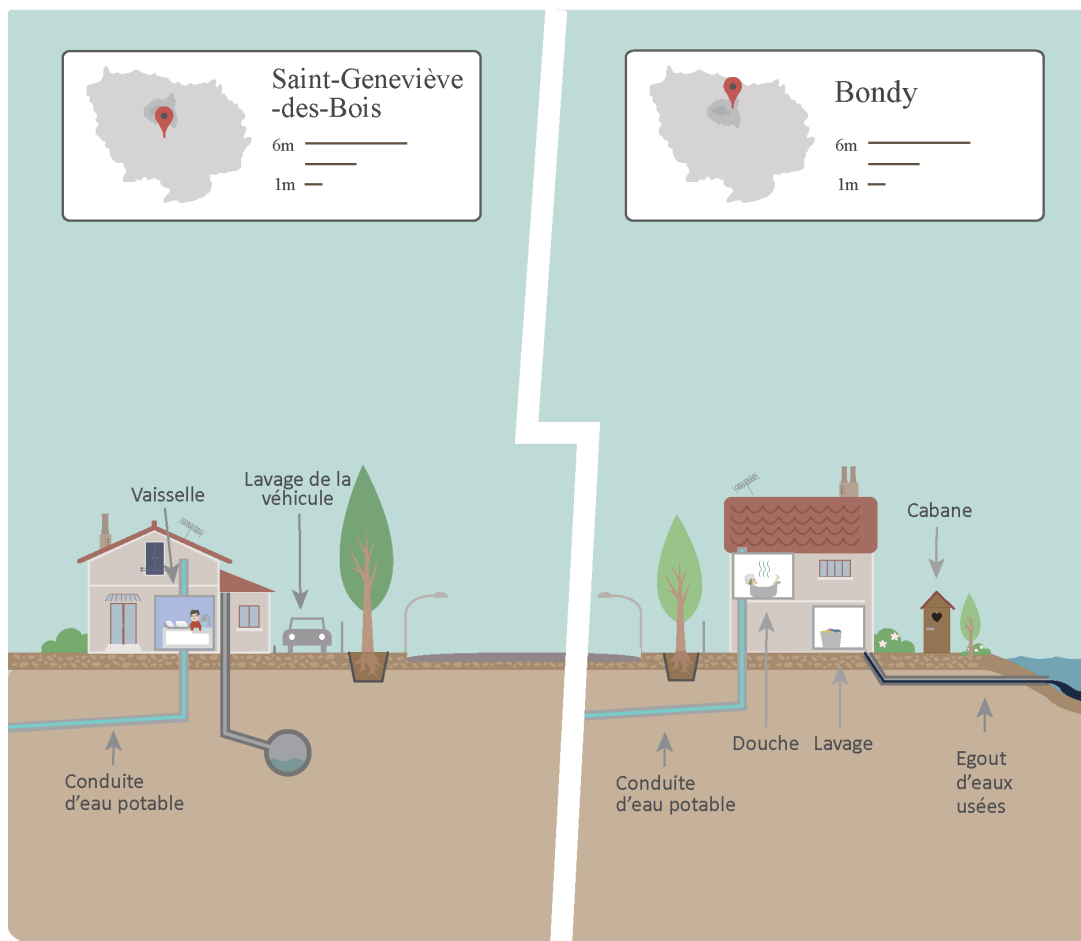


Figure 16 : Une banlieue en cours d'équipement (Source : Réalisation personnelle)

Au niveau national, la protection de la ressource et la lutte contre la pollution deviennent des enjeux de premier plan avec la loi sur l'eau du 16 décembre 1964, premier texte fondateur de la politique de l'eau. La loi organise la gestion décentralisée par bassin en créant les Agences financières de bassin¹⁰ (voir fascicule n° 2 « Gérer l'eau : précis sur la gouvernance de la ressource »). Le nouveau programme d'assainissement de 1968, élaboré par l'Agence de l'Eau et la Direction régionale de l'équipement, propose d'éclater la zone de collecte unique en trois secteurs principaux, celui d'Achères, de Marne Aval et de la Seine Amont via la

construction de deux nouvelles usines. L'usine de Noisy-le-Grand pour le secteur Marne Aval est ouverte en 1976 et celle de Valenton pour le secteur Seine Amont est ouverte en 1987. Un quatrième secteur, pour une zone plus petite, est également créé en banlieue ouest avec la construction de l'usine de Carrières-Sous-Poissy. Ce redécoupage marque la fin du principe du tout à l'aval (figure 17) même si l'essentiel de la capacité d'épuration reste concentré à Achères.

A la suite de la réorganisation administrative de la région parisienne de 1964¹¹, le Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne (SIAAP) est créé en 1970. Il a en charge la dépollution des eaux

10) La loi sur l'eau du 16 décembre organise les moyens de lutter contre la pollution des ressources, et d'assurer l'alimentation en eau potable des populations. Les agences financières deviendront des Agences de l'Eau à la suite de la loi sur l'eau du 3 janvier 1992 qui consacre l'eau en tant que "patrimoine commun de la nation". <http://www.eaufrance.fr/comprendre/la-politique-publique-de-l-eau/la-loi-sur-l-eau-et-les-milieux>

11) La loi du 10 juillet 1964 et le décret du 25 février 1965 instaurent un nouveau découpage de la région parisienne : le nombre de départements passe de trois à huit, ceux de la Seine et de Seine-et-Oise sont supprimés

usées de l'agglomération parisienne et est composé de Paris et des trois nouveaux départements de la petite couronne : Seine-Saint-Denis, Hauts-de-Seine et Val-de-Marne. Il récupère également les effluents d'autres communes extérieures.

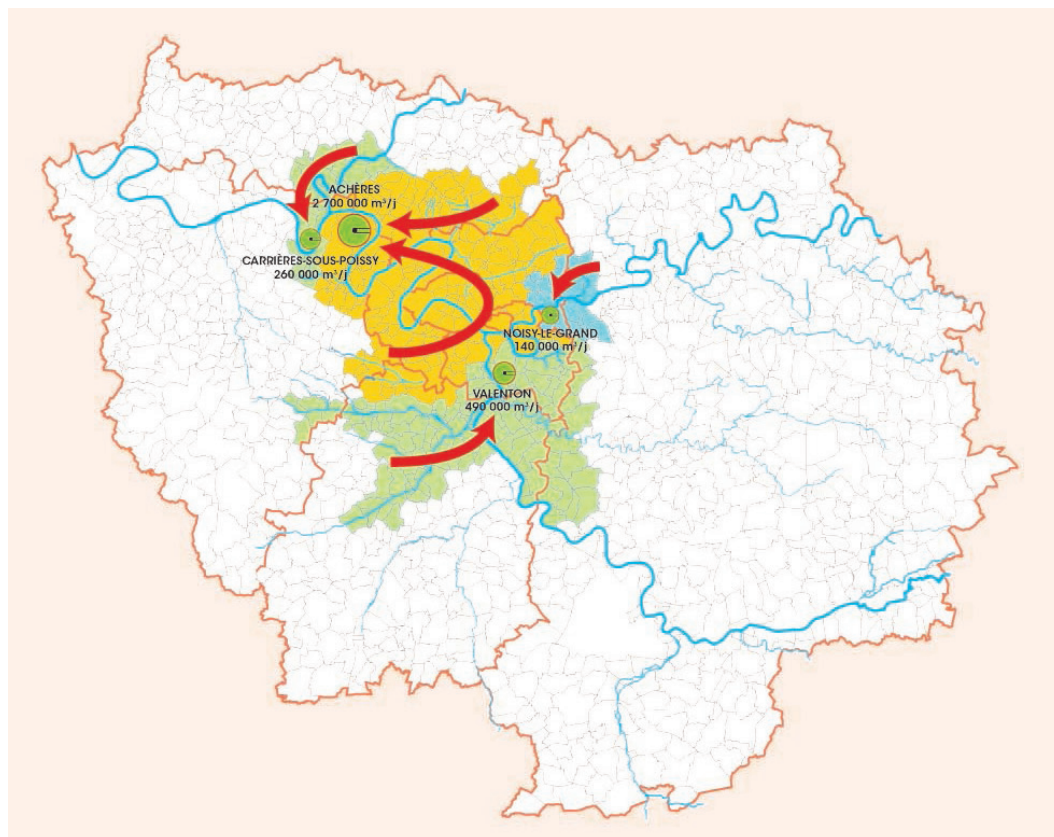


Figure 17 : Schéma d'assainissement en 1968. (Source : SIAAP, 2013, [5])

Chaque couleur représente le périmètre du territoire traité par une usine d'épuration.

