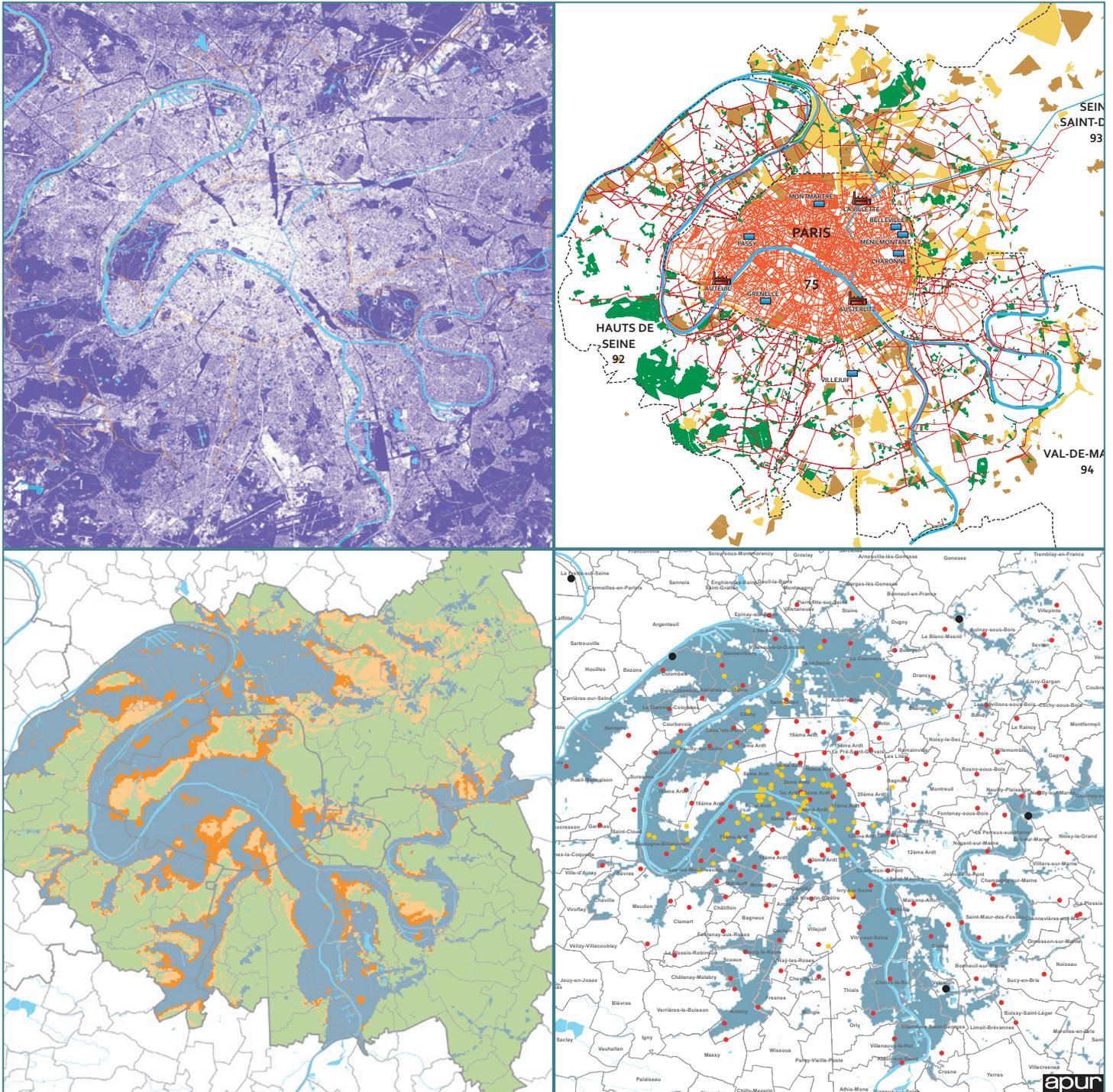


Du réseau d'eau non potable à l'optimisation de la ressource en eau

Partie 1 : Cocktail d'eau et valorisation de la ressource



Directrice de la publication: Dominique Alba
Étude réalisée par: Mélanie Guilbaud et Willem Joubert
Expert extérieur: Thierry Maytraud (ATM)
Sous la direction de: Frédéric Bertrand
Cartographie: Marie-Thérèse Besse, Bernadette Eychenne, Mara Marincioni
Recherche documentaire: Maud Charasson, Muriel Rouzé et Serida Zaïd
Maquette: Jean-Christophe Bonijol
Photos et dessins: Apur sauf mention contraire
www.apur.org

Sommaire

Synthèse	5
I- Un cocktail d'eaux durable pour le réseau d'ENP.....	7
1- Proximité et diversification des ressources en eau du réseau d'ENP.....	9
2- Durabilité et ressources en eau.....	15
3- Ressources complémentaires : volumes, dispositifs techniques et localisation.....	25
4- Enjeux liés à la réutilisation des eaux usées traitées en sortie de station d'épuration	33
5- Qualité des ressources en eau.....	45
II- Valorisation de la ressource en eau non potable....	55
1- Plaisirs de l'eau et valorisation de l'eau brute : la baignade	57
2- Améliorer le confort urbain en période de forte chaleur	67
III- Premières expérimentations possibles	75
1- Valorisation et enrichissement des dispositifs techniques.....	77
2- Valorisation de la ressource en eaux brutes.....	82
IV- Annexes.....	85
1- Les ressources de surface : la Seine, la Marne, la Bièvre, les canaux... ..	87
2- Les ressources souterraines : les eaux de nappe	97
3- Les ressources souterraines : les eaux d'exhaures.....	105
4- Les eaux pluviales.....	111
5- Autres ressources potentielles : les eaux de piscines et de centres nautiques	119
6- Qualité des ressources en eau (annexes).....	125
7- Qualité des eaux de baignade (annexes).....	128

Synthèse

Le conseil de Paris a délibéré, le 19 mars 2012, en faveur du maintien du réseau d'eau non potable et des perspectives de développement de ses usages et de son extension géographique. Le projet de délibération propose de :

- Maintenir le réseau d'eau non potable en optimisant son fonctionnement
- Demander à Eau de Paris :
 - De réaliser les investissements de première nécessité
 - De lancer, lorsque les décisions de valorisation des parcelles désaffectées auront été prises et précisément arrêtées, les travaux sur le réseau préalables à la libération des implantations foncières non nécessaires au maintien de l'activité de production et distribution de l'eau non potable
 - D'engager un programme d'entretien du patrimoine de l'eau non potable
- Poursuivre les études sur les trois axes majeurs d'utilisation à moyen ou long terme du réseau d'eau non potable : la diversification des sources d'alimentation du réseau (eaux d'exhaure, eau non potable) et la prise en compte des dimensions bioclimatique et métropolitaine.

Ces axes d'étude sont pris en charge par les services municipaux de la Ville de Paris concernés, Eau de Paris et l'Apur.

Ces thèmes ont servi à la structuration d'ateliers, mêlant professionnels et chercheurs, qui se sont tenu les 12 et 13 février 2013. Leur restitution fait l'objet d'une publication indépendante.

Par ailleurs, un rapport spécifique a été réalisé en 2012 avec le soutien de la DEVE sur la valorisation de la ressource en eau dans les bois de Boulogne et de Vincennes⁽¹⁾. Il s'intéresse particulièrement aux enjeux liés au cycle de l'eau, aux patrimoines paysager et technique, à la biodiversité et aux usages de l'eau.

À ce stade de l'étude, un réel potentiel semble avéré concernant :

- L'étude du cocktail d'eaux et de la préservation de la ressource en eau potable et potabilisable à la fois en diversifiant les eaux approvisionnant le réseau d'eau non potable et en expérimentant son alimentation possible par les eaux d'exhaures, de la RATP en particulier.
- L'importance des volumes d'eaux usées traitées et leurs possibles exploitations via les installations existantes (usine de traitement de Valenton et alimentation du réservoir de Villejuif via l'émissaire VL10) ;
- L'exemplarité que pourraient représenter les bois parisiens en termes de gestion du cycle de l'eau mais aussi d'usages, de paysage et de biodiversité ;
- L'alimentation possible de communes riveraines et de nouveaux usagers parisiens (bailleurs sociaux, État, parcs et jardins privés...) en profitant de la proximité du réseau d'ENP existant (canalisation et bouches de lavage et de remplissage) et de ses développements possibles (bornes de puisage dédiées) ;
- La création de lieux de baignade partout où la qualité de l'eau brute le permet et dans un premier temps dans le bassin de la Villette ;
- La création d'îlots de fraîcheur localisés à partir d'indicateurs précis (taux d'occupation des quartiers, lieux d'interconnexions de transports en communs, lieux touristiques, terrasses ouvertes).

Cette première étape n'épuise pas les réflexions et expérimentations possibles. Il reste notamment à approfondir les questions liées à la gestion du cycle de l'eau dans un territoire fortement imperméabilisé. Il s'agira notamment de préciser les évolutions envisageables tant pour les espaces publics que privés (particulièrement en matière de techniques de surface). L'usage de l'eau brute et du réseau d'ENP en matière de production d'énergie (chaud et froid) et de complémentarité des outils techniques restera également à approfondir à partir des actions en cours.

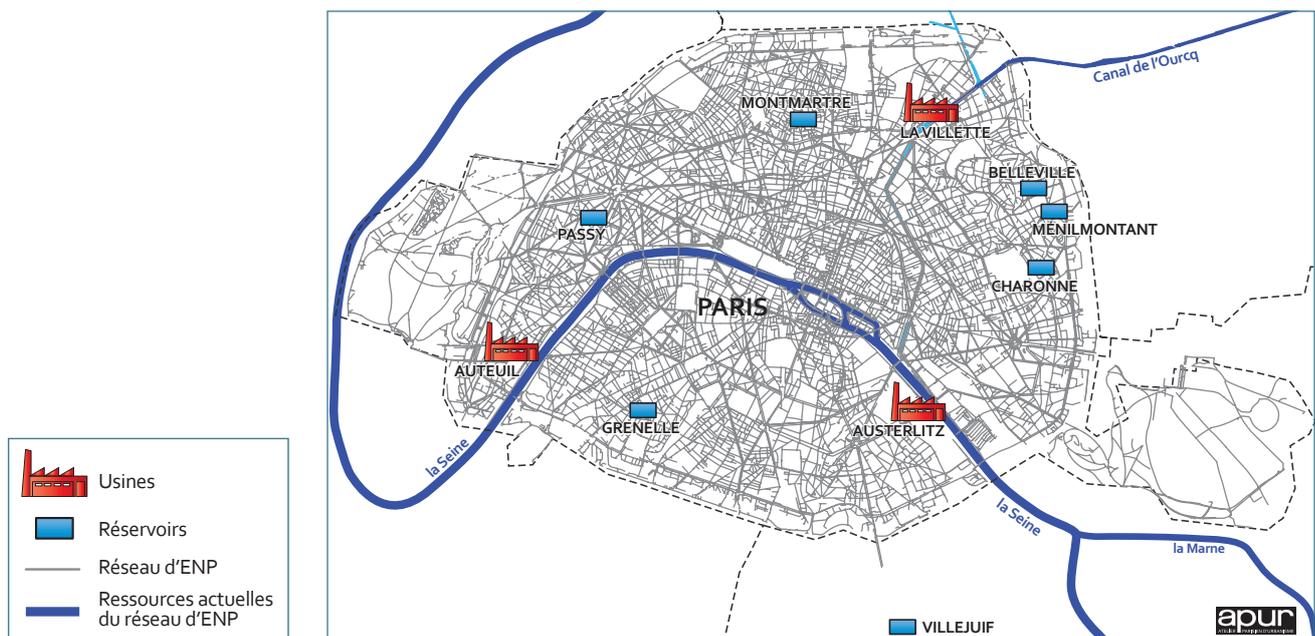
(1) Apur/DEVE, L'eau dans les bois de Boulogne et de Vincennes. Valorisation de la ressource, janvier 2013.

I- Un cocktail d'eaux durable pour le réseau d'ENP

1- Proximité et diversification des ressources en eau du réseau d'ENP

A- Un fonctionnement actuel reposant sur deux ressources de proximité : l'Ourcq et la Seine

Les ressources actuelles du réseau d'ENP



L'eau du canal de l'Ourcq

L'usine de la Villette est située sur le bassin de la Villette, à l'arrivée du canal de l'Ourcq dans Paris. Le fonctionnement hydraulique du canal nécessite de prélever entre 180 000 et 200 000 m³/j dans ce bassin⁽¹⁾, si cette eau n'était pompée par l'usine de la Villette, elle serait rejetée directement en Seine moyennant un réaménagement des infrastructures existantes.

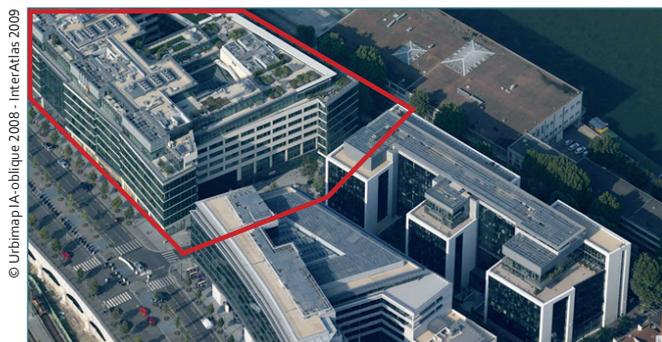
L'usine a été créée pour alimenter les réseaux d'ENP du Nord de Paris. Elle approvisionne aujourd'hui 3 réseaux principaux :

- Une partie du sous réseau Passy, puis reprise vers les réservoirs de Montmartre grâce à l'usine de surpression Rochechouart,
- Ménilmontant par refoulement sur le réservoir de Ménilmontant puis reprise vers les réservoirs de Belleville grâce aux stations Haxo et Télégraphe,
- Bas-Ourcq gravitairement depuis le canal

(1): Hydratec, Diagnostic d'eau non potable de la ville de Paris, 1997, p. 3



Vue oblique de l'usine de la Villette



Vue oblique de l'usine d'Austerlitz enterrée

L'usine d'Austerlitz est située en bord de Seine mais distribue aujourd'hui de l'eau de l'Ourcq provenant du bassin de la Villette (alimentation gravitaire par une conduite de diamètre 1 250 mm). Ce mode d'alimentation est basé sur une recherche d'économie d'énergie : le bassin de la Villette étant situé à une vingtaine de mètres plus hauts que l'usine d'Austerlitz, la différence altimétrique permet à l'eau d'arriver avec une pression suffisante et donc d'économiser sur le pompage nécessaire au refoulement vers les sous réseaux. L'eau de l'Ourcq est donc distribuée, par pompage depuis la conduite d'amenée de l'eau, vers les sous-réseaux de Villejuif et Charonne. La répartition entre les deux secteurs se fait via une vanne de répartition ⁽²⁾. D'autres configurations des vannes sont possibles avec des schémas de production cependant moins privilégiés :

- refoulement depuis la bache en eau de Seine, cette configuration n'est utilisée qu'épisodiquement ;
- refoulement depuis la bache en eau de l'Ourcq (alimentation gravitaire de la bache Ourcq de l'usine d'Austerlitz depuis le bassin de la Villette) ⁽³⁾.

(2) : Safege, Schéma Directeur « Eau 2010-2025 », 2008, p. 10-81

L'usine d'Austerlitz peut également alimenter le bassin de la Villette en eau de Seine en cas de gel pour soutenir le plan d'eau (2 à 3 fois en plus de 10 ans) et en cas d'étiage trop important ⁽⁴⁾.

(3) : Safege, op cit, 2008, p. 10-83

(4) : Hydratec, op cit, 1997, p. 2-3

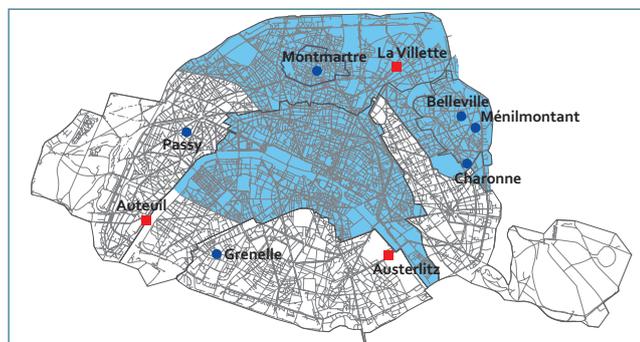


Schéma théorique d'alimentation en eau de l'Ourcq à partir de l'usine de la Villette

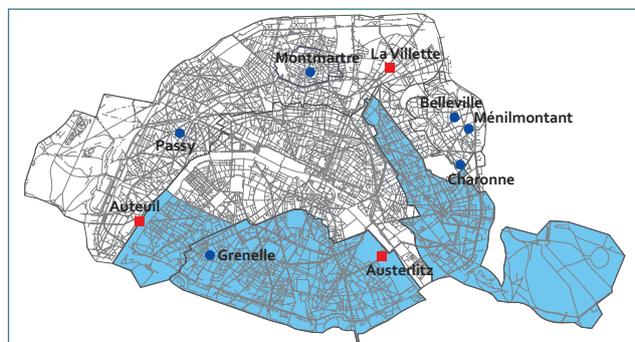
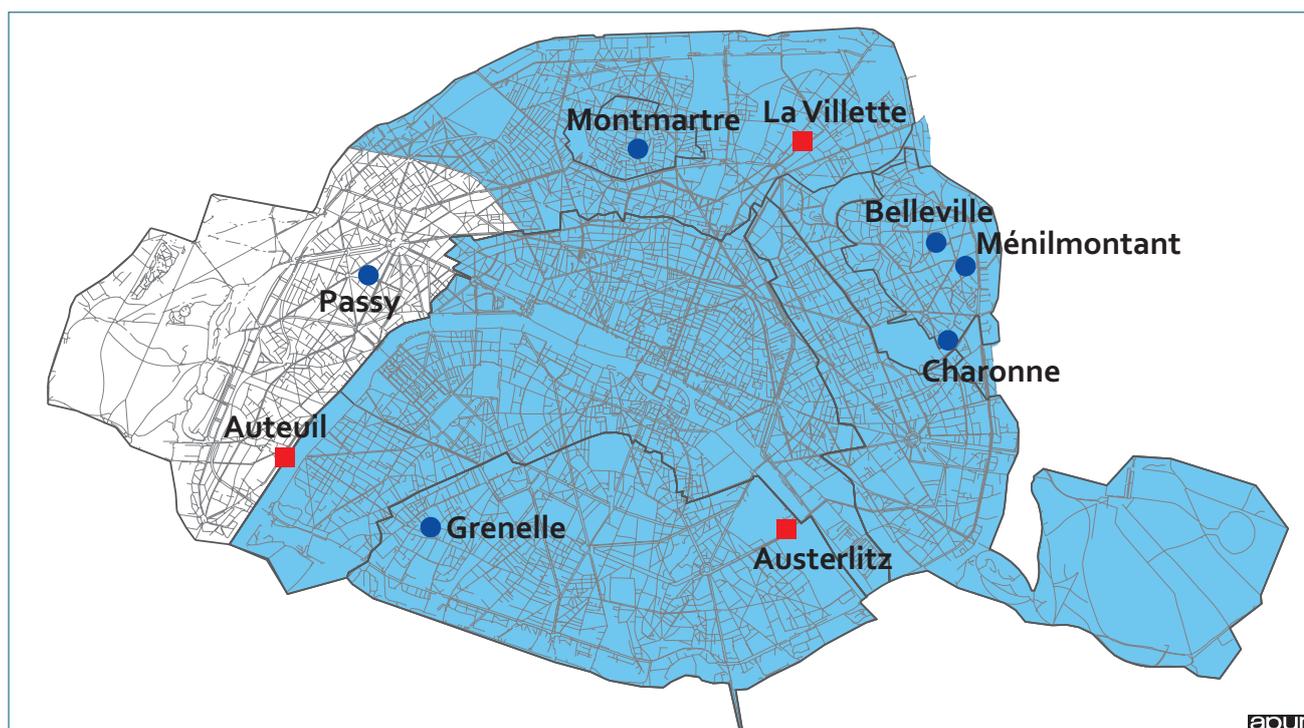


Schéma théorique d'alimentation en eau de l'Ourcq à partir de l'usine d'Austerlitz

Schéma théorique d'alimentation en eau de l'Ourcq à partir des usines d'Austerlitz et de la Villette



apur

L'eau de la Seine

L'usine d'Auteuil est située en rive droite de la Seine, dans le XVI^e arrondissement. Elle alimente une partie du réseau Passy en eau de la Seine via le réservoir de Passy⁽⁵⁾.

Dans le cadre des réflexions sur le devenir du réseau d'ENP, le devenir de l'usine d'Auteuil reste incertain. Deux hypothèses sont aujourd'hui avancées :

- Sa suppression, dans ce cas la fonction de pompage de l'usine serait transférée sur les deux usines restantes avec la pose d'une conduite de 800 mm reliant les réseaux de Villejuif et Passy (pressions proches) entre Cambronne et Iena.
- Son maintien tout en permettant la réaffectation du foncier pour un futur projet d'urbanisme.

© Urbimap IA-oblique 2008 - InterAtlas 2009



Vue oblique de l'usine d'Auteuil

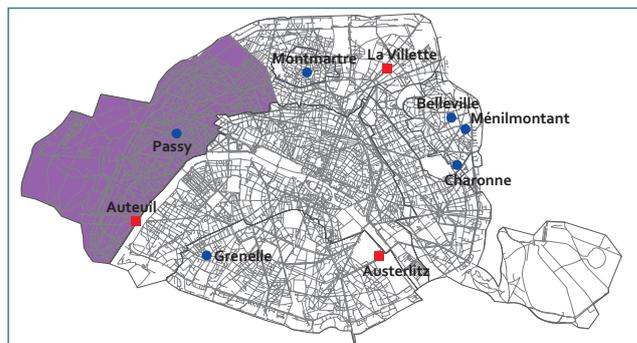


Schéma théorique d'alimentation en eau de Seine à partir de l'usine d'Auteuil

B- Sécurité de l'alimentation du réseau d'ENP

Notons qu'à l'inverse du réseau d'AEP, le réseau d'ENP a l'intérêt de prélever des ressources en eau « dites » de proximité. Le développement de nouvelles ressources de proximité telles que l'eau pluviale, l'eau d'exhaure... ne fera que renforcer le schéma existant.

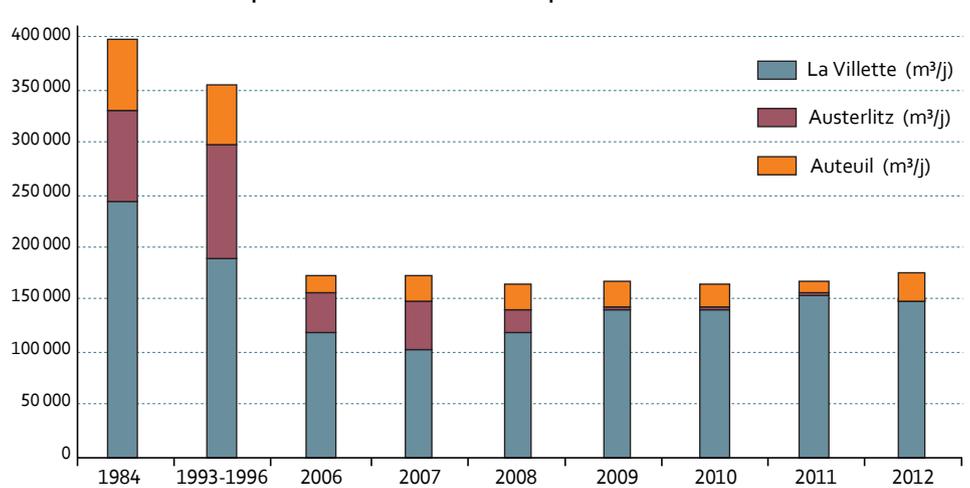
À l'instar du réseau d'AEP de la Ville de Paris, la diversité des ressources est un atout important pour un fonctionnement optimal du réseau. Aujourd'hui peu mis en valeur du fait qu'aucune obligation contractuelle n'impose à Eau de Paris la continuité du service à ses usagers, cet argument deviendra central dans une politique commerciale de développement du service, voire dans la perspective de possibles tensions liées à certains prélèvements.

En cas de pollution ou d'incident sur l'une ou l'autre des ressources, Eau de Paris restera en mesure d'alimenter ses usagers.

(5) : Safege, op cit, 2008, p. 10-84

C- La ressource canal : un modèle économique à questionner

Évolution du volume de production des usines ENP depuis 1984



En m³/jour	Capacité totale des usines	1984	1993-1996	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Baisse depuis 1984									
La Villette	201 600	245 000	61%	191 000	53%	121 597	69%	105 789	60%	120 000	71%	143 660	85%	143 690	86%	155 852	91%	150 258	84%	-51%
Austerlitz	172 800	87 000	22%	110 000	31%	36 236	21%	44 367	25%	22 500	13%	18 960	1%	8 740	1%	4 134	2%	1 666	1%	-74%
Auteuil	172 800	69 000	17%	57 500	16%	18 263	10%	25 871	15%	26 000	15%	24 403	14%	22 627	14%	10 447	6%	26 370	15%	-62%
Total	547 200	401 000		358 500		176 096		176 027		168 500		169 959		167 192		170 433		178 293		-58%

Source : Eau de Paris

Malgré les fortes baisses de production constatées depuis 2006, l'usine de la Villette reste la principale usine productrice d'ENP (84 % des volumes produits). Cependant, la forte diminution des consommations a conduit à une baisse de sa production, comme de celles des autres usines.

La part de l'usine d'Austerlitz dans la production totale d'ENP est aujourd'hui presque nulle, elle représente 1 % des volumes prélevés par l'ensemble des usines, contre 22 % en 1984. Cette baisse s'est faite au profit de l'usine de la Villette. La part de la production de l'usine d'Auteuil est, elle, restée relativement stable (13,5 %). L'usine d'Austerlitz reste à ce jour la plus grande puissance installée.

Deux raisons économiques expliquent qu'Eau de Paris privilégie aujourd'hui l'eau du canal de l'Ourcq pour alimenter son réseau d'ENP :

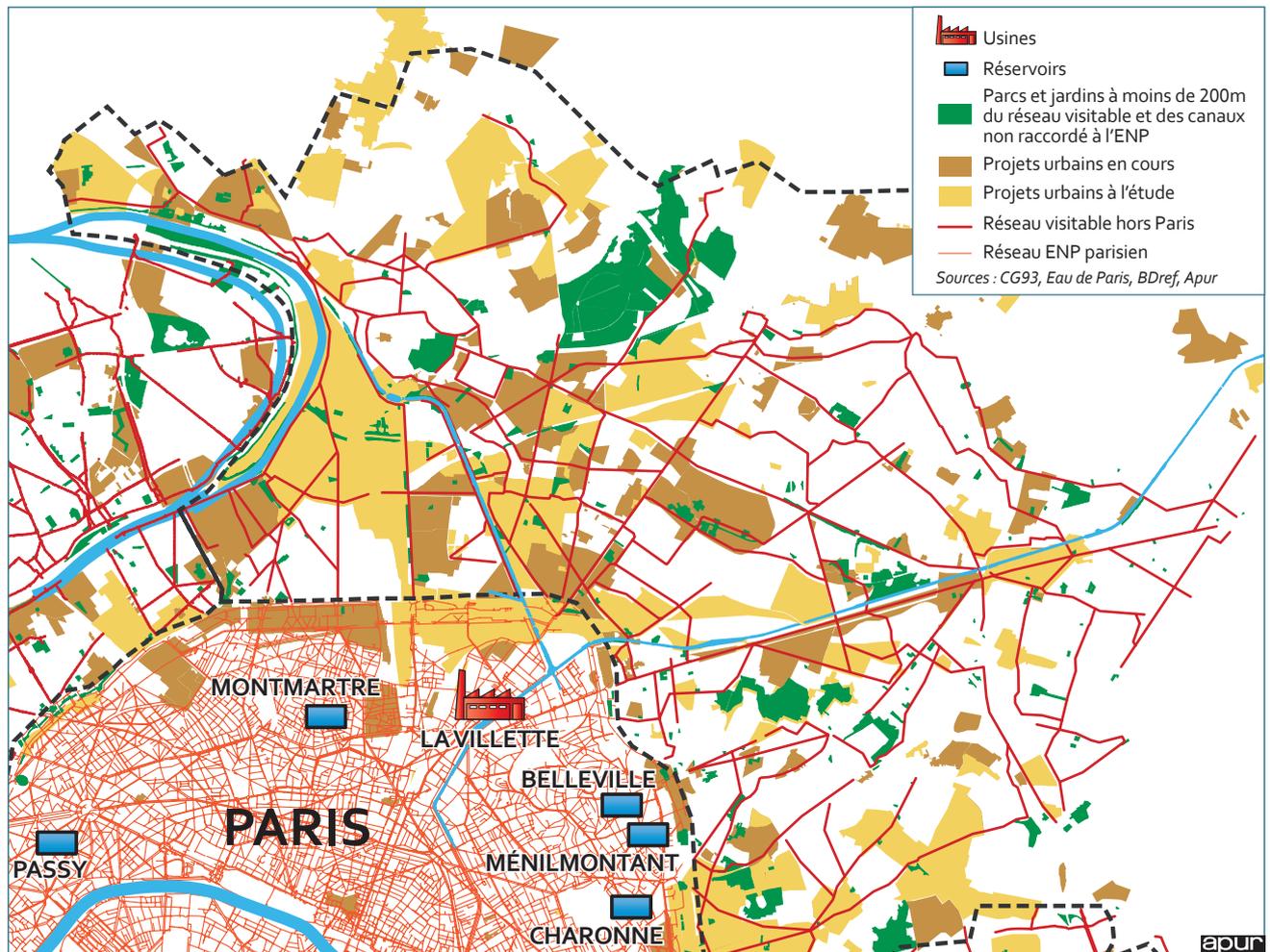
- Depuis 2009, l'usine de la Villette est alimentée en fonctionnement courant par de l'eau acheminée gravitairement par le canal de l'Ourcq.
- Les eaux prélevées dans le bassin de la Villette sont facturées à Eau de Paris par la Ville (service des canaux). Eau de Paris paie une somme forfaitaire (environ 3 M€/an) correspondant au prélèvement d'un volume minimal de 180 000 m³/j garantissant le bon fonctionnement du canal, soit un coût de 0,04 €/m³. Au-delà de ce volume, le prix payé est proportionnel au volume prélevé ($P = 0,0396 \times V_p$). Le service des canaux paie à l'agence de l'eau Seine-Normandie la redevance correspondant au prélèvement du canal de l'Ourcq. Cette redevance inclut l'alimentation du canal et l'alimentation du réseau d'ENP. Eau de Paris rembourse au service des canaux la part correspondant à l'alimentation du réseau soit 0,4 M€/an. Ce mode de calcul du coût de l'eau incite aujourd'hui Eau de Paris à privilégier la ressource du canal de l'Ourcq.

L'éventuelle remise en cause du mode de facturation actuel à Eau de Paris reposant sur un paiement forfaitaire inciterait à diversifier la provenance des recettes en multipliant les partenaires et en privilégiant ainsi un meilleur partage de la ressource du canal de l'Ourcq avec l'ensemble des communes qui le traverse.

D- Mise à disposition de volumes plus importants à de nouveaux partenaires

Comme nous l'avons rappelé, le fonctionnement même du canal de l'Ourcq impose un prélèvement d'environ 200 000 m³/j afin d'assurer l'une de ses fonctions principales qui est la navigation. À moins de considérer que le canal de l'Ourcq n'assure plus cette fonction et que son niveau d'eau puisse baisser fortement, ce volume continuera à être acheminé vers le bassin de la Villette.

Cependant, à partir de l'écluse de Sevrans, ces 200 000 m³/j pourraient être partagés avec les communes riveraines du canal. Cette action s'inscrirait dans la continuité d'une démarche récemment mise en place par les services des canaux à travers son guide du partage des eaux autorisant et encadrant les rejets et les prises d'eau. Dans le cadre du fonctionnement actuel des canaux parisiens un volume de 30 000 à 50 000 m³/j peut d'ores et déjà être partagé en aval de l'écluse de Sevrans.