La montée des enjeux de protection de la ressource face à l'urbanisation

Malgré la construction de nouvelles usines, les capacités d'épuration restent insuffisantes face à la croissance urbaine et une partie des eaux usées est directement rejetée dans la Seine provoquant des mortalités piscicoles (figure 18). Par ailleurs le développement de l'urbanisation provoque des inondations de plus en plus fréquentes, notamment dans certains secteurs de la région, tels que la Seine-Saint-Denis ou la Vallée de la Bièvre, à cause de l'insuffisance des réseaux d'évacuation des eaux de ruissellement (Guilbaud, Provost, Joubert, 2015). Le réseau peine à suivre le développement urbain.



Figure 18 : La mortalité piscicole dans la Seine en 1966. Roger-Viollet (Source: Paris en images)

Plusieurs mesures collectives sont prises à la suite de la création du SIAAP et avec la participation financière de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie et de la région Île-de-France, pour essayer de couvrir les besoins en épuration de la région parisienne et faire face aux problématiques d'inondations. Les réseaux sont renforcés, des bassins de stockage et

de régulation sont créés et des modes de télégestion sont introduits pendant les années 1980 pour l'exploitation de ces bassins. Ces solutions ne sont pas durables face à l'imperméabilisation croissante. Dès les années 1980, des alternatives à l'assainissement classiques sont recherchées, telle que la gestion des eaux de ruissellement à la parcelle (Guilbaud, Provost, Joubert, 2015).

Au début des années 1990, de gros orages surviennent provoquant un autre épisode de mortalité piscicole qui marque les esprits et sensibilise l'opinion publique à l'assainissement par temps de pluie et à la préservation du milieu récepteur. L'union européenne s'empare de la problématique environnementale via la Directive des eaux résiduaires (DERU, directive n° 91/271/CEE du 21 mai 1991)¹² qui encadre l'assainissement en Europe. La DERU impose

des obligations de collecte des eaux résiduaires incluant les eaux de temps de pluie pour les réseaux unitaires et des normes de qualité pour le rejet des stations d'épuration vers le milieu récepteur (Guilbaud, Provost, Joubert, 2015).

Le SIAAP est l'acteur le plus important en termes d'assainissement. Il couvre un territoire qui comprend l'agglomération parisienne ainsi que certaines communes de la Seine-et-Marne, des Yvelines, de l'Essonne et du Val-d'Oise. Les six usines du SIAAP traitent les eaux usées de 8,9 millions d'habitants sur les 12 millions d'habitants d'Île-de-France, soit trois quarts des eaux usées franciliennes (figure 19).

12) <http://www.charente-maritime.gouv.fr/Politiques-publiques/Environnement-risques-naturels-et-technologiques/Eau-et-milieus-aquatiques/Directives-europeennes-SDAGE-SAGE/La-directive-Eaux-residuaires-urbaines-ERU>

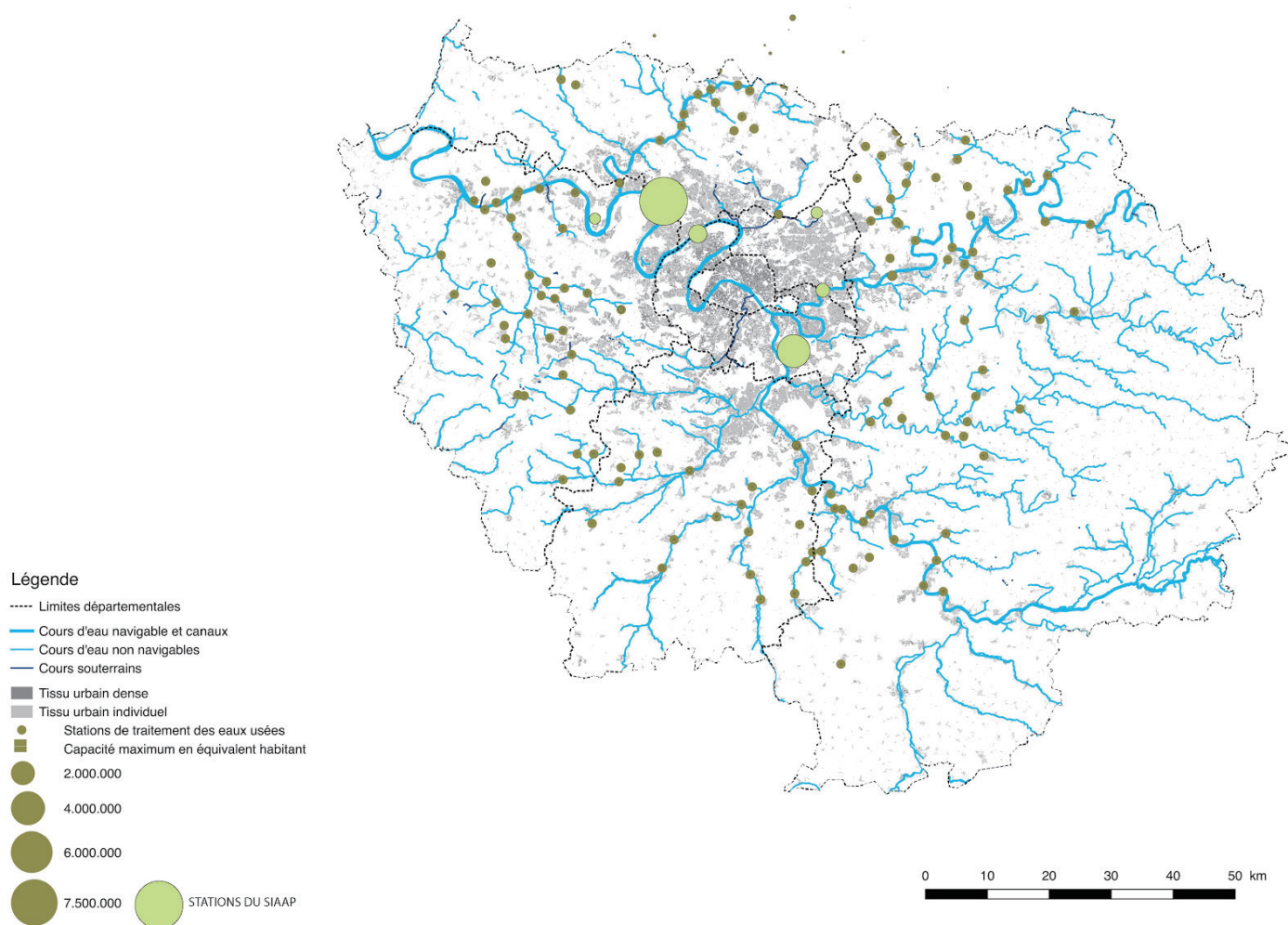


Figure 19 : Les stations d'épuration en Île-de-France aujourd'hui. (Source : Réalisation personnelle)

Il existe plus de 500 stations d'épurations en Île-de-France.

Chaque jour, 2,5 millions de m³ d'eaux usées transitent dans les émissaires du SIAAP vers les stations d'épuration (Guilbaud, Provost, Joubert, 2015).