Synthèse

- À l'inverse du réseau d'AEP, le réseau d'ENP a l'intérêt de prélever des ressources en eau « dites » de proximité. La prise en compte de nouvelles ressources de ce type, telles que l'eau pluviale, l'eau d'exhaure... ne fera que renforcer le schéma existant et son potentiel local.
- La diversité des ressources du réseau (Seine, Ourcq) peut devenir un argument central dans une politique commerciale de développement du service
- Le potentiel du canal comme ressource :
 - Diversifier les recettes en multipliant les partenariats le long du canal de l'Ourcq.
 - Mise à disposition à partir de l'écluse de Sevrans de 200 000 m³/j, dans l'hypothèse où le canal n'alimenterait plus le réseau d'ENP parisien. Cette action s'inscrirait dans la poursuite des initiatives lancées par le service des canaux à travers son guide du partage de l'eau qui permet déjà aux communes riveraines de prélever entre 30 000 à 50 000 m³/j.

2- Durabilité et ressources en eau

A- Enjeux d'une utilisation de l'eau brute pour les grandes métropoles

L'eau est une ressource vitale pour les hommes et les écosystèmes. De nombreux débats portent aujourd'hui sur la disponibilité de la ressource face au changement climatique et dans des régions du monde confrontées à des difficultés d'accès à l'eau.

À l'échelle mondiale, la très grande majorité de l'eau prélevée dans le milieu naturel est utilisée comme eau non potable, celle-ci étant essentiellement destinée aux activités agricoles.

Le tableau suivant récapitule les volumes prélevés ainsi que les répartitions entre AEP et ENP.

Zone	Prélèvements en eau		
	Eau potable	Eau non potable	Total (m ³ /j)
Monde ⁽¹⁾	11 %	89 %	11-14 milliards
France ⁽²⁾	17 % (15,6 millions de m ³ /j)	83 % (75,9 millions de m ³ /j)	91,5 millions
Paris ⁽³⁾	76 % (540 000 m ³ /j)	24 % (170 000 m ³ /j)	710 000

La situation dans les grandes métropoles est spécifique. En effet, si les experts s'accordent pour dire que le manque d'eau brute ne menace pas aujourd'hui l'humanité, l'enjeu est d'assurer un service continu en AEP et donc des investissements de plus en plus importants pour la produire.

Selon l'ONU, environ 1,1 milliard de personnes n'ont pas un accès permanent à l'eau potable. Avec une population mondiale qui devrait atteindre 9,5 milliards de personnes en 2050, le défi de l'eau est permanent.

Fort de ce constat, certains pays et particulièrement ceux exposés à des contextes où la ressource est fortement sollicitée (pénurie d'eau, forte croissance démographique), comme à Tokyo au Japon ou à Hong Kong en Chine, ont mis en place des mesures visant à préserver la ressource potabilisable, en utilisant une ressource de moins bonne qualité pour des usages ne nécessitant pas d'eau potable.

Ces initiatives qui se développent un peu partout dans le monde sont susceptibles de conforter et d'inspirer la situation de Paris tant en terme d'économie de la ressource que d'anticipation des changements climatiques et urbains.

La ville de Paris est déjà dotée d'un double réseau d'eau, à l'inverse d'autres grandes métropoles mondiales, telles que Londres et Madrid, qui investissent aujourd'hui des moyens importants, en étude ou en réalisation, pour sa construction. Cet héritage peut aujourd'hui servir à la mise en œuvre d'une nouvelle gestion de l'eau sur le territoire parisien.

(1) : PWC, L'eau : Enjeux, Dynamiques et Solutions, 2012, p. 15 et 16

(2) : Les prélèvements d'eau en France en 2009 et leurs évolutions depuis 10 ans, SOes, 2012

(3) : Mairie de Paris, Le Livre Bleu, 2012, p. 6 et 12

C- État de la durabilité des ressources actuelles du réseau d'ENP

L'Ourcq

(par Claude Gaudin, Service des canaux de la Ville de Paris, 11 mars 2013)

Le canal de l'Ourcq, depuis son origine (Bonaparte 1^{er} Consul), est un ouvrage au fonctionnement hydraulique singulier, en raison de sa pente et de sa double fonction : ouvrage de navigation, nécessitant le maintien d'un tirant d'eau dans tous ses biefs, et aqueduc d'alimentation en eau de Paris (pour le réseau d'eau brute et la navigation sur les canaux St-Denis et St-Martin).

Ces conditions singulières ont nécessité dès l'origine un approvisionnement en eau continu, obtenu en détournant les eaux des rivières, en commençant par l'Ourcq, la plus importante, mais également celles de la Théroüanne, de la Gergogne, de la Grivette, de la Beuvronne, rendu possible par le fameux décret napoléonien.

Malgré ces conditions d'alimentation en eau, le maintien du tirant d'eau sur le canal de l'Ourcq restait impossible lors des étiages de l'Ourcq et il a fallu compléter l'alimentation, au milieu du XIX^e siècle, en captant les eaux d'un affluent de rive gauche, le Clignon.

À cette même époque l'ingénieur Emile Vuignier (1798-1865) améliora aussi le fonctionnement du canal de l'Ourcq en construisant 6 écluses, facilitant grâce à ce cloisonnement, le maintien des tirants d'eau sur le canal.

Plus tard, fin du XIX^e siècle, les usines de pompage en Marne de Villers les Rigault et de Trilbardou achevèrent enfin de fiabiliser l'approvisionnement en eau des canaux toute l'année, et quasiment quelles que soient les conditions pluviométriques.

Dès lors la situation hydraulique n'avait guère évolué en dehors de l'arrêt de l'usine de pompage de Villers les Rigault fragilisant la tenue des hauteurs d'eau dans le « grand bief » (Mareuil-Varreddes).

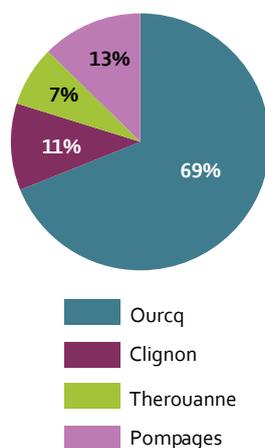
On comprendra que plus les biefs du canal de l'Ourcq sont longs et pentus, plus il est difficile à débit égal de maintenir un tirant d'eau compatible avec la navigabilité. C'est ce qui explique les difficultés rencontrées sur le bief Mareuil-Varreddes (le plus long) et sur le bief Fresnes-Sevrain (le plus pentu, mais qui heureusement se situe en aval de l'apport de l'usine de Trilbardou).

Les suites des Grenelles de l'Environnement et l'application faite en France de la Directive Cadre Européenne tendent à remettre en cause les différentes sources d'alimentation en eau du canal de l'Ourcq. Au niveau des affluents en voulant imposer la restitution en toute saison d'un débit « biogène » dans les cours inférieurs des affluents qui ont été captés. L'enjeu est particulièrement important en ce qui concerne la rivière d'Ourcq inférieure, principale ressource en eau du canal. Il est aussi non négligeable pour le Clignon et pour la Théroüanne, deux affluents alimentant le « grand bief ». Il est par contre faible pour la Beuvronne qui dans la situation actuelle (fuite des digues en amont et tracé du TGV ayant réduit la pente) n'alimente plus le canal que très faiblement. Cette situation conduit à compenser l'alimentation par des pompes supplémentaires à l'usine de Trilbardou.

Au niveau des pompes, l'application française de la DCE a également pris comme cheval de bataille la mise en œuvre des continuités piscicole et sédimentaire si possible en supprimant les barrages. La conception de l'usine de Trilbardou comportant une turbine hydraulique (nécessitant une chute d'eau, donc un barrage), et des pompes électriques calées sur les niveaux des biefs actuels de la Marne ne peut, là encore, s'accommoder aisément de la suppression du barrage (étude d'impact en cours).

Ce sont donc toutes les ressources en eau alimentant les canaux de Paris et par là même l'existence du réseau qui se trouvent actuellement sur la sellette.

Exemple de répartition des eaux alimentant le canal de l'Ourcq



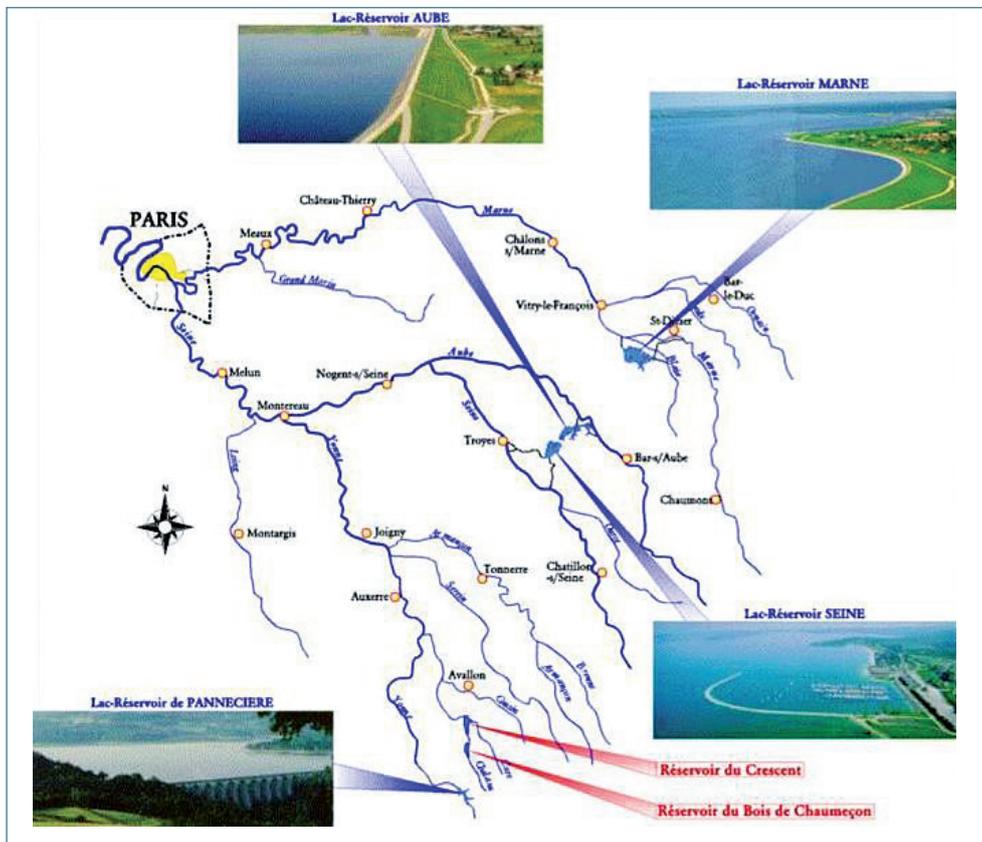
La Seine

La Seine est un catalyseur de développement territorial et économique important pour les territoires qu'elle parcourt. Historiquement, Paris s'est développé à partir du noyau central de l'île de la Cité. La présence de la Seine, constituant le centre topographique et le moteur économique, influença une extension de la ville le long de ses deux rives. Aujourd'hui, elle traverse Paris sur 13 kilomètres.

La Seine est fortement aménagée pour protéger la ville de Paris des crues, réguler son cours et celui de ses affluents afin d'assurer la fiabilité de la navigation fluviale. Les lacs-réservoirs et les barrage-écluses sont des équipements essentiels du dispositif.

Quatre lacs réservoirs permettent de réguler le niveau de la Seine au niveau de Paris afin de garantir une présence continue de cette ressource pour assurer la production d'eau potable, prévenir les arrêts de sécheresse, protéger les installations notamment les centrales électriques et les réseaux de transport (métro, RER). Ces lacs régulent le niveau de la Seine en stockant l'eau lors des périodes de crue et en la restituant lors des périodes d'étiage. Ils sont situés à environ 200 km en amont de Paris en dérivation de la Seine, de la Marne, de l'Aube et sur l'Yonne.

Les 4 barrages réservoirs du bassin de la Seine



En période de crue, la capacité maximale de dérivation de l'eau de la Seine vers ces lacs réservoirs est de $820 \text{ m}^3/\text{s}$ ($70 \text{ Mm}^3/\text{j}$), soit un peu plus que les volumes annuels d'eau non potable mis à disposition par Eau de Paris. D'après des simulations réalisées, la mise en place de ces barrages réservoirs aurait abaissé de 60 cm la ligne d'eau maximale de la crue de 1910⁽⁴⁾.

En période d'étiage, les apports moyens de ces lacs réservoirs sont de $70 \text{ m}^3/\text{s}$ ($6 \text{ Mm}^3/\text{j}$), l'équivalent de la consommation journalière d'eau potable de 40 millions de français.

Le barrage-écluse de Suresnes contribue au maintien en eau de la Seine dans Paris. Il a pour rôle de garantir une hauteur d'eau permettant la navigation. En fonction du débit, le barrage peut laisser la Seine s'écouler librement ou contenir ses eaux.



Photo du barrage écluse de Suresnes

Les débits naturels de la Seine sont perturbés par les interventions humaines (prélèvements pour différents usages : production d'eau potable, géothermie...).

Le débit moyen de la Seine à Paris est de $280 \text{ m}^3/\text{s}$, soit $25 \text{ Mm}^3/\text{j}$. Il peut varier entre $100 \text{ m}^3/\text{s}$ en étiage (août) et $550 \text{ m}^3/\text{s}$ en hautes eaux d'hiver (février). Son seuil d'alerte est de $60 \text{ m}^3/\text{s}$ et son seuil de crise de $45 \text{ m}^3/\text{s}$ ⁽⁵⁾. La différence de $220 \text{ m}^3/\text{s}$ entre son débit moyen et son seuil d'alerte démontre qu'il est possible d'exploiter un volume important sans affecter la ressource.

L'État, à travers la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Énergie (DRIEE), considère la Seine comme une ressource majeure. Les prises d'eau classées comme importantes (au-dessus de $80 \text{ m}^3/\text{h}$, soit environ $2000 \text{ m}^3/\text{j}$) dans le fleuve font l'objet d'une demande d'autorisation auprès de la Police de l'Eau. Si d'autres demandes sont faites par un même utilisateur, elles seront cumulées et l'impact sur la Seine sera évalué par une étude hydraulique réalisée à la demande de la Police de l'Eau par le demandeur. Une utilisation de $2000 \text{ m}^3/\text{j}$ représente l'arrosage de 1 km^2 d'espace vert. En dessous de $80 \text{ m}^3/\text{h}$, aucun dossier n'est à constituer. L'analyse des dossiers s'effectue aussi par rapport aux usages prévus par le demandeur. La Police de l'Eau peut refuser un pompage. L'une des principales motivations de refus concerne le rejet dans le réseau d'assainissement, l'usage de l'eau étant alors considéré comme « du gaspillage ».

Toutefois, il pourrait être envisagé des prises d'eau dans la Seine avec comme contrainte, lors d'un arrêté sécheresse par exemple, de suspendre les prises d'eau pendant les périodes de stress hydrique. Les Grands Lacs de Seine ne savent pas aujourd'hui se positionner concernant les impacts sur la Seine des prises d'eau pour l'arrosage, par exemple pour une collectivité. Cependant ces usages ne consommant pas une quantité importante d'eau, l'impact semble très limité.

(4) Ville de Paris, PLU, 1^{ère} partie
- État initial de l'environnement,
L'environnement naturel et urbain,
p. 11

D- État de la durabilité des nouvelles ressources exploitables

Les eaux de station d'épuration traitées

Localisée en sortie des stations d'épurations, cette ressource est disponible en continu. Le débit des eaux usées domestiques et industrielles est en corrélation principalement avec la consommation d'eau potable: il dépend du rythme de l'activité urbaine. Il est également en relation avec la pluviométrie lorsqu'il s'agit de réseaux unitaires. Des eaux d'infiltrations (eaux d'exhaure) peuvent aussi se retrouver dans les réseaux d'assainissement et donc accroître le volume des eaux claires parasites (ECP) et par conséquent le débit des eaux usées et les volumes à traiter.

Dans les pays en fort stress hydrique, ce sont principalement ces eaux qui sont réutilisées puisqu'elles permettent de préserver les ressources en eau destinées à la production d'eau potable.