La Directive cadre sur l'eau 2000 modifie les objectifs de protection de la ressource en passant d'une « obligation de moyens à une obligation de résultat » (Guilbaud, Provost, Joubert, 2015, [p15]). Jusque là, la DERU mettait l'accent sur les performances des usines d'épuration et la qualité du rejet tandis que la DCE se focalise sur la qualité du milieu récepteur (bon état des masses d'eau, réduction des substances prioritaires) et nécessite une gestion coordonnée entre tous les acteurs impliqués dans la gestion des eaux usées et des eaux pluviales (voir fascicule n° 5 « L'eau plus qu'une ressource »). Les communes ou syndicats de communes assurent la collecte des eaux usées et pluviales. Les eaux sont ensuite transportées par les réseaux départementaux ou par les syndicats intercommunaux d'assainissement avant d'arriver dans les émissaires du SIAAP

(figure 20). « Chaque acteur dispose d'une gestion indépendante de l'assainissement, dont le maillage est pourtant interdépendant » (Guilbaud, Provost, Joubert, 2015, [p16]).

Les différents dispositifs mis en place depuis les années 1980 ont permis d'améliorer sensiblement la qualité de l'eau de la Seine, elle a retrouvé une qualité physico-chimique et la biodiversité piscicole s'est accrue (figure 21). Aujourd'hui, on compte plus de 35 espèces de poissons à Paris, contre cinq seulement dans les années 1970. Cependant la gestion par temps de pluie reste un enjeu important car responsable du rejet de grandes charges polluantes en Seine.

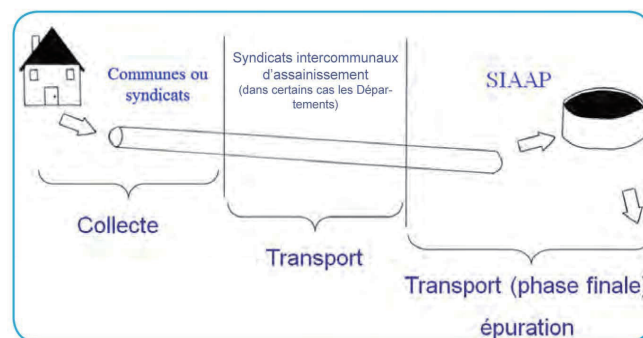


Figure 20 : les cheminements des eaux usées en zone centrale d'Ile-de-France. AESN (Source : Association Espaces, 2013, [1])

Évolution du nombre d'espèces piscioles pêchées en Seine

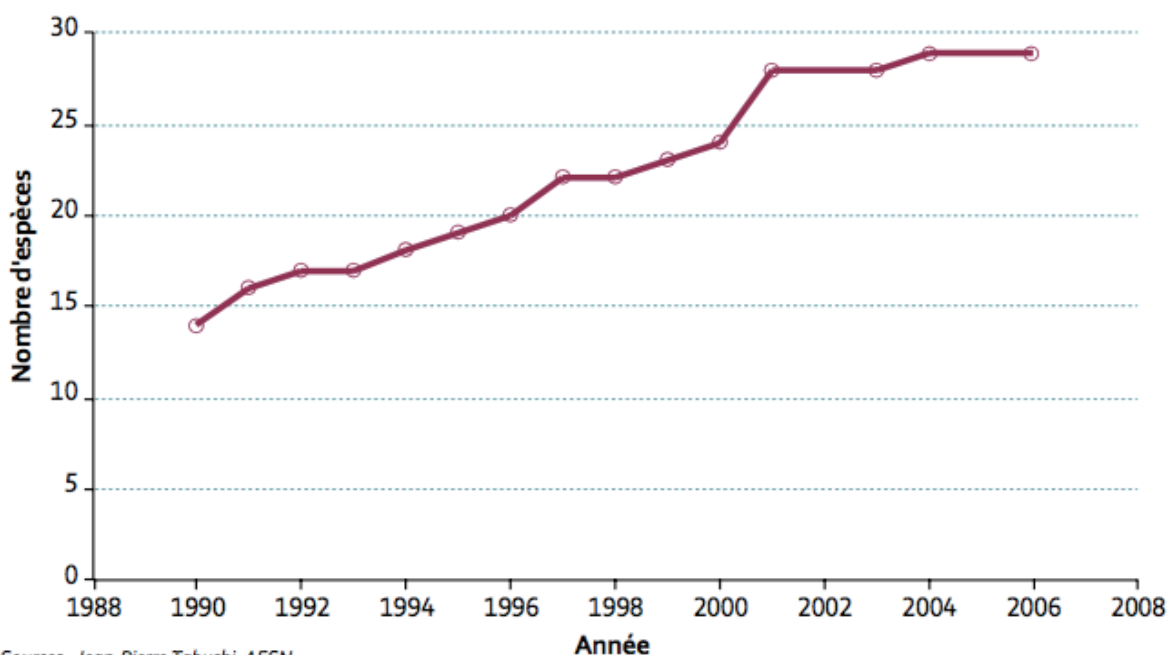


Figure 21 : Evolution du nombre d'espèces piscioles pêchées en Seine. (Source : Guilbaud, Provost, Joubert, 2015, [18])

B - Les enjeux de l'assainissement aujourd'hui

L'assainissement est aujourd'hui confronté à deux enjeux majeurs liés à l'urbanisation. L'imperméabilisation engendrée par la densification va exacerber les problèmes de gestion par temps de pluie et les besoins d'épurations vont s'accroître avec l'augmentation de la population.

Les rejets par temps de pluie

Le réseau du SIAAP est en grande partie unitaire, les eaux pluviales et les eaux usées sont dirigées vers un réseau unique. Lors de gros orages, ou même de petites pluies dans le cas de Paris¹³, l'apport important d'eaux pluviales dans les canalisations peut provoquer une surcharge du réseau. En temps normal, le débit moyen sortant de Paris est d'environ 10 m³/s, il peut s'élever jusqu'à 100 m³/s lors d'épisodes pluvieux. Les collecteurs et les stations d'épuration ne sont pas en mesure d'absorber un tel débit et le réseau est alors déchargé via des déversoirs d'orage, rejetant une partie des eaux usées non traitées vers le milieu récepteur, ou via des regards sur voirie qui impliquent des risques d'inondation sur les biens et les personnes. Les déversements générés par une surcharge du réseau, peuvent également compromettre la réalisation des objectifs de qualité définis par la DCE.

13) « À Paris par exemple, du fait de l'agencement du réseau, des déversements ont lieu plusieurs fois par mois. Ils apparaissent dès les *petites pluies*, c'est-à-dire d'une fréquence d'occurrence mensuelle. » (Guilbaud, Provost, Joubert, 2015, [p22]).

L'optimisation du système d'assainissement (modernisation du réseau, création de nouveaux espaces de stockages, etc.), a permis de réduire les déversements d'eaux dans la Seine mais ils restent néanmoins importants. Pour la ville de Paris, le volume total déversé en Seine est passé de 19 000 000 m³ en 1999 à 2 117 000 m³ en 2012, il a donc été divisé par neuf (Guilbaud, Provost, Joubert, 2015). La grande partie de ces volumes correspond à des eaux unitaires rejetées par temps de pluie.

Le réseau séparatif présente également des limites. L'installation d'un double réseau a provoqué de nombreux mauvais branchements avec des eaux usées qui se retrouvent directement rejetées dans le milieu sans avoir subi de traitement. Par ailleurs on sait aujourd'hui que les eaux pluviales sont également polluées et qu'il ne convient pas de les rejeter directement dans le milieu.

Pour faire face aux enjeux que pose la gestion du temps de pluie, le SIAAP a développé des solutions techniques afin de minimiser l'impact sur le milieu. Il s'agit à la fois de la création d'ouvrages de rétention des eaux, de la prévision de la création d'ouvrages de stockage et d'usines de dépollution des eaux pluviales, ou encore de la mise en place d'îlots de survie piscicole qui permettent d'alimenter en oxygène les poissons lors des déversements des eaux usées dans la Seine. Ces solutions visent à corriger les failles du modèle existant et peuvent difficilement être envisagées comme des solutions durables face aux enjeux actuels. Elles présentent d'ailleurs elles-mêmes certaines limites en termes de gestion et de techniques.



Les ouvrages de rétention par exemple connaissent de longues périodes d'inactivité lors des curages. (Guilbaud, Joubert, 2015).

Face aux solutions centralisées mises en place par le SIAAP, les collectivités locales développent d'autres techniques pour une gestion plus locale des eaux pluviales. Il s'agit initialement de protéger l'espace urbain contre les inondations mais peu à peu les acteurs de la gestion de l'eau ont intégré les nouvelles exigences liées à la protection de la ressource. Différentes solutions se développent en fonction des territoires ainsi que sous l'impulsion de la loi sur l'eau de 1992 qui renforce l'impératif de qualité et quantité des ressources en eau. Il peut s'agir des bassins à ciel ouvert multifonctionnels permettant de valoriser l'eau en ville et de sensibiliser les usagers aux risques inondations, ou encore de réglementations qui visent à promouvoir une gestion à la parcelle des eaux pluviales ou à favoriser l'infiltration des eaux de pluie lors des projets d'aménagements.

L' « effet ciseau » : augmentation de la population et baisse du débit

La prévision de l'augmentation de la population et de la baisse de la ressource dans le cadre du changement climatique entraîne un phénomène d'effet de ciseau sur la Seine (voir fascicule n° 6 « Changement climatique : faire face aux événements climatiques extrêmes »). D'un côté l'augmentation de la population entraîne l'accroissement des charges polluantes, de l'autre côté la baisse du débit implique une diminution des capacités de dilution des polluants. La pression sur le fleuve est d'autant plus forte que la Seine a un débit particulièrement bas. Le débit à l'étiage de la Seine à Poissy est de 170 m³/seconde pour un fleuve qui draine les pollutions d'un territoire peuplé de 14 millions d'habitants. A titre de comparaison le Rhône à Lyon présente un débit d'étiage de 380 m³/seconde pour 1,8 millions

Ainsi, un mètre cube d'eau de Seine doit accepter les rejets de 52 3000 habitants alors qu'un mètre cube du Rhône ne supporte que 4 700 habitants. (Guilbaud, Joubert, 2015). S'ajoutent à cela les enjeux liés aux traitements des polluants « émergents » (perturbateurs endocriniens, antibiotiques) qui nécessitent d'importants investissements. On observe la même problématique qu'avec la gestion de l'eau potable où la baisse des recettes pourrait à terme impliquer une hausse des prix de l'eau à défaut de trouver d'autres sources de financements.

Les performances épuratoires constituent l'un des enjeux du Grand Paris dans un contexte où les infrastructures du SIAAP atteignent aujourd'hui la limite de leurs capacités. La DRIEE identifie plusieurs questionnements en ce qui concerne :

- les capacités du système actuel (réseau et stations) à supporter une réduction des volumes transitant dans les réseaux et une augmentation de charge sans adaptation technique
- les possibilités d'améliorer les performances épuratoires des stations existantes pour tenir compte d'une aggravation des étiages, sans avoir à opérer un saut technologique important
- l'amélioration du fonctionnement des réseaux pour participer à l'effort global de dépollution avant de recourir à des techniques épuratoires aux coûts de plus en plus élevés



La nécessaire coordination des acteurs

La gestion des apports par temps de pluie repose à la fois sur une optimisation de la gestion du réseau existant ainsi que sur une réglementation et sur la maîtrise des apports « à la source » (DRIEE, 2012). Il s'agit à la fois d'impliquer les gestionnaires du réseau dans le cadre d'une gouvernance existante mais également d'intégrer une multitude d'autres acteurs selon une gouvernance plus complexe. « Le zonage pluvial, la taxe pluviale, la formation des urbanistes aux enjeux de l'eau pourraient constituer des leviers pour l'animation d'une politique et la concertation autour de la maîtrise à la source des ruissellements » (DRIEE, 2012, [13]).

III. Vers un changement de paradigme?

Le changement climatique et la densification de l'agglomération parisienne posent de nouveaux défis en termes de gestion de l'assainissement et de l'eau potable. Les réseaux nécessitent des investissements importants afin d'augmenter et de moderniser leurs capacités de traitements. L'émergence d'une préoccupation environnementale ainsi que la diminution des recettes liées à la baisse de la consommation observées ces vingt dernières années remettent en cause le modèle industriel du « tout réseau ».

A- La limite du modèle du « tout réseau »

Chaque époque est confrontée à des enjeux spécifiques. Le développement du modèle industriel des réseaux au cours du XIXe siècle a permis d'accompagner l'urbanisation par une prise en charge publique de la distribution et de l'évacuation des eaux. Les grands réseaux techniques se déploient afin d'alimenter le territoire le plus vaste possible

de manière à bénéficier des économies d'échelles et à réduire les coûts d'équipement des usines. Ce modèle a permis d'améliorer l'hygiène publique et d'apporter un service urbain équitable à l'ensemble de la population. S'il a su répondre aux enjeux de son époque, il a été conçu selon une logique de croissance qui génère aujourd'hui des externalités négatives difficilement supportables : « épuisements des ressources naturelles, pollution croissante des milieux naturels, concentration spatiales des nuisances. » (Petitet, 2011). Le système du « tout réseau » agit comme une interface technique entre l'eau et le citoyen induisant une méconnaissance des modes d'organisation techniques et territoriale des réseaux. Dans ce cadre, la responsabilisation des comportements des citoyens face aux enjeux de protection de la ressource devient plus difficile. Par ailleurs, le financement du modèle industriel repose sur les recettes engendrées par les consommations et ne semble pas adapté pour faire face à la baisse de la consommation. Cela pourrait engendrer une hausse des prix qui pourrait conduire les usagers à « amplifier la réduction de leurs consommations, entraînant le gestionnaire dans une spirale dangereuse pour la rentabilité économique de son activité ». (Petitet, 2011).

Aujourd'hui le modèle du « tout réseau » est toujours essentiel au fonctionnement de la ville mais face aux nouveaux enjeux, des solutions plus décentralisées commencent à émerger.

B- Vers une gestion intégrée et globale du cycle urbain de l'eau

Le changement climatique et les objectifs de développement durable remettent sur le devant de la scène les techniques alternatives qui se sont développées dès les années 1970. Le développement de ces techniques s'accompagne d'une réflexion autour du changement de paradigme de la gestion de l'eau. Il s'agit de mettre en place une gestion qui

se fait le plus en amont possible (traitement de la goutte d'eau de pluie à la source) et selon une logique de circularité (réutilisation de l'eau, recharge de la nappe, utilisation des déjections comme ressource).

Face à la prévision de baisse de la ressource d'ici 2050, l'une des solutions envisagées est celle du développement de l'utilisation de l'eau non potable pour des usages publics. Il s'agit plus particulièrement de réutiliser l'eau afin d'éviter une double pression sur la ressource. A Paris, on envisage la possibilité d'alimenter le réseau d'eau non potable par des eaux de pluie, d'exhaure ou des eaux usées traitées¹⁴.

L'eau non potable pourrait servir dans le cadre d'un service public, à la fois pour des usages ordinaires tels que le nettoyage des chaussées et des égouts (figure 22) mais aussi pour rafraîchir la ville par l'arrosage des trames vertes par exemple.

14) Le devenir du réseau d'eau non potable parisien a fait l'objet de plusieurs réflexions depuis vingt ans. Il était initialement prévu de le redimensionner, voir de le déposer dans une perspective de baisse de la consommation. Face aux questions environnementales et du rôle renouvelé de l'eau dans la ville, les élus parisiens adoptent en mars 2012 une délibération du Conseil de Paris pour le maintien et l'optimisation du réseau d'eau non potable (APUR, 2014).