© arnelle.canalblog.com



Rivière Meguro au Japon



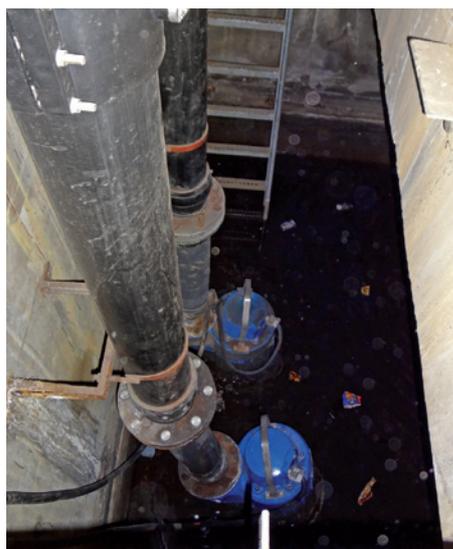
Arrosage d'arbres au Japon

Source : A.Tajima, M.Yoshizawa, K.Sakurai, M.Mihamiyama, Establishment of guidelines for the reuse of treated wastewater

Les eaux d'exhaure

L'eau d'exhaure, eau souterraine évacuée pour permettre l'exploitation ou la mise hors d'eau d'infrastructures, est présente en quantité importante dans Paris intra-muros du fait du grand nombre d'infrastructures souterraines (parkings, métro...).

Cette ressource dépend uniquement des sites d'épuisements existants. Elle est présente en continue et relativement indépendante de la saison.



Poste d'épuisement de la RATP

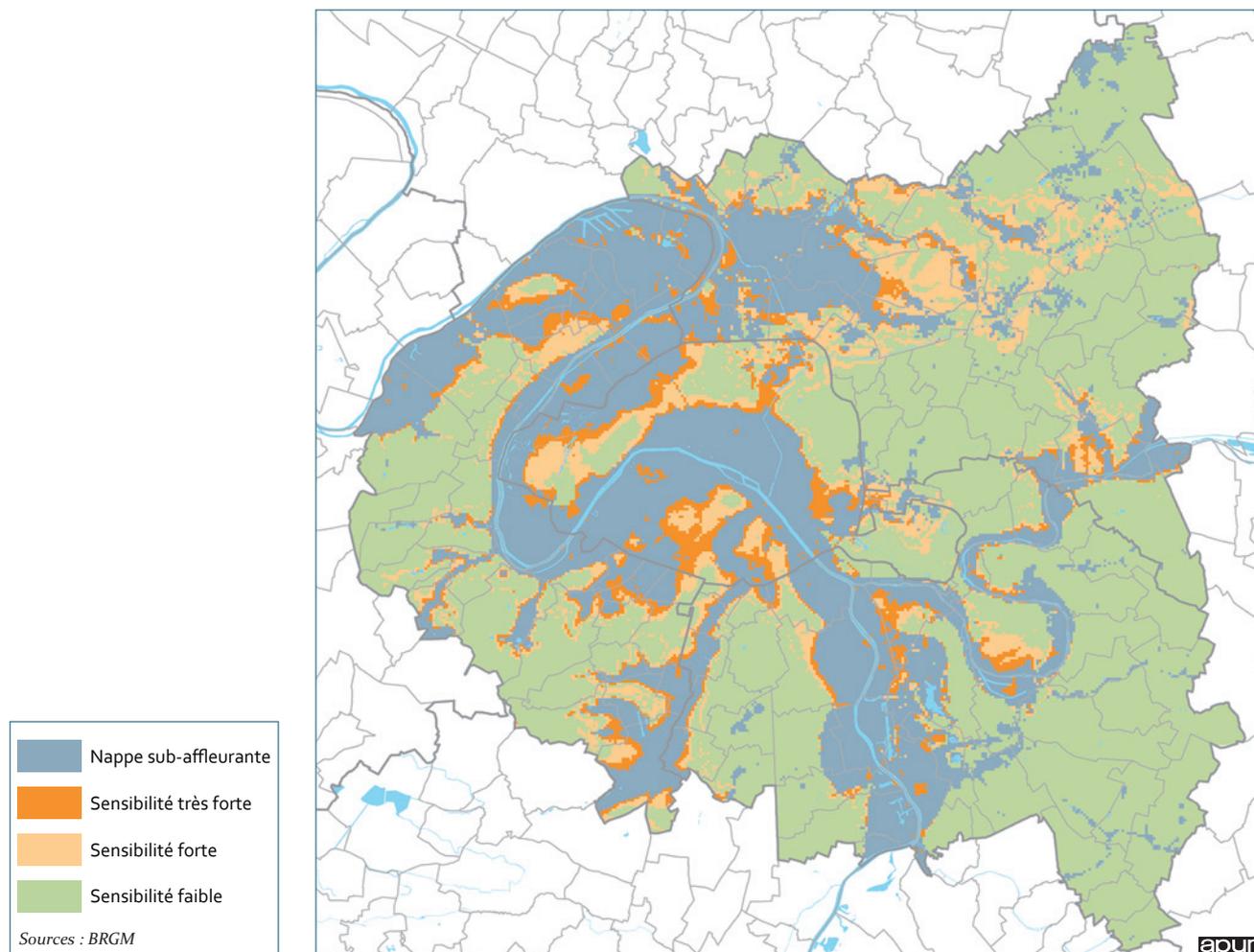
(5) Bulletin de suivi de l'étiage du 15 octobre au 5 novembre 2012, Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Énergie d'Ile-de-France

L'eau de nappe

L'eau de nappe, eau douce souterraine contenue dans les aquifères, est une ressource variable qui nécessite des études spécifiques sur son fonctionnement et sur l'impact des prélèvements. Aujourd'hui, le niveau de la nappe à Paris se stabilise à son niveau haut après des baisses dues principalement aux pompages industriels et aux importants travaux de génie civil lors des chantiers de construction du RER, métro...

La carte ci-dessous représente la sensibilité de remontée de la nappe. Plus une nappe est proche de la surface, plus sa sensibilité est forte.

Remontée de nappes



Selon l'Institut Français de l'Environnement, la variable essentielle à prendre en compte pour une disponibilité continue est le volume d'eau nécessaire à sa recharge. Les précipitations permettent cette recharge. Les pluies de faibles intensités bénéficient le plus aux aquifères. D'après le BRGM, l'infiltration annuelle représente entre 80 et 120 mm d'eau en Ile-de-France, d'où l'importance de favoriser la perméabilité des sols dès que cela est possible.

De nombreuses nappes sont présentes sur le territoire parisien. Cependant la nappe qui peut être considérée comme exploitable car peu profonde est la nappe Bartonienne du calcaire de Saint-Ouen.

Les eaux pluviales

C'est une ressource aléatoire et disparate en termes de continuité. C'est en effet durant les périodes estivales que cette eau est généralement nécessaire mais moins disponible. À Paris, les eaux pluviales sont collectées avec les eaux usées par le réseau d'assainissement, à l'exception du quartier Paris Rive Gauche où le réseau est séparatif. Celles issues du réseau unitaire sont acheminées dans les stations d'épuration. Lors des fortes pluies, ces eaux sont rejetées directement en Seine par des déversoirs d'orages.



© Composante Urbaine

Cuve de réutilisation des eaux pluviales du Parc du Quartier des Bords de Seine à Asnières-sur-Seine

Les eaux de piscines

Les eaux de piscines offrent un potentiel intéressant grâce aux vidanges bi annuelles, aux eaux de recyclage des filtres, aux eaux de renouvellements et aux recyclages de l'eau des douches. Les eaux de vidanges sont des ressources ponctuelles qui peuvent être récupérées avec ou sans stockage. Les eaux de recyclage des filtres sont des ressources journalières qui ne peuvent pas être récupérées immédiatement. En effet, le nettoyage des filtres se déclenche seul en fonction de son encrassement. L'eau de renouvellement est également une ressource journalière.

Ces eaux « propres » sont rejetées au réseau unitaire et sont acheminées en station d'épuration ce qui ne paraît pas optimal au regard d'un système de gestion de l'eau en milieu urbain. C'est une ressource constante nécessitant des dispositifs de récupération peu sophistiqués.



© Ville de Rennes

Piscine municipale - Ville de Rennes

Synthèse

- L'enjeu majeur pour les pays où la ressource est fortement sollicitée est d'assurer un service continu en AEP. Face à des investissements de plus en plus importants pour la produire, de nombreux pays ont mis en place des mesures visant à préserver la ressource potabilisable, en utilisant une ressource de moins bonne qualité pour des usages ne nécessitant pas d'eau potable.
- La ville de Paris est déjà dotée d'un double réseau d'eau, à l'inverse d'autres grandes métropoles mondiales, telles que Londres et Madrid, qui investissent aujourd'hui des moyens importants, pour sa construction. Cet héritage peut aujourd'hui servir à la mise en œuvre d'une nouvelle gestion de l'eau sur le territoire parisien.
- Les experts annoncent à l'horizon 2050, une forte baisse de la disponibilité de la ressource en eau à l'échelle du bassin Seine Normandie et une pression plus forte sur la Marne, la Seine et les Canaux, ressources aujourd'hui permanentes et maîtrisées.
- Face à la pression sur la ressource, les canaux resteront-ils navigables toute l'année ? Les débits d'étiage plus sévères sur la Marne et la Seine, multiplieront-ils les restrictions de prélèvements ?
- L'application de la DCE et du Grenelle de l'environnement à travers les mesures visant à assurer des débits « biogènes » en toute saison pour les dérivations et à préserver les continuités piscicoles peut conduire à une remise en cause importante des différentes sources d'alimentation en eau du canal.

3- Ressources complémentaires : volumes, dispositifs techniques et localisation

Quelles sont les ressources en eau autres que celles utilisées actuellement qui pourraient servir à l'alimenter le réseau d'ENP ? L'objectif étant de mutualiser et d'optimiser les ressources existantes sur le territoire dans une perspective de raréfaction des ressources disponibles.

L'estimation des volumes et des dispositifs nécessaires à l'exploitation de ces eaux doit permettre de déterminer la pertinence de chacune d'entre elles. L'étude plus fine de leurs qualités et de leurs disponibilités est développée dans des fiches qui leur sont dédiées.

A- Volumes disponibles des ressources complémentaires

Les eaux traitées de station d'épuration (STEP)

La part des eaux de STEP exploitable a été estimée à partir des eaux traitées issues de la station de traitement de Valenton. Située en amont de Paris, la station pourrait alimenter Paris et le sud de la métropole, profitant ainsi d'un fonctionnement en gravitaire, même faible, sur une partie du territoire.

D'après le SIAAP, l'usine de Valenton rejette en Seine 360 000 m³/j d'eau usée traitée. Divers entretiens avec des professionnels du SIAAP ont permis d'estimer qu'une réutilisation d'au moins 50 %, voire plus, de ces eaux est envisageable. Un volume de 180 000 m³/j serait donc disponible, soit l'équivalent du volume d'eau produit actuellement par les usines du réseau d'ENP parisien.

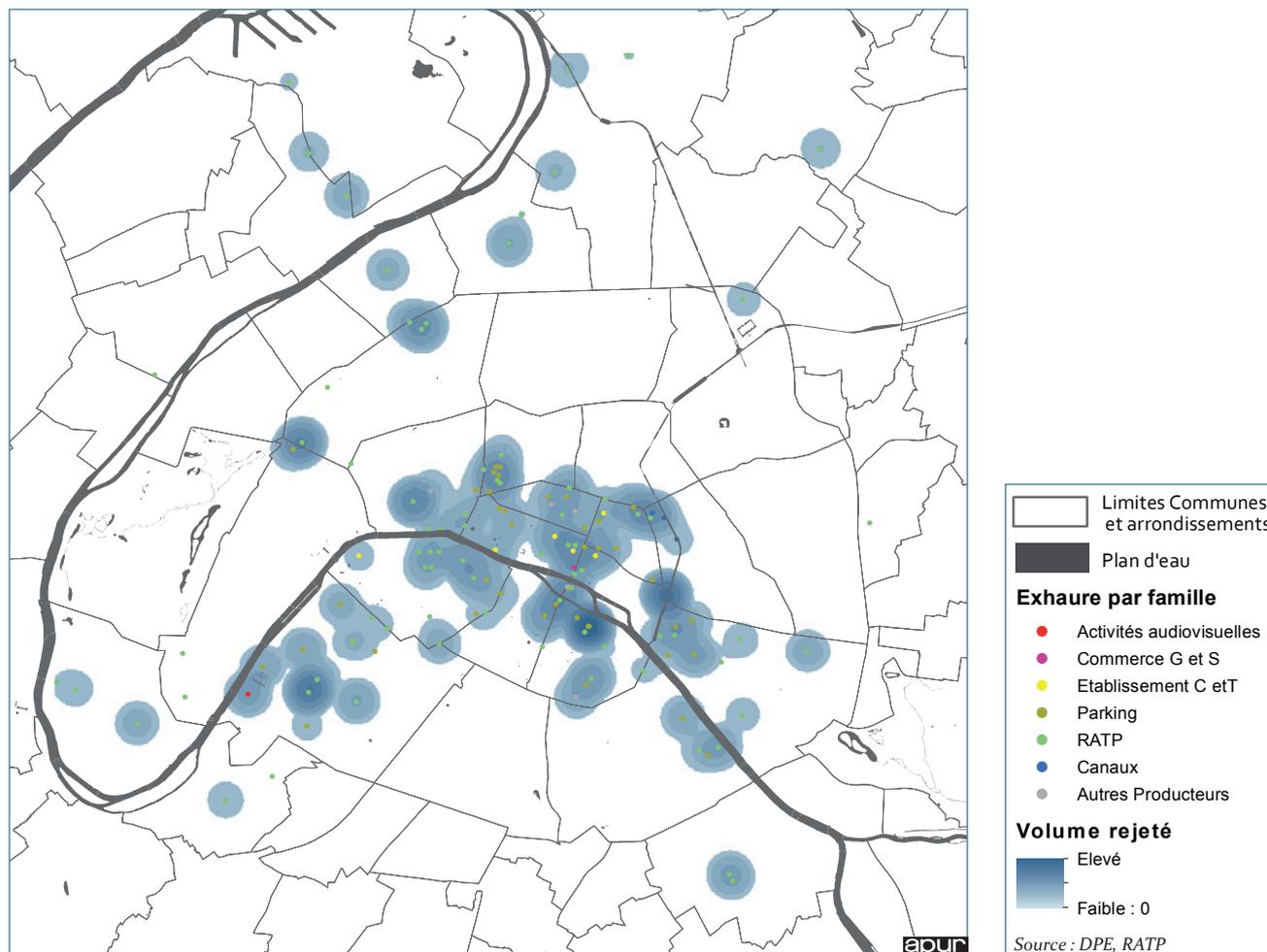


Production d'eau industrielle de l'usine de Valenton

Les eaux d'exhaure

La part disponible d'eau d'exhaure a été déterminée à partir des données du STEA et de la RATP. Le cumul journalier moyen, entre 2010 et 2011, des 213 postes d'épuisements parisiens de la RATP, rejetant en égouts, est de 13 715 m³/j. Le rejet moyen en égouts des autres producteurs d'exhaure, majoritairement les parkings, est de 13 661 m³/j entre 2006 et 2010, soit un volume total d'exhaure disponible d'environ 27 400 m³/j.

Secteurs de rejets importants d'eaux d'exhaures



Les eaux pluviales

Paris a une surface de 105 km² (10 500 ha). Avec des précipitations de 637 mm⁽¹⁾, le cumul annuel des eaux pluviales sur ce territoire est de 66 885 000 m³. En estimant une récupération directe de 5 % du cumul annuel, il serait possible de disposer de 3 344 250 m³, soit 9 162 m³/j.

Les eaux de nappe

La nappe sur le territoire de l'agglomération parisienne qui pourrait être considérée comme une ressource accessible car peu profonde est la nappe du calcaire de Saint-Ouen appelée aussi nappe Bartonienne (située environ entre 5 et 10 m de profondeur).