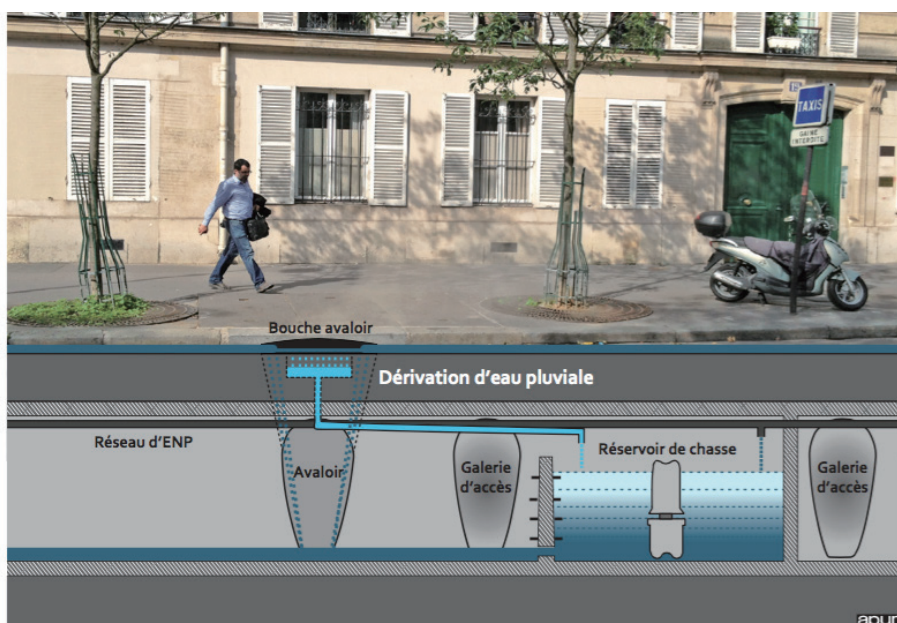


Figure 22 : Schéma de principe de récupération des eaux de ruissellement pour les réservoirs de chasse. (Source : Guilbaud, Joubert, 2015, [29])

Dans le cadre de la remise en service de certains réservoirs de chasse, les eaux de pluies pourraient être conduites vers les réservoirs de chasse par les bouches avaloirs et participer au nettoyage des égouts.



Les infrastructures liées au réseau d'eau non potable pourraient également servir comme support à d'autres activités qui s'inscrivent dans le cadre d'une gestion durable (figures 23,24). En banlieue, la réutilisation se développe selon un système plus ponctuel et localisé, via notamment la réutilisation de l'eau de piscine.



Figure 23,24 : Green'elle, Cécile Roux. (Source : Les parisculteurs, Mairie de Paris)

A l'initiative de la Ville de Paris, 33 entreprises et acteurs publics parisiens ont signé la charte "Objectif 100 hectares" dans un objectif de végétaliser le bâti et de développer les projets d'agriculture urbaine d'ici 2020. Dans le cadre de l'appel à projet "les parisculteurs" lancé par la Ville de Paris en 2016, Eau de Paris a proposé le réservoir d'eau non potable de Grenelle situé dans le 15^e arrondissement pour un projet d'agriculture urbaine. Le projet lauréat propose une exploitation aquaponique produisant des légumes et poissons d'eau douce qui pourront être vendues au marché de la rue de la Convention.



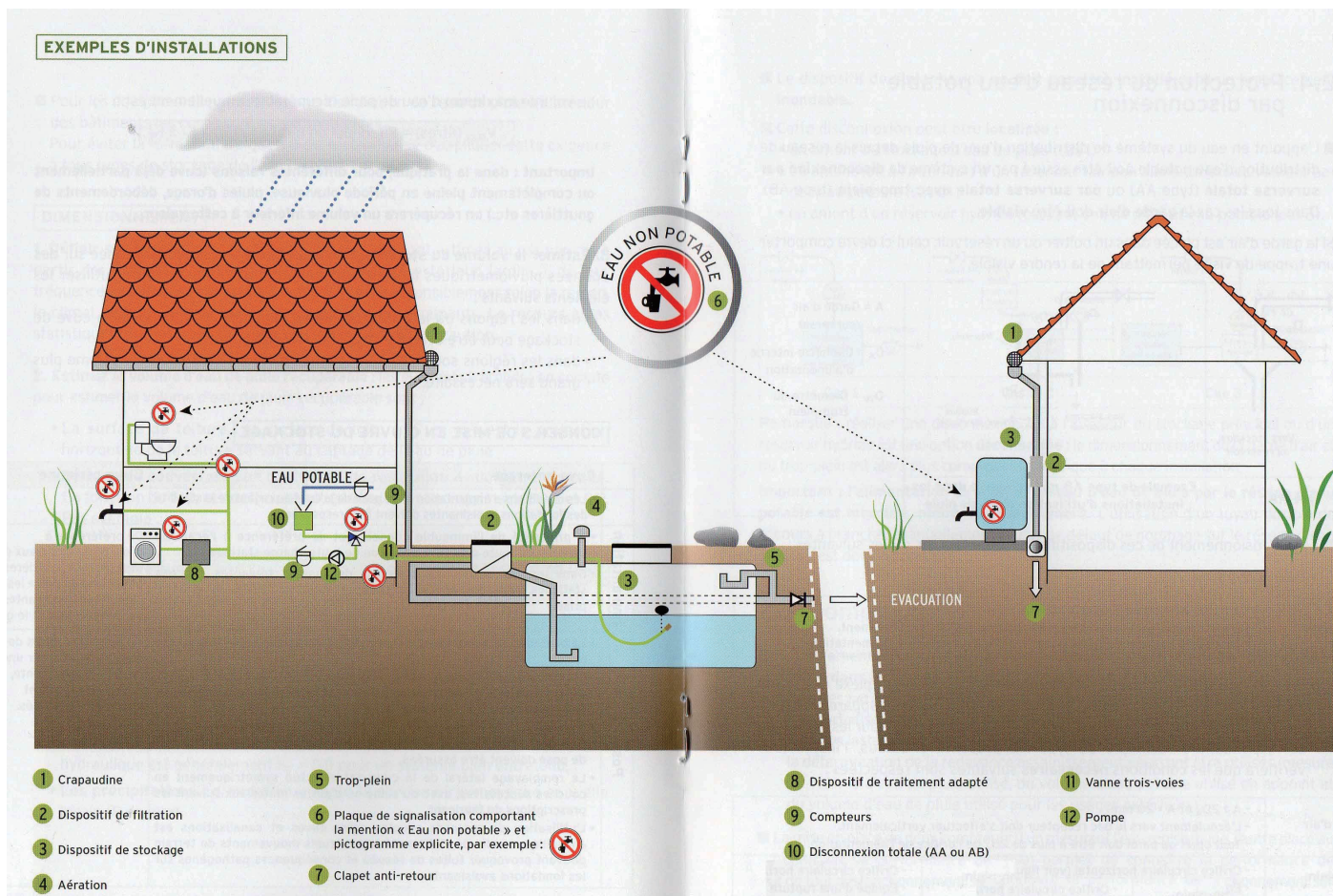


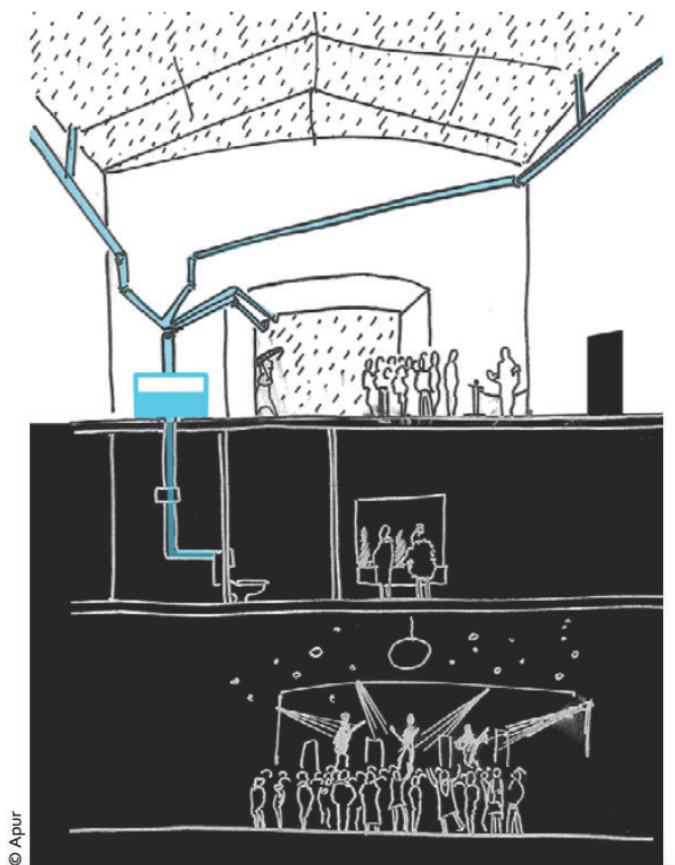
Figure 25 : Deux exemples d'installations et de fonctionnement de cuves de collecte d'eaux de pluie. (Source : Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, 2009, [10-11])

La maîtrise des ruissellements à la parcelle imposée par les PLU pour les extensions ou les nouvelles constructions, explique en partie le développement des cuves de récupération de l'eau de pluie, leurs installations étant à peine plus chères que celle des cuves qui permettent uniquement de limiter le débit¹⁵.