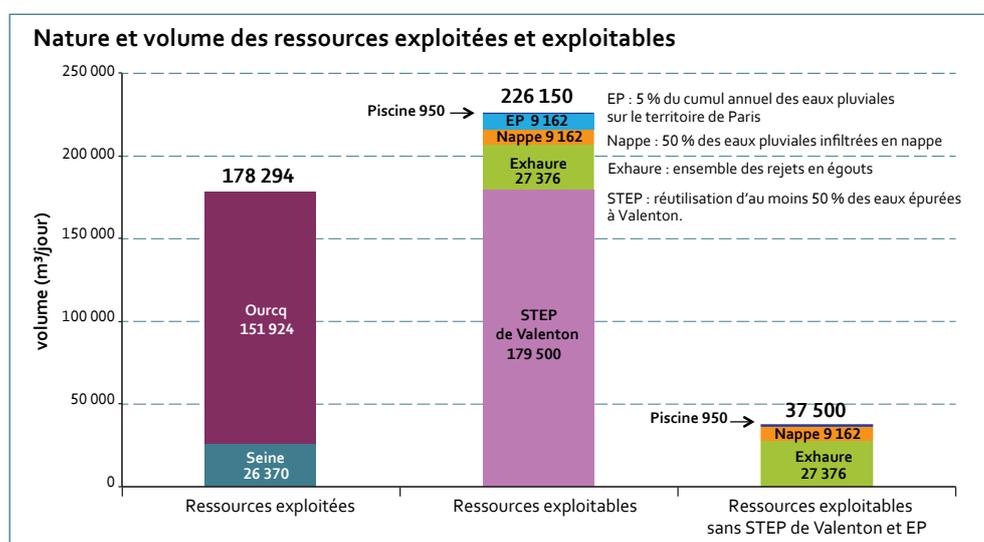
Pour estimer les volumes exploitables, nous considérons la nappe comme un réservoir de stockage d'eau pluviale. Cela permet de ne pas influencer sur son niveau actuel. Une infiltration de 10 % du cumul annuel permettrait pour moitié de recharger la nappe et pour l'autre moitié de disposer d'un volume exploitable par pompage. Le cumul annuel des eaux pluviales sur Paris étant de 66 885 000 m³, nous estimons le volume exploitable d'eaux pluviales infiltrées en nappe à 3 344 250 m³/an, soit 9 162 m³/j.

(1) Bulletin Météo-France, valeur normale de hauteur de pluie à la station de Paris Montsouris

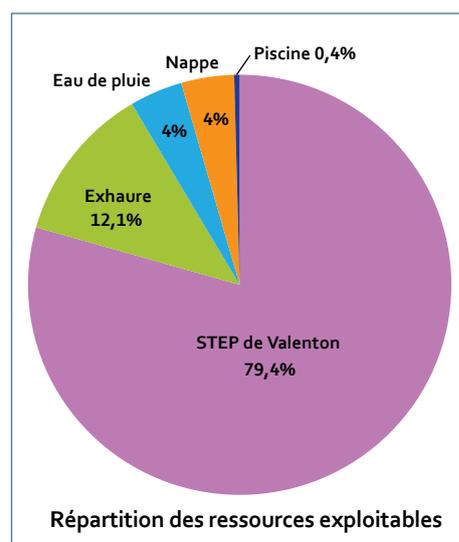
Les eaux de piscine

D'après l'article 3 de l'arrêté du 7 avril 1981 fixant les dispositions techniques applicables aux piscines, l'eau des piscines doit être renouvelée à hauteur de $0,03 \text{ m}^3/\text{jour}/\text{baigneur}$. En estimant une fréquentation moyenne de 450 baigneurs par jour par piscine, $13,5 \text{ m}^3/\text{j}$ peuvent être réutilisables. À cela, pourraient être ajoutés les rejets de nettoyage des filtres, de l'ordre de $10 \text{ à } 20 \text{ m}^3$ par piscine et les eaux de vidanges. Sans prendre en compte les eaux de vidanges, des dispositifs simples pourraient permettre de récupérer environ $25 \text{ m}^3/\text{jour}$ par piscine. Avec des installations plus lourdes, il est envisageable de récupérer les eaux pluviales et les eaux de recyclage des douches. La piscine d'Yerres, par exemple, réutilise $20 \text{ m}^3/\text{j}$ d'eau issue du recyclage des douches. Au total, il serait possible d'atteindre environ 50 m^3 par jour et par piscine.

En restant sur des dispositifs simples, les 38 piscines municipales, sur un total de 62 piscines à Paris ⁽²⁾, représentent un volume d'eau potentiel de $950 \text{ m}^3/\text{j}$, soit $346\,750 \text{ m}^3/\text{an}$. En recyclant les eaux de lavages des filtres, de vidange, il serait possible d'atteindre $1\,900 \text{ m}^3/\text{j}$, soit $693\,500 \text{ m}^3/\text{an}$.



Sur le long terme, l'ensemble des ressources exploitables représente un volume disponible d'environ $230\,000 \text{ m}^3/\text{j}$. Cependant, les conditions d'exploitation de ces eaux varient fortement d'une ressource à l'autre. Si l'on considère que les eaux de STEP demandent des investissements importants en vue de leur exploitation et que l'eau de pluie est une ressource dont la disponibilité n'est pas constante, nous disposons actuellement, sans réaliser d'installations trop lourdes, d'environ $40\,000 \text{ m}^3/\text{j}$ (eaux d'exhaure, de nappe et eaux de piscines). Ce volume correspond à l'alimentation moyenne des deux bois parisiens soit 25 % de la production actuelle du réseau d'ENP. Cependant, une analyse plus fine doit être faite pour mieux comprendre qu'elles pourraient être les conditions d'exploitation de ces ressources.



Après cette estimation des volumes disponibles, il faut déterminer la pertinence de chacune des ressources en fonction des dispositifs d'exploitation existants.

2) <http://www.nageurs.com/piscines-Paris>, consulté le 03/04/2013

B- Schémas possibles d'exploitation des ressources

Alimentation directe des eaux dans le réseau d'ENP

Eaux traitées en sortie de station d'épuration

Les eaux traitées des stations d'épuration sont une ressource disponible en continu. Une faible part est déjà réutilisée à l'heure actuelle par le SIAAP (5 % pour Valenton et 1.3 % pour l'ensemble des STEP du SIAAP). Compte tenu de l'importance des volumes disponibles, cette ressource apparaît aujourd'hui comme la plus pertinente pour diversifier les ressources actuelles du réseau d'ENP parisien sur le long terme et dans un possible contexte de stress hydrique (cf. voir fiche sur les eaux usées traitées). La récupération de ces eaux induit la pose de canalisations nouvelles.

Réutilisation des eaux d'exhaure

Les eaux d'exhaure constituent également une ressource continue dont les trois quarts sont évacués directement en égout, le quart restant étant rejeté soit dans les canaux parisiens, soit en Seine. La réutilisation de ces eaux paraît d'autant plus aisée que le nombre d'acteurs concernés est faible. En effet, les principaux producteurs d'exhaure sont la RATP, la SNCF et les gestionnaires de parking souterrains (SAEMES, VINCI...).

Ces eaux sont aujourd'hui pompées et stockées dans des postes d'épuisement, puis remontées jusqu'au point de rejet. Certaines pompes évacuent en continu pour les grands producteurs et moins fréquemment pour les petits producteurs (1 à 2 fois par jour). Les volumes directement rejetés en égout pourraient donc alimenter le réseau d'ENP.

L'injection de ces eaux dans le réseau d'ENP sera déterminée par la localisation actuelle des postes d'épuisement.



Pompes d'un poste d'épuisement de la RATP

Complément indirect du réseau d'ENP et/ou d'autres dispositifs techniques

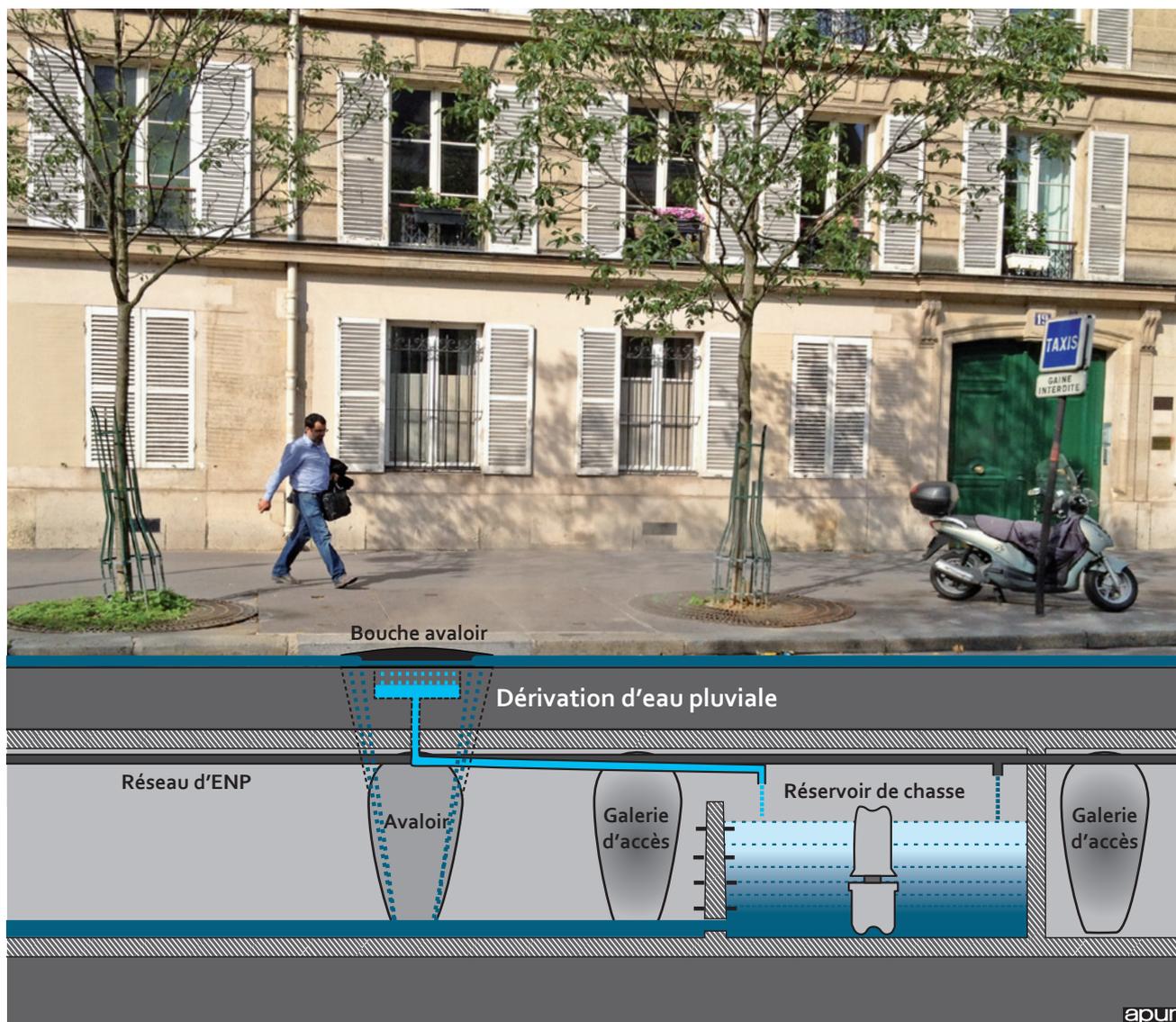
Les eaux pluviales

Les eaux de pluie sont une ressource variable qui dépend directement de la pluviométrie. Les besoins en eau étant généralement plus importants lorsqu'il ne pleut pas, la réutilisation des eaux de pluie nécessite donc toujours des volumes de stockage dont la taille varie en fonction des besoins.

Paris est une ville dense où les emplacements pour réaliser des stockages sont rares et/ou coûteux. Toutefois, un certain nombre d'espaces de stockage potentiels peut être identifié comme les carrières désaffectées, les infrastructures souterraines inutilisées (réseaux, caves...), voire les réservoirs de chasse du réseau d'assainissement. Dans ce dernier cas, les eaux de pluie pourraient être conduites par des bouches avaloirs vers les réservoirs de chasse. Ce système fonctionnerait seulement lors des épisodes pluvieux et permettrait le remplissage d'une chasse. À titre d'exemple, dans l'hypothèse où les 2 700 réservoirs de chasse encore en service seraient remplis par ce dispositif, cela représenterait un volume total de 13 500 m³/j.

Ces propositions sont cohérentes avec le plan de zonage pluvial de la Ville de Paris qui doit être soumis à enquête publique en novembre 2013 mais dont les prescriptions sont déjà applicables pour tous les espaces urbains, en vertu de l'article 4 du PLU pour le bâti et de l'article 5 de l'arrêté du 22 juin 2007.

Schéma de principe de récupération des eaux de ruissellement pour les réservoirs de chasse



Les eaux de piscine

L'intérêt de récupérer les eaux de piscine est de pouvoir disposer d'un volume journalier, même faible. Il peut servir au remplissage des engins de nettoyage comme c'est déjà le cas à Bordeaux, à Rennes ou à Poitiers...

À Rennes, la récupération des eaux de vidange se fait directement en immergeant les pompes dans les bassins. Cette eau n'est donc pas stockée, elle est réutilisée directement pour nettoyer les rues.

La Ville d'Yverres possède un équipement permettant de filtrer (les particules collectées sont renvoyées dans les égouts), traiter et désinfecter (lampe UV) l'eau des douches de la piscine municipale. L'eau est stockée puis réutilisée pour l'arrosage des espaces verts et le nettoyage des voiries.

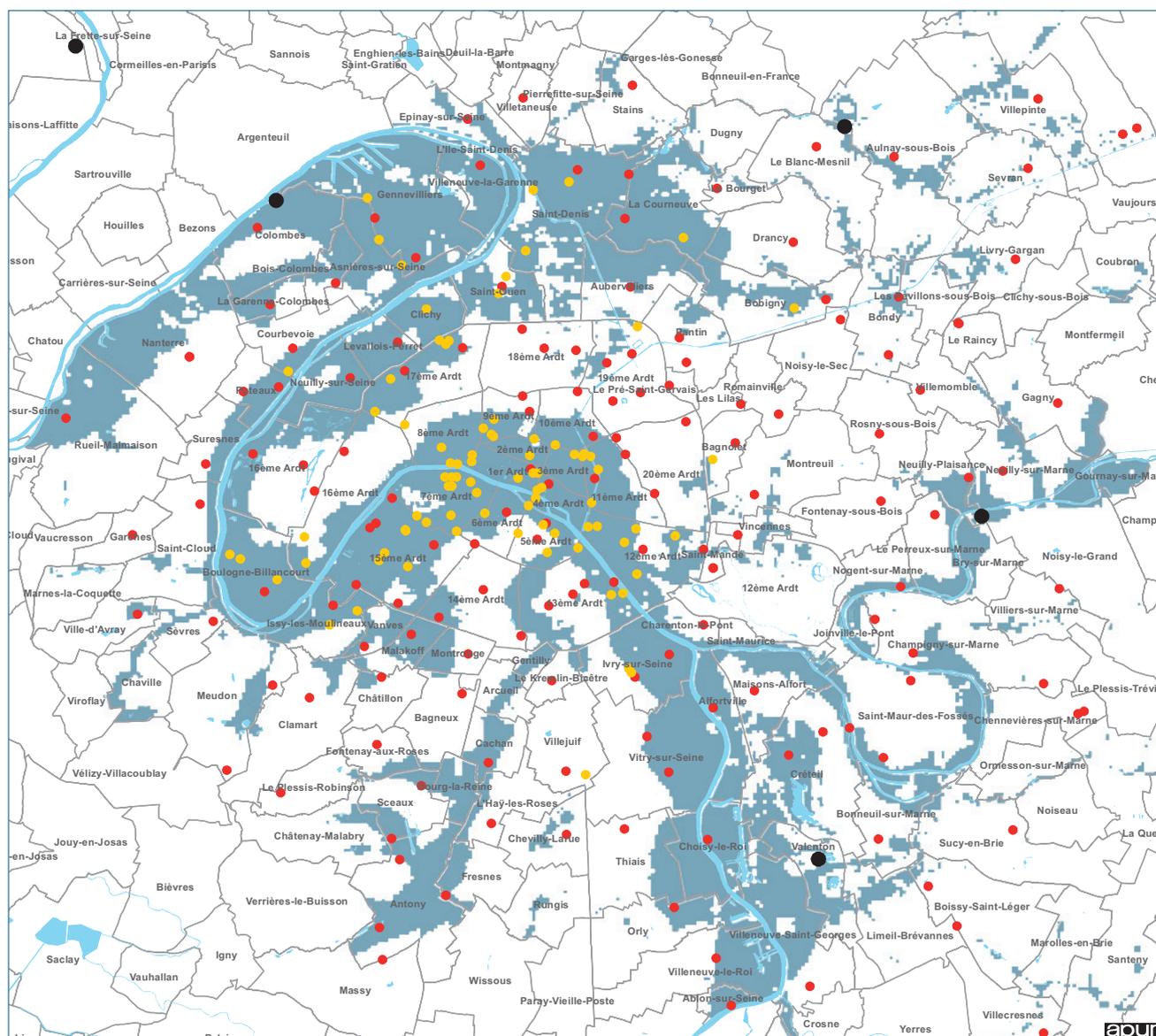
Les eaux de nappe

Les eaux de nappe peuvent être récupérées par des ouvrages de « captage » qui sont des dispositifs permettant de prélever les eaux souterraines d'un aquifère. Ces principales composantes sont : un tubage, un couvercle, une pompe, des tuyaux de raccordement et un réservoir. Plusieurs sortes existent : Le puits tubulaire, le puits de surface, la pointe filtrante...