La réutilisation de l'eau de pluie se développe également à l'échelle du bâti, de la parcelle ou de l'îlot pour des usages privés, domestiques ou publics (figure 25, 26). L'utilisation d'eaux non traitées demande aujourd'hui des études plus approfondies pour s'assurer de la qualité de ces eaux à destination d'usages humains.

15) Entretien avec Bernard de Gouvello, Ingénieur-chercheur au Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, 16/02/17





La mise en place d'une gestion de l'eau de pluie le plus en amont possible permet de limiter le volume des eaux pluviales à traiter, que ce soit par des système de cuves qui permettent également la réutilisation ou par des toitures végétalisées et des techniques d'infiltration qui visent aussi à rafraîchir et verdir la ville (figure 27).

Figure 26 : Dessin de principe de récupération des eaux de la verrière située au dessus du Gibus, Faubourg du Temple (Source : Bertrand, 2015, [42])

L'APUR a réalisé une étude en montrant qu'il était possible de développer des solutions de récupération de l'eau de pluie même en milieu dense. La structure morphologique de l'îlot étudié permet de mettre en place un système pour alimenter les sanitaires d'une salle de concert (le Gibus), ainsi que d'un théâtre et d'un restaurant situé à côté, grâce à une gestion locale des eaux de pluie. L'eau est récupérée sur la verrière située au dessus du Gibus et stockée dans une cuve.



Figure 27 : Toitures plantées, photomontage Apur (Source : Bertrand, 2015, [42])

La morphologie du bâti peut favoriser l'accessibilité aux toitures terrasses sur lesquelles peuvent se développer des jardins partagés ou des potagers.

Certaines techniques s'inscrivent dans une vision circulaire de la gestion de l'eau et associent le grand cycle de l'eau à celui urbain afin de protéger la ressource en matière de qualité et de quantité et/ou de sécuriser l'alimentation en eau potable. Ces solutions se déploient en général sur de grandes surfaces, elles se déclinent sous différentes formes et peuvent associer plusieurs objectifs : protection contre l'inondation, réduction des eaux de ruissellement, etc. Il peut s'agir de jardins d'assainissement

(figures 28, 29) ou de parcs favorisant la recharge des eaux souterraines (figures 30 à 34) de manière locale. Il existe également des systèmes à l'échelle d'une agglomération qui visent à réalimenter la nappe de manière artificielle, notamment par des eaux usées épurées, eaux de surface excédentaires, etc. Ces eaux sont ensuite filtrées selon différents procédés (filtration sur berges, bassins de réalimentation artificielle, épandage) (Le magazine de la chronique scientifique, 2005 ; Jauffret, 2004).



Figures 28,29 : Le parc du chemin de l'île, Nanterre (Source : sogea; Haut-de-Seine département)

Ce parc s'inscrit dans le schéma d'aménagement et de gestion durable de la Seine et de ses berges. Il conjugue accueil du public, décor urbain et utilité écologique (Roussel, 2006). La première partie du parc a été aménagée en zones humides artificielles. L'eau est prélevée par un pompage en Seine puis épurée en traversant sept bassins en cascade, ornés de végétaux. Lorsque l'eau arrive à son point bas, elle a été considérablement améliorée en qualité, elle rejoint le lit de l'ancienne rivière du site réaménagé en divers habitats écologiques. Avant ce point de rejet elle est relevée par éolienne et alimente des jardins partagés et potagers. Ce parc s'inscrit dans un système local avec un jardin d'épuration d'eau qui fonctionne comme une vitrine pédagogique.



Figure 30,31 : Zollhallen Plaza, Fribourg-en-Brisgau, Allemagne, 2009-2010, Ramboll Studio Dreiseitl. (Source : Landezine)

La Zollhallen Plaza a été restaurée en 2009, en intégrant la question de l'eau dans le milieu urbain. Elle a été conçue de telle sorte à ne pas augmenter la charge des eaux de ruissellement dans le réseau (déconnexion du système d'égout), favoriser l'infiltration (plantes et recharge de la nappe souterraine), et offre également des zones en retrait qui peuvent être inondables.

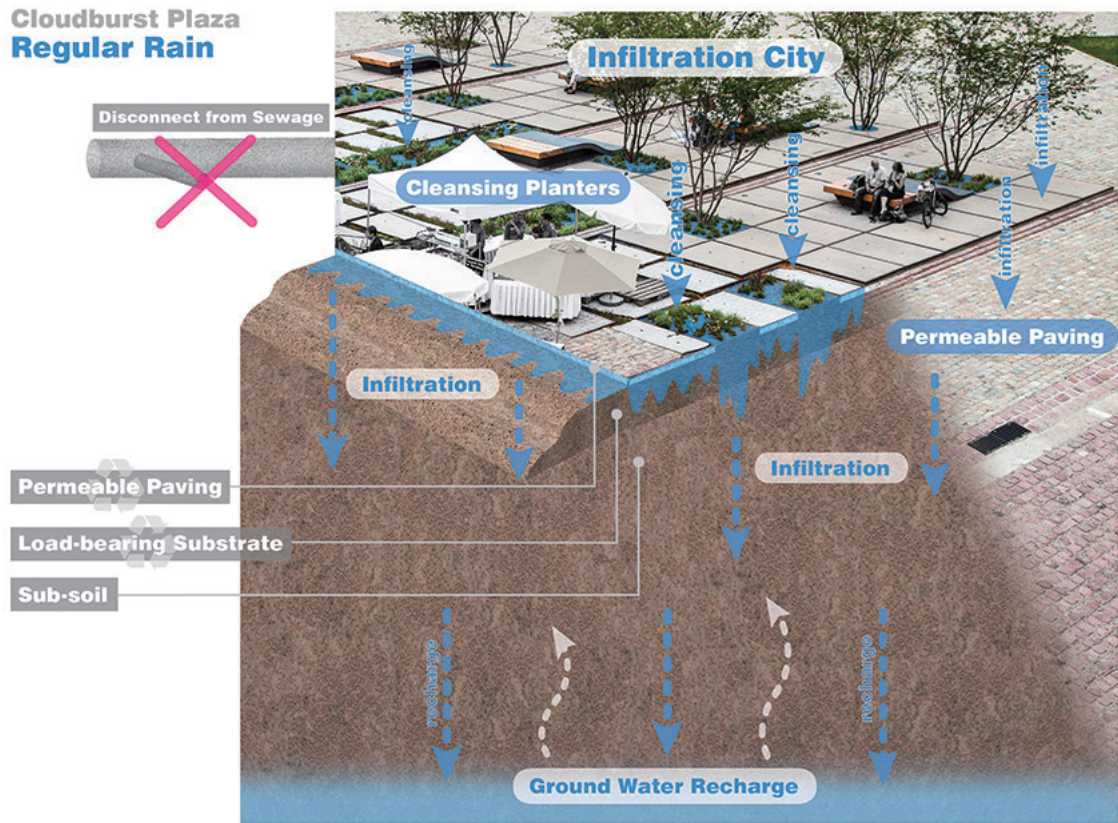


Figure 32 : Système d'infiltration et de recharge de la nappe, Zollhallen Plaza (Source : Landezine)