L'installation de points de captage reste une opération courante à Paris, mais elle est surtout destinée à la climatisation, les eaux pompées sont donc rejetées en nappe.

Le choix d'injecter en direct de l'eau brute ou d'alimenter des dispositifs techniques alternatifs au réseau d'ENP est discutable. En effet, aujourd'hui le vaste choix de pompes, de détecteur de niveau d'eau... permettrait d'injecter des volumes même très faibles dans le réseau d'ENP. Il est donc important d'étudier au cas par cas, en fonction des travaux que nécessitent la collecte de telle ou telle ressource l'intérêt ou non de réutiliser ces eaux.

Localisation sur le territoire des ressources exploitables



Des pistes à approfondir

Les eaux de retour du chauffage urbain de la CPCU non restituées (en 2012 cela représentait environ 58 % des eaux de retour) sont aujourd'hui rejetées au réseau d'assainissement. Deux enjeux peuvent d'ores et déjà être identifiés autour de la valorisation de ces eaux :

- Aujourd'hui rejetée à 55 degrés, leur chaleur pourrait être exploitée pour produire de l'énergie.
- À bonne température, ces eaux pourraient être valorisées pour alimenter les réseaux d'ENP parisiens.

Synthèse

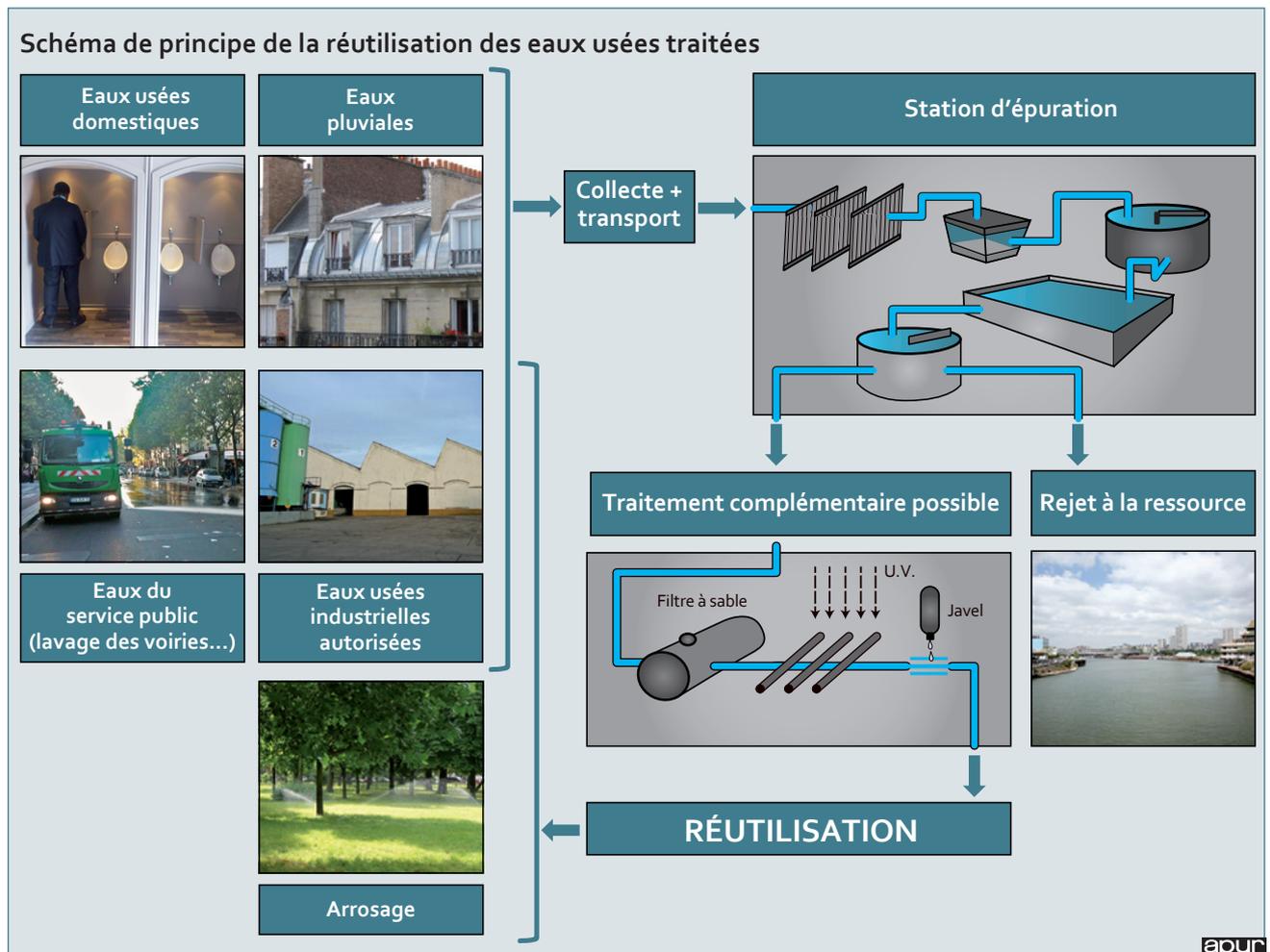
- Il est important de mutualiser et d'optimiser les ressources existantes sur le territoire pour faire face à la raréfaction possible des ressources disponibles.
- Sur les courts et moyens termes, 40 000 m³/j de ressources complémentaires (piscines, nappe et exhaure), soit près du quart de la production actuelle du réseau ENP, sont disponibles sans mise en œuvre de dispositifs lourds.
- Sur le long terme, ce sont 230 000 m³/j d'eau usées retraitées, d'eau de pluie, en plus des eaux de piscine, d'exhaure et de nappe qui pourraient être exploitées.
- Les eaux de station d'épuration retraitées et les eaux d'exhaure, compte tenu du fait qu'elles représentent des volumes importants et qu'elles sont disponibles en continu, pourraient alimenter le réseau d'ENP en direct.
- Les eaux pluviales, de piscine et de nappes pourraient être des compléments indirects de l'eau du réseau d'ENP en étant gérées par des dispositifs techniques indépendants comme des bouches d'avaloir conduisant les eaux pluviales vers les réservoirs de chasse...

4- Enjeux liés à la réutilisation des eaux usées traitées en sortie de station d'épuration

A- Réutiliser les eaux usées

La réutilisation des eaux usées traitées en sortie de station d'épuration est une nouvelle phase qui enrichit le cycle d'assainissement de l'eau.

Une fois que l'eau est utilisée, elle entre dans la catégorie eau usée qui comprend : les eaux domestiques (WC, lavabos, éviers...), les eaux industrielles et les eaux du service public. L'ensemble de ces eaux usées, ainsi que les eaux pluviales lorsque les réseaux sont unitaires, sont collectées et transportées en station d'épuration. Elles subissent alors plusieurs phases de traitement dans le but d'abaisser les quantités de substances polluantes qu'elles contiennent. Plutôt que de les rejeter en milieu naturel, elles reçoivent plusieurs traitements complémentaires permettant d'adapter leurs qualités aux usages que l'on souhaite en faire.



B- La réutilisation des eaux usées traitées dans le monde

État des lieux

La réutilisation des eaux usées traitées connaît une expansion rapide dans de nombreux pays du monde notamment dans les pays développés exposés à un stress hydrique fort (pays de la Méditerranée, États-Unis, Australie, Afrique du Sud, Japon).

Aujourd'hui, la majorité des réutilisations a une vocation agricole et est donc principalement destinée à de l'irrigation.

Cependant, les usages urbains se développent d'autant plus fortement que les grandes stations d'épuration sont situées près des grands centres urbains. Les usages sont généralement l'arrosage et le nettoyage de l'espace public.

En parallèle, les exemples de production d'eau potable et de recharge de nappe avec de l'eau usée traitée se multiplient. De nouvelles technologies, plus fiables et plus efficaces, sont incluses dans ces filières de réutilisation, afin d'éviter tout risque sanitaire.

Aujourd'hui, les eaux usées collectées représentent à travers le monde 370 milliards m³/an, dont un peu moins de la moitié fait l'objet d'un traitement. Seulement 5 % de ces eaux usées traitées seraient réutilisées ⁽¹⁾.

(1) Valentina Lazarova, Francois Brissaud, « Intérêts bénéfiques et contraintes de la réutilisation des eaux usées en France », *L'eau, l'industrie, les nuisances*, revue n° 299, février 2007, p. 42

Localisation des principaux projets de réutilisation des eaux usées traitées dans le monde



Sources principales :

- V. Lazarova (CIRSEE-Lyonnaise des Eaux) et Al., « La réutilisation des eaux usées : un enjeu de l'an 2000 », *L'eau, l'industrie, les nuisances*, n° 212, pp. 39-46, mai 1998
- D. Ecosse, « Techniques alternatives en vue de subvenir à la pénurie d'eau dans le monde », Mémoire DESS, Qualité et Gestion de l'Eau, fac. Sciences, Amiens, 62 pages, 2001
- C. Puil, « La réutilisation des eaux usées urbaines après épuration », Mémoire DESS, Eau et Environnement, D. E. P., Univ. Picardie, Amiens, 62 pages, 1998

Avantages et risques de la réutilisation des eaux usées traitées

Les eaux usées traitées présentent de nombreux avantages par rapport aux autres types de ressources qui pourraient être utilisées comme les eaux d'exhaures, de nappe ou de pluie :

- Les volumes sont conséquents et disponibles en continu ;
- La ressource en eau destinée à être potabilisée est préservée ;
- Les rejets polluants à la ressource sont limités ;
- La dépollution des eaux en vue de la réutilisation est plus complète.

Cependant des risques sanitaires (présence de polluants émergents, de métaux lourds...) et environnementaux (salinisation des sols, eutrophisation, pollution des nappes...) existent d'où la nécessité d'encadrer strictement la réutilisation de ces eaux.

De nombreux enjeux découlent de la réutilisation de cette ressource :

- **Écologique** : protéger le milieu environnant, préserver les ressources en eau, participer à la démarche de développement durable, faire face aux problèmes environnementaux tels que le réchauffement climatique ou le phénomène de stress hydrique.
- **Économique** : développer des prétraitements in situ des effluents industriels afin d'alléger les traitements effectués au niveau des stations d'épuration, disposer d'une ressource moins onéreuse que l'AEP.
- **Urbain** : diminuer l'impact sur la consommation en eau de la poussée démographique, contribuer à l'agrément, au confort urbain et ainsi bénéficier des densités d'usages parfois importantes.

État de la réglementation

À l'échelle mondiale, on constate souvent que face à l'absence de réglementations nationales ou européennes, de nombreux pays s'appuient sur :

- **des études réalisées par l'OMS** : les recommandations de 1989, révisées en 2006, fixent les premiers niveaux d'exigence pour l'irrigation, les risques pour le personnel ainsi que pour le type de cultures et d'usages.
- **des travaux américains** : les recommandations les plus récentes ont été élaborées en 2004 par « l'United States – Environmental Protection Agency » qui a présenté un guide permettant à chaque État de fixer ses propres recommandations.

La France est l'un des premiers pays européens qui a voulu se doter d'une réglementation de la réutilisation. Le Conseil Supérieur de l'Hygiène publique de France a élaboré en 1991 un texte concernant l'utilisation des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation des cultures et espaces verts. Bien que proches des recommandations de l'OMS, les recommandations du CSPH diffèrent sur deux aspects (limite de 100 m entre les arrosages et les habitations, restriction de l'arrosage aux heures hors fréquentation du public) et rendent la réutilisation d'eaux usées traitées délicate.

Par la suite, un arrêté pris le 3 juin 1994 fixe le statut réglementaire de la réutilisation des eaux usées urbaines. Il permet leurs réutilisations à des fins d'arrosage ou d'irrigation en suivant notamment les recommandations du CSHPF.

Aujourd'hui, l'arrêté du 2 août 2010 (en cours de révision), pris en application du code de l'environnement, fixe les conditions d'utilisation (prescriptions sanitaires et techniques applicables) des eaux usées traitées pour l'arrosage et l'irrigation. Seules les irrigations gravitaires et localisées (goutte à goutte) sont pour l'instant autorisées. Les autres utilisations possibles (lavage des voiries) ne disposent pas de réglementations spécifiques.

Un rapport de l'ANSES sur la « Réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation des cultures, l'arrosage des espaces verts par aspersion et le lavage des voiries », paru en mars 2012, permet de faire le point sur les réglementations en vigueur dans différents pays ou états dont les pratiques sont jugées proches de celles utilisées en France : la Californie (USA), l'Australie, Israël, l'Espagne, Chypre, la Jordanie, l'Italie et le Japon.

Il apparaît difficile de comparer les réglementations entre elles, tant les paramètres étudiés varient entre les pays à l'autre. Si des exigences strictes sont demandées pour certains paramètres elles le sont moins pour d'autres. Néanmoins, quelques remarques peuvent être faites :

- **D'un point de vue physico-chimique**, la transparence de l'eau (turbidité ou MES selon les pays) est le paramètre qui est contrôlé de manière récurrente. L'eau doit être assez claire pour ne pas boucher les systèmes d'arrosage mais selon les pays, la transparence requise n'est pas la même. Les paramètres tels que la DBO, DCO et le pH semblent ensuite être les paramètres qui sont contrôlés dans pratiquement tous les pays cités, même si les exigences divergent aussi selon les pays. Par exemple, la quantité de DCO autorisée double entre l'Australie et l'Italie. Dans l'ensemble, les eaux en sortie de STEP doivent avoir un pH compris entre 6 et 9.
- **D'un point de vue microbiologique**, la contamination fécale (coliforme totaux pour la Californie et E. coli pour les autres) est toujours surveillée avec là encore une disparité entre chaque pays. Les plus stricts sont : le Japon qui ne tolère aucune contamination en E. coli et l'Italie qui en accepte une concentration de 10 UFC/100 ml. Les pays les moins stricts sont : la Jordanie et la France qui acceptent une concentration allant jusqu'à plus de 1 000 UFC/100 ml. En la matière la France apparaît comme un des pays les moins exigeants.
- Seul l'Espagne, la France et la Jordanie font une distinction de qualité en fonction des cultures irriguées (cultures alimentaires, cultures non alimentaires...).

Quelques exemples de réutilisation dans le monde

La Ville de Madrid a mis en place un système de réutilisation des eaux traitées par ses stations d'épuration. Un double réseau conduit cette eau de ces stations jusqu'aux points d'utilisation et cela sur plusieurs centaines de kilomètres. Les usages sont pour une grande partie liés aux services publics de la Ville (arrosage des parcs et jardins, y compris des plantations ornementales). La Ville vend également cette eau, dont la qualité permet le rejet dans la rivière, pour différents usages à des particuliers. Ceux-ci ont à charge de mettre en place le dispositif de traitement nécessaire en fonction de leurs besoins. La Ville prescrit les performances d'épuration et contrôle les installations.

À **Tokyo**, les eaux usées sont traitées puis réutilisées pour différents usages : nettoyage des voies, lavage d'engins, arrosage d'arbres, rafraîchissement des rues, fonte des neiges, soutien des rivières... D'après le ministère de l'équipement du Japon, en 2005, environ 196 millions de mètres cubes ont été réutilisés : 22 000 m³/jour dans les chasses d'eau (y compris dans les écoles). Toutes les tours de plus de 15 étages doivent être équipées de mini-stations d'épuration en sous-sol afin de réutiliser les eaux grises dans les chasses d'eau.

© Sabine Bognon - 2009



Lavage de voirie à Madrid



Rafraîchissement des rues au Japon

À **Singapour**, 30 % de l'eau potable consommée par l'État provient des eaux usées traitées ⁽²⁾. L'eau usée subit différents traitements (séparation par membranes, ultrafiltration, osmose inverse et ultraviolet) la rendant potable. Son coût de production est cependant encore élevé et des recherches sont en cours pour trouver des techniques de traitement équivalentes mais à moindres coûts.

En **Arabie Saoudite**, 70 000 m³/jour ⁽³⁾ d'eau usée traitée sont utilisés pour l'arrosage des parcs et jardins et pour le nettoyage des rues, des bus et des taxis.

L'**Australie, la Californie, la Floride, la Jordanie et l'Israël** visent à satisfaire 10 à 30 % de leur demande grâce à la REUT d'ici cinq à dix ans. Chypre souhaite même atteindre 100 % de réutilisation des eaux usées traitées.



Source : Ministère de l'aménagement du territoire et des transports, Le bilan et le problème de l'utilisation de l'eau non potable au Japon, s.d.

Lavage d'engins au Japon

Réutilisation des eaux de station d'épuration en France

La France, qui était l'un des premiers pays à vouloir réguler cette pratique a pourtant tardé à la mettre en place mais quelques projets importants ont vu le jour :

À **Pornic**, dans la Loire-Atlantique, la station d'épuration est équipée d'un bioréacteur à membrane ce qui permet une réutilisation de 50 000 m³ chaque été pour l'arrosage du Golf, situé à proximité ⁽⁴⁾.

À **Chessy**, en Seine-et-Marne, la station d'épuration, équipée d'un bioréacteur à membranes et d'une désinfection, traite les eaux usées des deux parcs et de l'hôtel Disneyland soient près de 740 000 m³ par an et peut fournir une quantité de 330 000 m³ d'eau épurée retraitée par an. Une fois retraitée, cette eau non potable mais de qualité de baignade peut servir à l'arrosage des espaces verts, notamment le golf, au nettoyage des voiries et des véhicules ainsi qu'à l'alimentation d'attractions comme Pirates des Caraïbes ou Catastrophe Canyon ⁽⁵⁾.

À **Clermont**, dans le Puy-de-Dôme, l'usine d'épuration de la ville fournit 50 000 m³/jour d'eau épurée retraitée chaque été ce qui permet d'irriguer 500 ha de maïs et de betteraves ⁽⁶⁾.

À **Cherbourg**, dans la Manche, la station d'épuration est d'une unité d'ultrafiltration. Elle fournit 1 200 m³/jour d'eau épurée retraitée au terminal charbonnier, situé à proximité. L'eau épurée retraitée permet d'arroser jusqu'à 246 000 tonnes de charbons évitant ainsi son échauffement et toute dispersion de poussière de charbon ⁽⁷⁾.

(2) Yap Kheng Guan, « Singapour et l'eau : un modèle à suivre ? », savoir.essone.fr, janvier 2011

(3) PUIL C.(1998) - La réutilisation des eaux usées urbaines après épuration. Mém. D.U.E.S.S. « Eau et Environnement », D.E.P., univ. Picardie, Amiens, 62 p.

(4) Synteau, réutilisation des eaux usées traitées, fiches synteau n° 5, novembre 2012

(5) Disneyland Paris, Véolia eau, « Disneyland Paris s'équipe de la première station de traitement des eaux usées dans un parc à thèmes en Europe », Information Presse, 2010

(6) Synteau, op cit, novembre 2012.

(7) Synteau, op cit, novembre 2012.

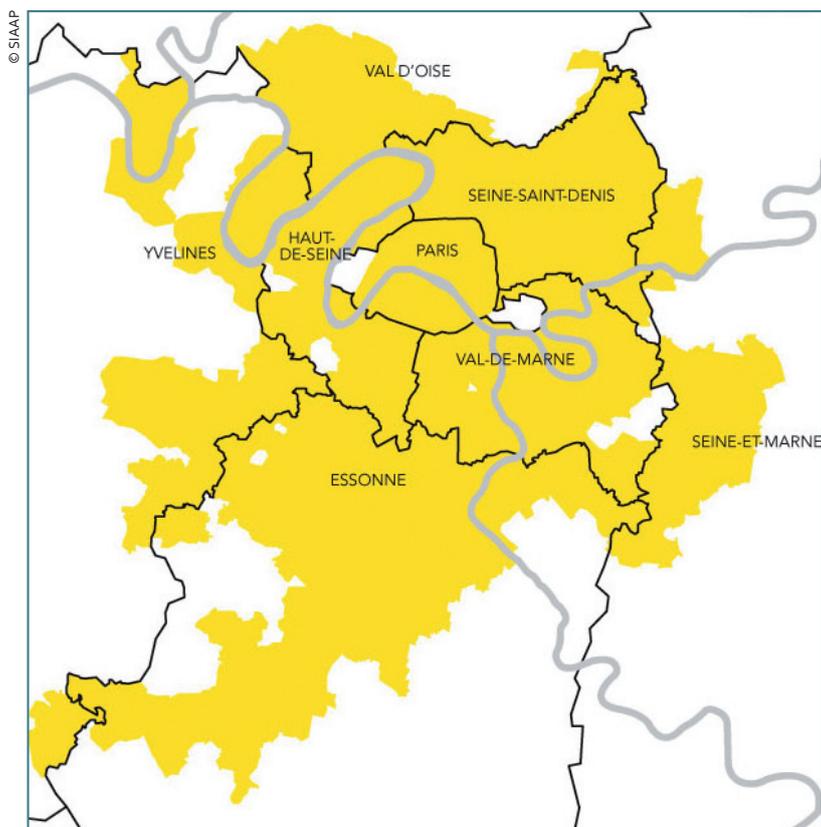
C- Potentiel de réutilisation des eaux usées traitées dans la métropole

Acteurs du retraitement des eaux

Les eaux usées sont collectées, transportées et épurées par différents acteurs. Elles sont collectées majoritairement par les communes. Le transport est assuré par les services d'assainissement des départements et par ceux du SIAAP.

Le SIAAP, Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne, est depuis 1971 l'acteur en charge du retraitement des eaux à l'échelle de la métropole avant rejet en Seine ou en Marne. Cet interlocuteur unique est un atout pour la mise en œuvre de projet de Réutilisation des Eaux Traitées (REUT) sur ce territoire.

Bassin de collecte du SIAAP



Potentiel d'eaux usées retraitées dont dispose aujourd'hui le SIAAP

Localisation des usines de retraitement

Toutes les usines du SIAAP sont en mesure de fournir de l'eau brute mais une présente plus ou moins d'intérêt notamment pour l'alimentation du réseau d'eau non potable.

Située en amont de Paris (voir carte ci-dessous), l'usine d'épuration de Seine amont (Valenton) pourrait participer à ce nouveau schéma d'alimentation du réseau ENP. De plus, elle est équipée de systèmes de traitement spécifiques permettant une réutilisation pour des usages industriels et urbains.

Le système de production d'eau usée retraitée de l'usine Seine amont a été mis en place en 2004 pour un coût de 4 millions d'euros. Il a une capacité de retraitement de 43 200 m³/jour. Pour augmenter son rendement, il faudrait rajouter d'autres systèmes de production, pour retraiter 4 fois plus d'eau épurée, il faudrait investir 16 millions d'euros.

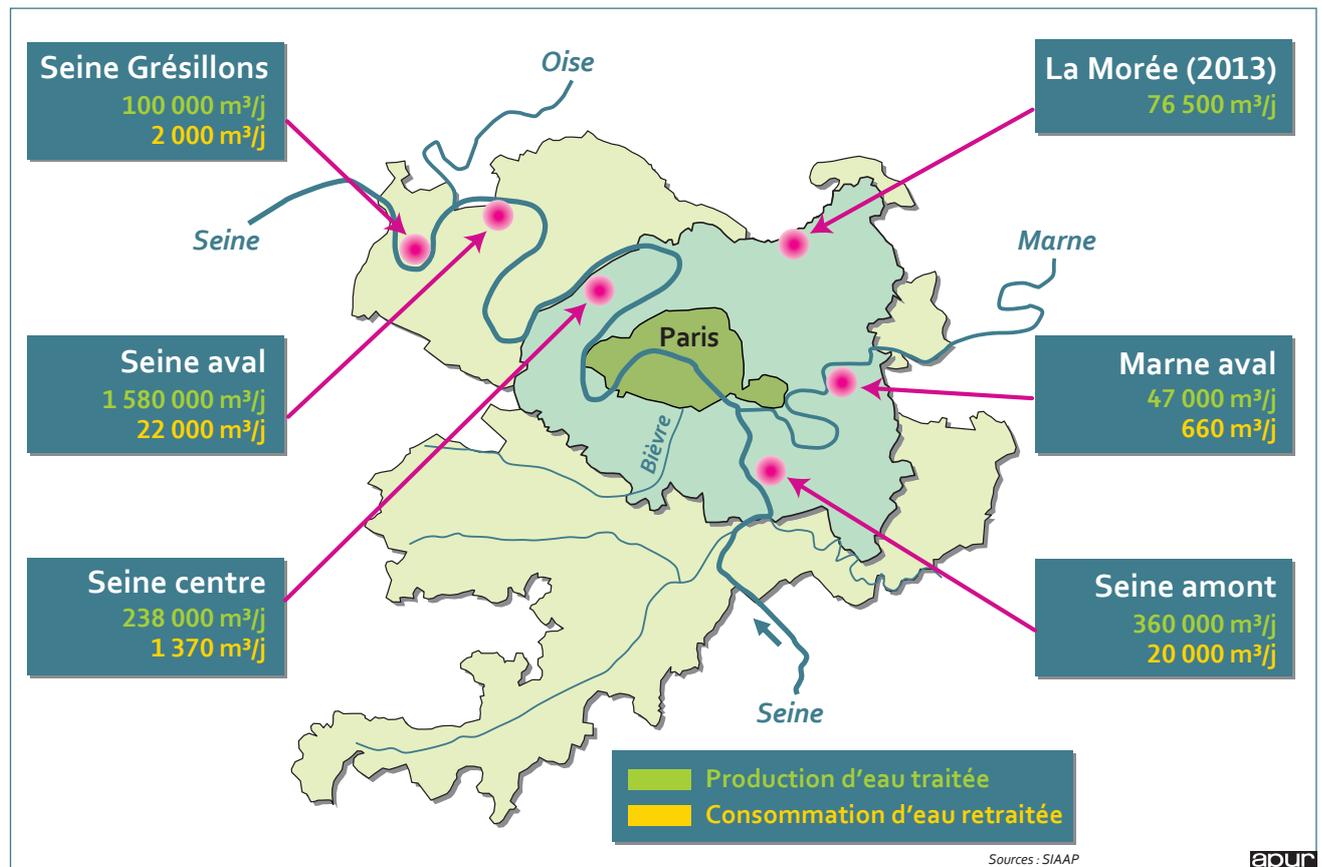
Quantités et qualités disponibles

L'usine de Valenton possède la spécificité de retraiter une partie de ses eaux usées traitées. Elles sont utilisées pour tous les usages internes à l'usine ne nécessitant pas une qualité d'eau potable, ces eaux sont appelées « eaux industrielles ».

Elles reçoivent en plus des traitements « classiques » d'une station d'épuration (prétraitement, élimination des matières en suspension, épuration biologique), des traitements dits tertiaires : filtration sur sable, désinfection aux ultraviolets, javellisation. À la sortie, ces eaux sont de très bonne qualité.

D'autres usines, comme Achères, ne retraitent pas actuellement les eaux et les agents travaillant en contact direct avec ces eaux s'équipent de protection particulière. Il est prévu en effet que la file biologique en cours de construction possède une station de traitement tertiaire pour traiter une partie des eaux issues des membranes.

Localisations et rendements des stations d'épuration du SIAAP



Usages actuels des eaux industrielles de l'usine de Valenton

En théorie, la production d'eau industrielle est dimensionnée à 43 200 m³/j mais la pression chute à partir d'une production de 38 000 m³/j. En pratique, 20 000 m³/j sont produits. Ces eaux ne sont pas stockées, elles sont réutilisées pour le refroidissement des sècheurs de boue, la fabrication de réactifs chimiques, le lavage et le curage des locaux.

	Type d'eau	Usages	Consommation ⁽⁸⁾
Seine Amont	Eau industrielle	Échangeur thermique	20 000 m³/j
		Fabrication de réactifs chimiques	
		Lavage des locaux et des filtres	

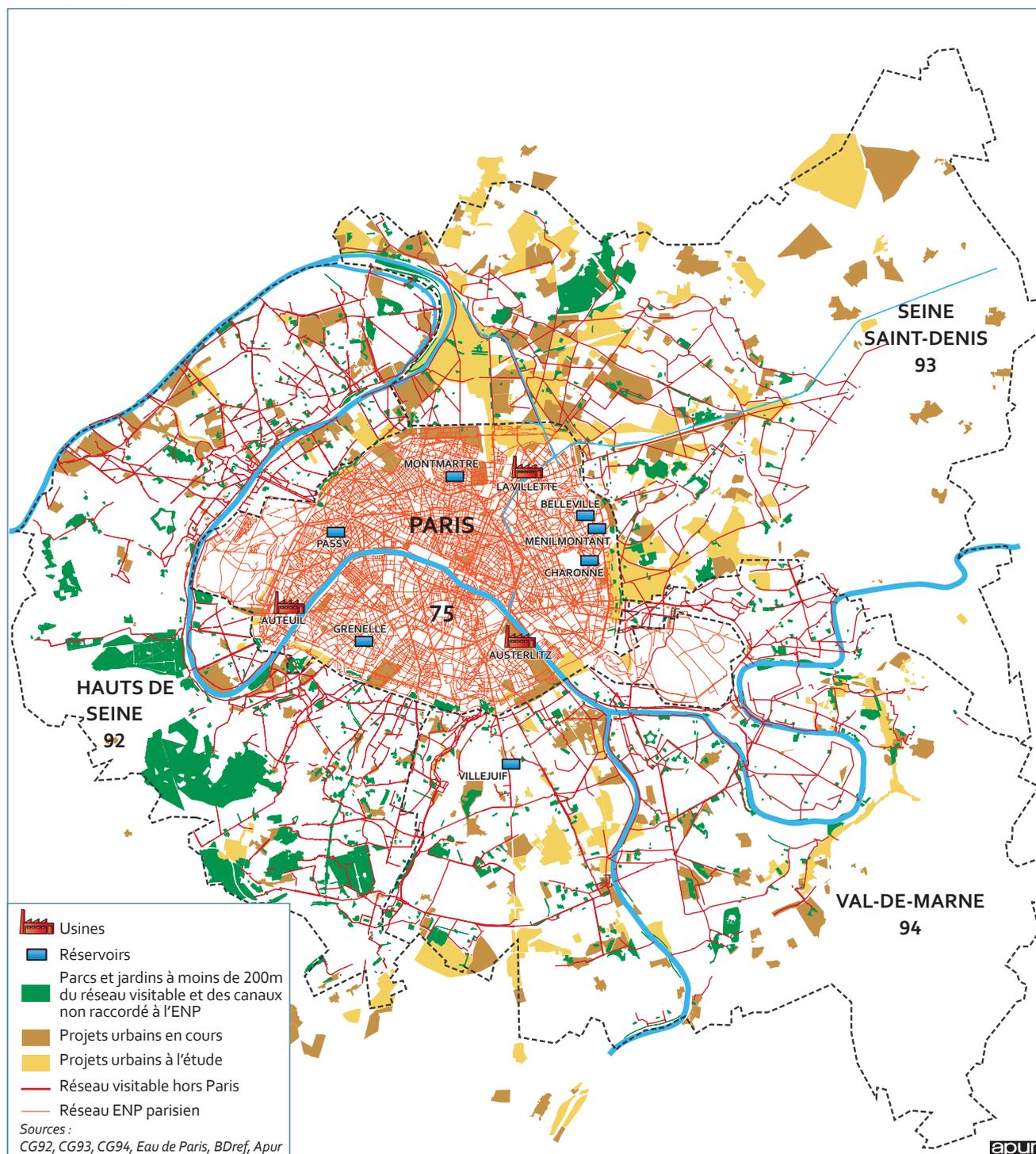
(8) d'après présentation SIAAP ateliers ENP APUR

Les infrastructures potentielles pour irriguer le territoire

Le principal frein à la construction de nouveaux réseaux en zone urbaine est le coût des travaux pour la pose des réseaux. Il est indispensable de trouver les moyens les plus accessibles, tant en termes d'ingénierie qu'en termes de coûts, pour alimenter les territoires en demande d'une utilisation d'eau brute. Deux moyens peuvent être des supports :

1/ L'ingénierie hydraulique du XIX^e siècle a laissé un **héritage de galeries visitables**, dans lesquels passent des réseaux, à l'échelle de l'ancien département de la Seine. Le double réseau d'eau qui s'étendait alors hors de Paris a aujourd'hui disparu dans la zone dense car les canalisations d'ENP ont été progressivement transformées en canalisations d'eau potable. Cependant, l'héritage des galeries visitables est toujours bien présent aujourd'hui : 425 km en Seine-Saint-Denis, 350 km dans les Hauts-de-Seine et 300 km dans le Val-de-Marne.