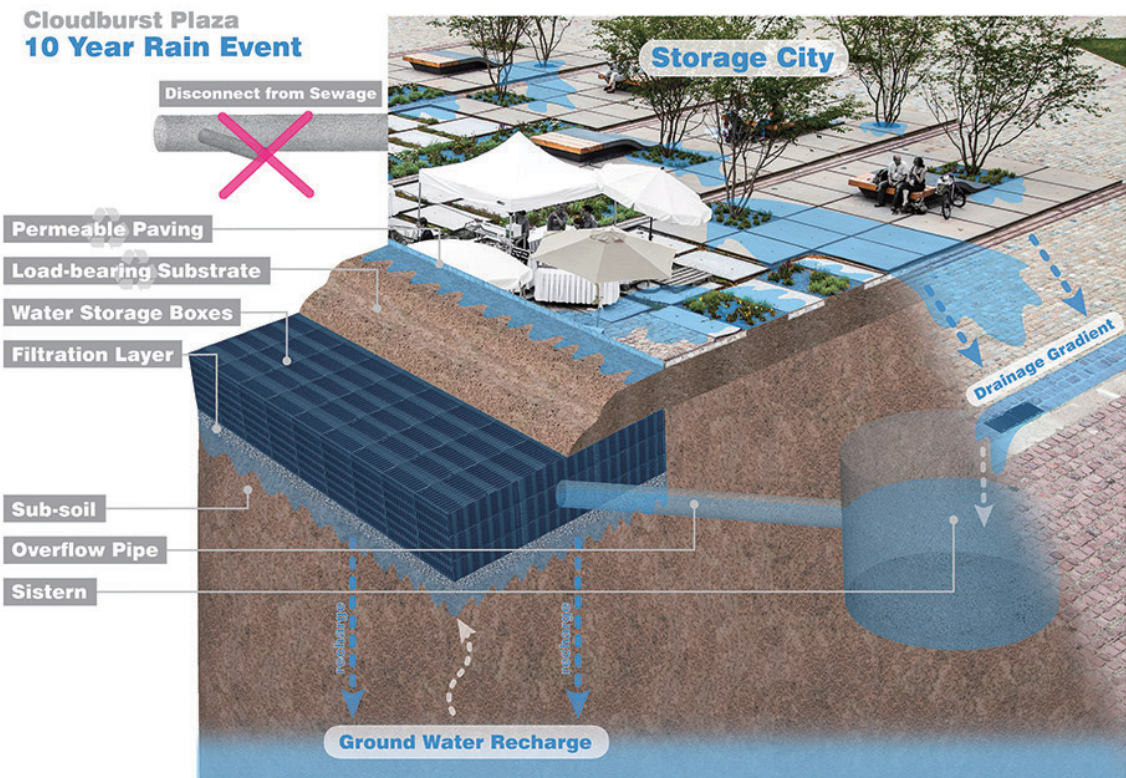


Figure 33 : Système d'infiltration et de recharge de la nappe, Zollhallen Plaza (Source : Landezine)

Cloudburst Plaza 100 Year Flood

Disconnect from Sewage

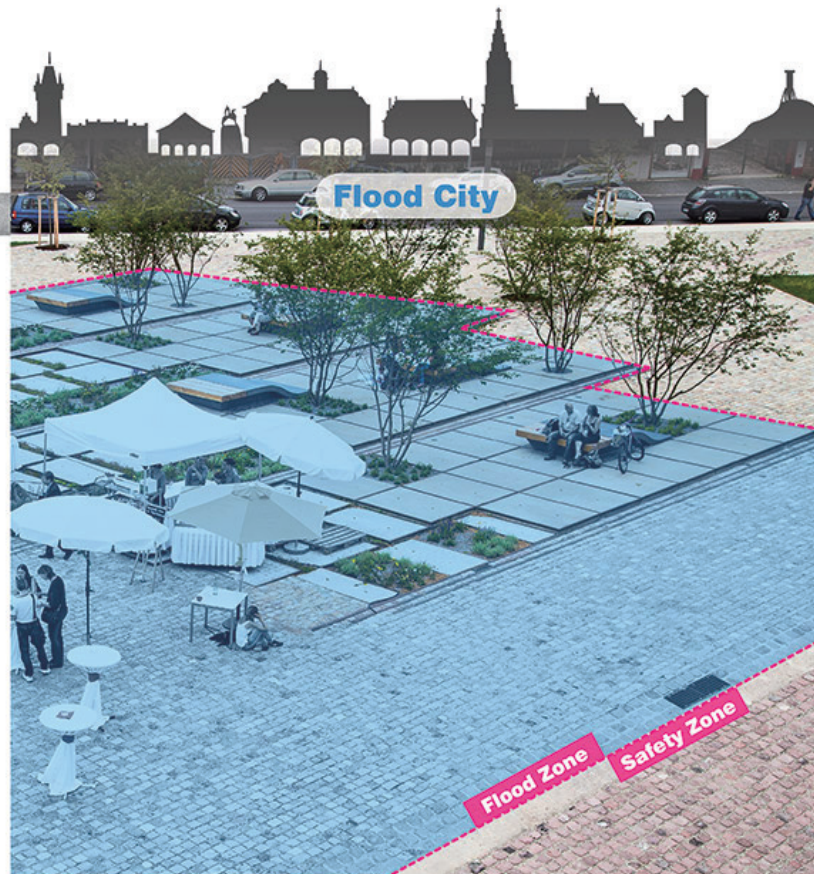


Figure 34 : Zones inondables, Zollhallen Plaza (Source : Landezine)

L'augmentation d'un million d'habitants prévue dans le cadre du Grand Paris impliquera un flux important d'eaux usées dans le système centralisé d'assainissement du SIAAP. Les stations d'épuration sont capables de gérer cette augmentation sauf en ce qui concerne le surplus de l'azote et du phosphore contenu dans les urines (Maysonnave, Lebihain, et al., 2016). Dans ce contexte on voit apparaître des réflexions sur la récupération des urines et, dans une moindre mesure des matières fécales, par voie sèche, considérées comme des ressources pour produire de l'énergie ou de l'engrais à destination de l'agriculture. Il s'agit d'une part de réduire la part des urines allant dans le réseau et à terme de gérer à la fois urines et matières fécales par voie sèche dans le cadre d'une économie circulaire¹⁶. Cette problématique n'est pas propre à la France, il existe déjà certaines solutions qui se sont développées dans d'autres villes. A Amsterdam, les dégâts provoqués sur les canalisations par le phosphore contenu

dans les urines sont à l'origine du développement de techniques de traitement des urines par voie sèche (figure 35).

Ces différentes solutions peuvent être complémentaires ou contradictoires, elles dépassent la question de l'assainissement et de la distribution, et parfois même celle de l'eau. Elles se déclinent différemment en fonction du contexte urbain (dense, rural), des usages identifiés (privés, publics, domestiques), et des échelles (bâtiment, parcelle, îlot, quartier, agglomération). Leurs développements impliquent une réflexion en terme de gouvernance qui, en fonction des solutions envisagées, pourrait être locale et/ou centralisée, et nécessitent une coordination entre des acteurs aux intérêts parfois divergents.

16) Entretien avec Fabien Esculier, Doctorant, 22/02/2017



Figure 35 : Toilettes publiques, Amsterdam (Source : Wedemain, 2013)

A Amsterdam, des pissotières urbaines installées dans l'espace public permettent de récupérer l'urine pour le transformer en matière fertilisante.



Réservoir de chasse : dispositif de nettoyage permanent généralement situé en tête de chaque égout élémentaire qui se remplit automatiquement avant de libérer brutalement l'eau retenue. Le flot ainsi créé nettoie une portion d'égout. L'eau utilisée est de l'eau non potable.

Réseau unitaire : système de collecte des eaux usées où toutes les eaux (eaux usées domestiques et eaux pluviales) transitent par une seule et même canalisation et se mélangent.

Réseau séparatif : système qui collecte séparément les eaux pluviales et les eaux usées domestiques ou industrielles. Les eaux usées sont traitées en station d'épuration et les eaux pluviales sont rejetées dans le milieu

Eaux de pluie : eau provenant des précipitations atmosphériques qui ne s'est pas encore chargée de substances solubles provenant de la terre

Eaux pluviales : eaux issues de la pluie, mais aussi des eaux provenant de la fonte des neiges, de la grêle ou de la glace tombant ou se formant naturellement sur une propriété, ainsi que les eaux d'infiltration. Elles désignent généralement les eaux de ruissèlement, polluées, par opposition aux eaux de pluie.

Typologie des eaux non potables, APUR

Types d'eau		Provenances	Commentaires
Eau de mer		Mers, océans	Eaux salées
Eaux de surface		Rivières, lacs...	Eaux stockées à la surface des continents.
Eaux souterraines	Eaux d'exhaures	Sols saturés en eau, à proximité des nappes phréatiques	Ces eaux sont évacuées pour permettre l'exploitation du sous-sol ou pour mettre hors d'eau des bâtiments ou des infrastructures (parkings, métro...). Propriétaire de nombreuses infrastructures souterraines, la RATP doit pomper annuellement environ 8 millions de m ³ de ces eaux qu'elle souhaiterait pouvoir valoriser.
	Nappes	Sol saturé en eau	Elles servent souvent de ressource à la production d'eau potable.
Eaux pluviales		Terrasses et toitures	Ce sont les eaux pluviales les moins polluées. En France elles peuvent être réutilisées sous certaines conditions.
		Routes, parkings, caniveaux...	Elles sont polluées, notamment par des hydrocarbures.
Eaux usées / Eaux résiduaires	Domestiques	Eaux grises	Éviers, lavabos, douches, bains, lave-vaisselle, lave-linge.
		Eaux vannes / Eaux noires	WC
		Eaux Jaunes	
	Eaux industrielles	Divers types d'industries	Tout rejet d'eau industrielle doit faire l'objet d'une autorisation préalable. Ces eaux peuvent, après prétraitement éventuel, être raccordées au réseau d'assainissement ou être traitées sur place avant rejet au milieu naturel.

(Source : Guilbaud, Boudet, 2010, [3])

Bibliographie

- Barles S., (2012), Chapter 5. The Seine and Parisian Metabolism : Growth of Capital Dependencies in the 19th and 20th Centuries, in : Castonguay S., Evenden M.D., Urban Waters : Rivers, Cities and the Production of Space in Europe and North America. Pittsburgh : Pittsburgh University Press
- Barles S., (2005), L'invention des déchets urbains, France, 1790-1970. Seyssel : Champ Vallon, coll. Milieux
- Barles S., Coutard O., (2016) Beyond the networked city, the hyper-networked city ? Decline and renaissance of the Parisian non-potable water system (1820-2020), p. 51-71, in : Coutard O., Rutherford J., Beyond the networked city : infrastructure reconfigurations and urban change in the North and South. Abingdon/New York : Routledge
- Barles S., Guillaume A., (2014), Paris : A History of Water, Sewers, and Urban Development, p. 384-409 in : Tvedt T., Oestigaard T., A History of Water, Series 3, Vol 1. Frome Jericho to Cities in the Seas : a History of Urbanization and Water Systems. Londres : IP Tauris
- Bastin C., (2013), A Amsterdam, des toilettes publiques changent l'urine en engrais, *Wedemain.fr*, 3 décembre 2013. Disponible sur : https://www.wedemain.fr/A-Amsterdam-des-toilettes-publiques-changent-l-urine-en-engrais_a373.html
- Bertrand F., (2013), Du réseau d'eau non potable à l'optimisation de la ressource en eau, Partie 1: Cocktail d'eau et valorisation de la ressource, APUR
- Blachère M., (2012), De la Seine au robinet : l'eau, *Mémo Luttés* n° 51
- Duhau I., (2009), La Seine en amont de Paris, Eaux saines-eaux usées, Conseil régional d'Ile-de-France
- Eau de Paris (2012), Livret d'exposition, À boire, à la découverte des fontaines parisiennes,
- Guilbaud M., Boudet C., (2010), Etude sur le devenir du réseau d'eau non potable, Partie 1 : Analyse et diagnostic, APUR
- Guilbaud M., Joubert W., Provost C., (2015), Préservation et valorisation de la ressource en eau brute, Une gestion métropolitaine des eaux pluviales, APUR
- Guilbaud M., Joubert W., (2015), Préservation et valorisation de la ressource en eau brute, Une gestion parisienne des eaux pluviales, APUR
- Husson G. (1996), Historique de l'alimentation en eau potable de la ville de Paris, *Journal européen d'hydrologie*, Volume 23, n° 2
- Jacquement G. (1979), Urbanisme parisien : la bataille du tout à l'égout à la fin du XIXe siècle, *Revue d'histoire moderne et contemporaine*, n°26, octobre-décembre 1979
- Jacquot A. (2002), La compagnie générale des eaux 1852-1952 : un siècle, des débuts à la renaissance, *Entreprise et histoire*, 2002/3 n° 30
- Jauffret D., (2004), Possibilités de recharge artificielle de la nappe alluviale de la Loire en Saône-et-Loire pour sécuriser l'alimentation en eau potable, Rapport final, Service géologique régional Bourgogne
- Le magazine de la chronique scientifique, La gestion de la qualité des ressources en eau, n°5, *Recherche et Développement*, 2005

Maresca B., Poquet G., (2006), La consommation d'eau baisse dans les grandes villes européennes, Crédoc, Consommation et Modes de vie

Maysonave E., Lebihain M., Crolais A., Le Gal A., (2016), L'or liquide : L'innovation socio-technique en assainissement par la mise en synergie d'acteurs locaux : le cas de la collecte sélective des urines sur le plateau de Saclay, Rapport du Groupe d'Analyse d'Action Publique pour le mastère PAPDD, pour le compte de l'Etablissement Public Paris-Saclay

Petit S., (2011), Eau, assainissement, énergie, déchets : vers une ville sans réseaux?, Métropolitique, 14/12/2011

Roussel F., (2006), Le nouveau Parc du Chemin de l'Île de Nanterre filtre les eaux de la Seine grâce à des jardins spécifiques, Actu environnement.com, 19 juin 2006. Disponible sur [https://www.actu-environnement.com/ae/news/1768.php4x`](https://www.actu-environnement.com/ae/news/1768.php4x)

SIAAP, L'assainissement, un enjeu pour l'agglomération parisienne

Site internet

SIAAP, Histoire de la Halle Colombes. Disponible : <http://www.ecole.siaap.fr/histoire-et-societe/histoire-de-la-halle-de-colombes/>

Les parisculteurs, Projet Green'elle, réservoir de Grenelle (15e), Eau de Paris. Disponible : <http://www.parisculteurs.paris/fr/sites/1371-reservoir-de-grenelle-15e.html>

Landezine, Zollhallen Plaza. Disponible sur : <http://www.landezine.com/index.php/2015/04/flood-zone-on-public-plaza-design-atelier-dreiseitl-landscape-architecture/>

Les services de l'Etat en Charente-Maritime, La directive Eaux résiduaires urbaines ERU. Disponible sur : <http://www.charente-maritime.gouv.fr/Politiques-publiques/Environnement-risques-naturels-et-technologiques/Eau-et-milieux-aquatiques/Directives-europeennes-SDAGE-SAGE/La-directive-Eaux-residuaires-urbaines-ERU>

Hauts- de-Seine, le département, Le parc du chemin de l'île. Disponible sur : <http://www.hauts-de-seine.fr/cadre-de-vie/patrimoine-vert/les-parcs-et-jardins/le-parc-du-chemin-de-lile/>

Entretien

- M. Frédéric Bertrand, Mme Mélanie Guilbaud, urbaniste, et, Atelier Parisien d'Urbanisme, à Paris le 14 février 2016

- M. Fabien Esculier, Doctorant, LEESU-METIS, à Paris le 16 février 2017

- Mme Sarah Feuillette, Cheffe de l'unité prospective, Agence de l'eau Seine-Normandie, à Nanterre le 16 février 2017

- M. Bernard de Gouvello, Ingénieur-chercheur au Centre Scientifique et Technique du Bâtiment détaché au LEESU, à Marne la Vallée le 16 février 2017