Héritage des galeries visitables



2/ **Les émissaires du SIAAP** : à la sortie des égouts communaux et départementaux, le SIAAP transporte les eaux usées avec ses propres infrastructures appelées « émissaires » (440 km). 240 km sont gérés en direct par le SIAAP et 200 km sont en cogestion avec les départements et les communes. Les caractéristiques sont imposantes :

- profondeurs entre 10 et 100 m
- diamètres de 2,5 à 6 m.

© SIAAP



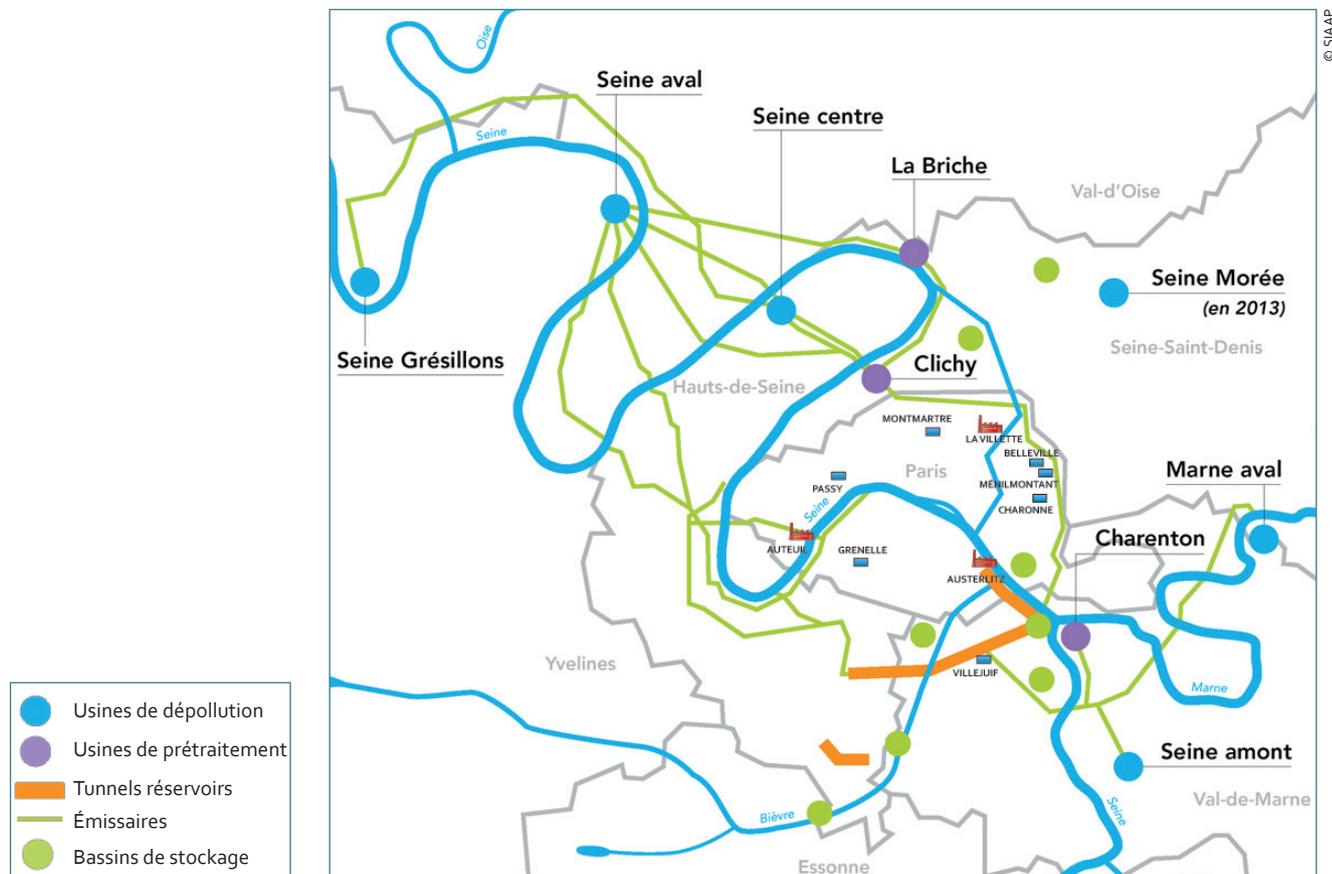
Émissaire du SIAAP



© SIAAP

Émissaire du SIAAP

Localisation des émissaires du SIAAP



© SIAAP

Alimentation du réservoir de Villejuif avec des eaux usées retraitées : une expérimentation possible sur les court et moyen termes.

L'utilisation des eaux usées retraitées du SIAAP peut être envisagée pour tous les usages métropolitains nécessitant de l'eau non potable. Le réseau d'ENP de la Ville de Paris devient alors l'un des moyens possibles d'irrigation des territoires mais pas le seul, des dessertes plus localisées peuvent être envisagées dans un schéma de distribution à l'échelle de la métropole.

L'expérimentation proposée, alimentation du réservoir de Villejuif avec des eaux usées retraitées, s'inspire d'une opération menée par le SIAAP intitulée « le tuyau dans le tuyau » et s'appuie sur les infrastructures existantes que sont les émissaires du SIAAP et le réseau d'ENP parisien.

Le tuyau dans le tuyau

« Le tuyau dans le tuyau » est une opération réalisée par le SIAAP afin d'irriguer les terres agricoles de Pierrelaye, appartenant à la ville de Paris, avec des eaux traitées issues de la station d'Achères. Pour cela, un tuyau de 900 mm de diamètre contenant des eaux retraitées a été intégré dans le grand émissaire (diamètre 3 000 mm) où circulent des eaux usées.



© SIAAP

Récupération des eaux retraitées de la station d'épuration de Valenton : Seine Amont

Plusieurs facteurs concourent à privilégier l'usine de traitement des eaux usées de Valenton pour réutiliser les eaux usées retraitées :

- Existence d'une filière de retraitement des eaux épurées permettant d'obtenir une eau de bonne qualité (filtre à sable, UV, Javel)
- Situation de l'usine à l'amont de Paris
- Disponibilité de volumes constants et en grande quantité
- Emissaire du SIAAP débouchant à proximité du réservoir de Villejuif

Utilisation du réservoir de Villejuif comme lieu de stockage et/ou de passage des eaux

Le réservoir de Villejuif est l'un des plus grands réservoirs d'eau non potable, il est aujourd'hui le seul équipement du réseau d'ENP situé en dehors de Paris. Il pourrait ainsi devenir un équipement d'échelle métropolitaine dans un contexte d'extension et d'évolution du réseau d'ENP. En effet, sa localisation en point haut du département (cote 88.43 mètres NGF), en amont de Paris et distant de la Seine fait partie de ses atouts.

Mise en œuvre de l'expérimentation

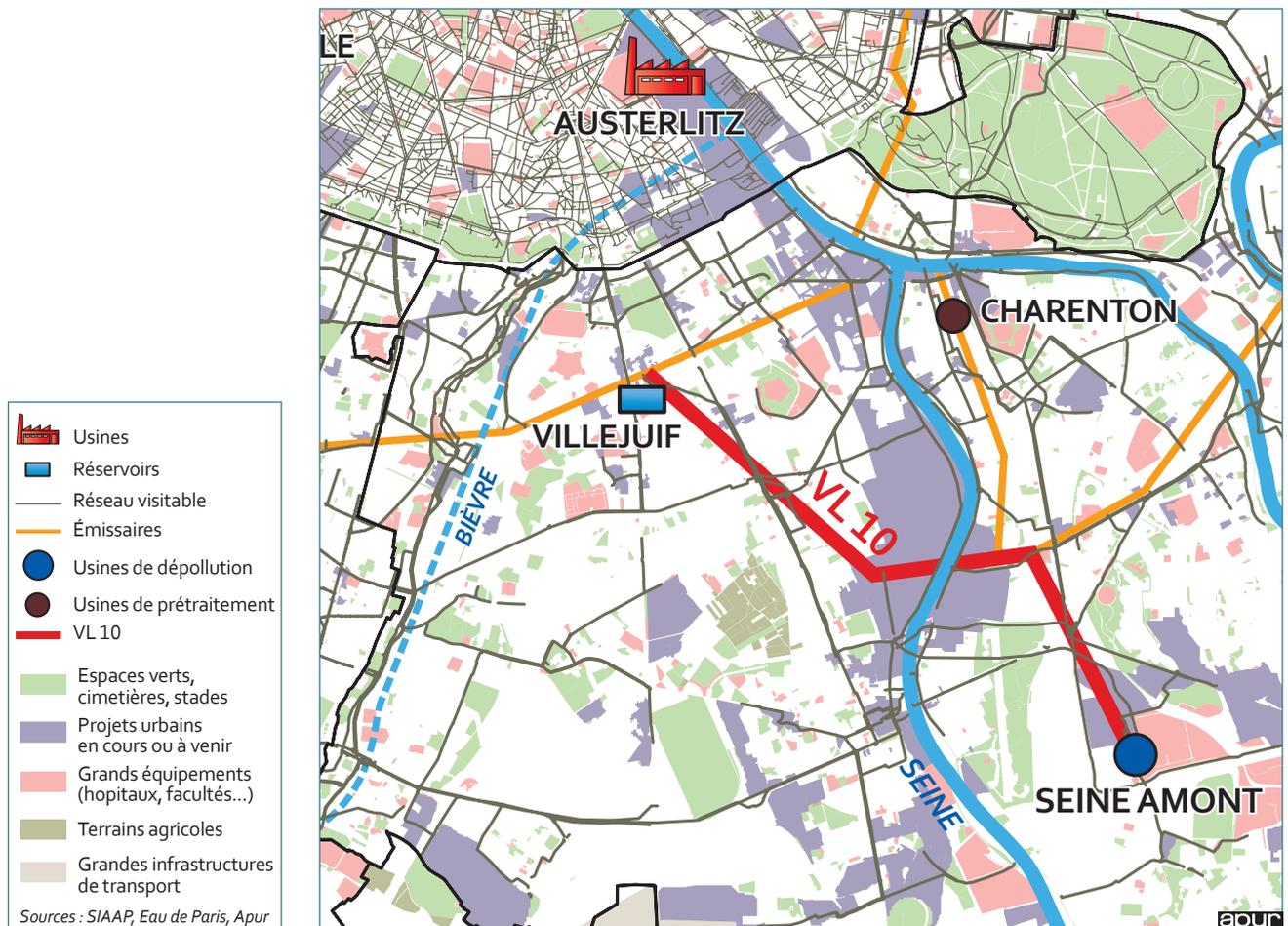
De nombreuses rencontres avec le SIAAP, nous ont permis d'identifier un émissaire appelé VL10 conduisant de la station de Valenton jusqu'à proximité du réservoir de Villejuif. Il pourrait être envisagé de faire passer une canalisation dans cet émissaire, de Valenton au réservoir de Villejuif. L'absence de vanne dans l'émissaire rend d'autant plus possible ce schéma.

Le réservoir de Villejuif servirait alors de lieu de stockage de ces eaux avant leur distribution vers le réseau d'ENP parisien ou vers d'autres réseaux permettant de desservir des usages plus locaux.

La présence de ce réservoir pourrait être valorisée et renforcée par l'utilisation de cette eau pour des usages locaux. Un état des lieux des usages envisageables et des moyens d'extension permettra de définir clairement un rôle possible d'équipement non plus seulement parisien mais métropolitain.

La valorisation de la fonction même de ce réservoir pourrait contribuer à une meilleure intégration et appropriation de cet équipement par les habitants et les services de la Ville de Villejuif.

Alimentation du réservoir de Villejuif par l'émissaire VL10 de l'usine de Seine-Amont



Synthèse

- La réutilisation des eaux usées traitées connaît une expansion rapide dans de nombreux pays du monde notamment dans les pays développés exposés à un fort stress hydrique, elle reste une ressource sous-estimée en France. Seulement 5 % de ces eaux usées traitées seraient réutilisées à travers le monde.
- L'exploitation de cette ressource présente de nombreux avantages :
 - Des volumes conséquents et disponibles en continu
 - Préserver la ressource en eau destinée à être potabilisée
 - Limiter les rejets polluants à la ressource
 - Mieux dépolluer les eaux en vue de la réutilisation
 - Des techniques connues et éprouvées.
- Une réglementation actuelle contraignante en cours de révision et a priori plus favorable à l'expérimentation.
- À l'échelle de la métropole, les eaux usées retraitées représentent la plus grande ressource en ENP. Le SIAAP, acteur unique de la REUT, rejette 2,5 millions de m³/j à la ressource et en réutilise 46 000 m³/j après retraitement soit environ 2 %.
- Une expérimentation possible : alimenter le réservoir de Villejuif en eaux usées retraitées à partir de l'usine de Seine Amont.

5- Qualité des ressources en eau

L'examen de la qualité des eaux fait appel à des connaissances bien spécifiques et à des interlocuteurs multiples. Les terminologies sont variées (normes, abattement...) et les types d'analyses peuvent changer selon les usages prévus de l'eau (tous les paramètres de qualité cités dans cette fiche, sont détaillés dans l'annexe qualité).

La lecture des rapports sur la qualité des eaux se révèle généralement ardue pour un lecteur non averti. L'objectif de cette fiche est donc de rendre accessible à tous les principales conclusions des rapports et analyses existant sur la qualité des eaux du réseau d'ENP et celles qui pourraient être à terme exploitées pour des usages ne nécessitant une qualité d'eau optimale. L'analyse de ces données permettra, au regard des usages que l'on souhaite faire de ces eaux, de proposer les traitements les plus appropriés.

A- État actuel de la qualité des eaux du réseau d'ENP

La qualité des eaux du réseau d'ENP est étudiée à partir des principales normes françaises : réglementation sur l'eau potable, qualité d'eau de baignade, qualité de l'eau usée traitée visant à être réutilisée et qualité d'eau brute propre à la potabilisation. Cette liste n'est pas exhaustive au regard de la législation en vigueur, mais ces normes sont le plus couramment utilisées et servent souvent de références pour déterminer la qualité d'une eau.

L'eau du canal de l'Ourcq⁽¹⁾, une eau de bonne qualité

Une eau potabilisable de qualité eau de baignade

Selon la norme relative aux eaux potables, la température, le pH, la conductivité, le Th et les concentrations en sulfates, nitrites, nitrates et ammonium sont conformes aux paramètres de qualité demandée pour une eau potable. L'eau du canal présente donc une bonne qualité physico-chimique pour ces paramètres. Cependant, elle dépasse les seuils en COT, Turbidité, MES, ainsi que pour tous les paramètres biologiques imposés par cette norme. Nous pouvons néanmoins en conclure que cette eau pourrait être destinée à la potabilisation.

D'autres éléments, viennent confirmer la bonne qualité de cette eau. En effet, d'après la directive 76-160, qui restera en vigueur jusqu'en 2014, l'eau du bassin de la Villette analysée au niveau du pont de Moselle est conforme à la baignade. La politique en matière de suppression des rejets polluants menée ces dernières années par le service des canaux explique en grande partie la bonne qualité microbiologique de cette eau (l'analyse de la qualité de l'eau du bassin de la Villette selon la nouvelle norme est en cours).

Si l'on prend en compte que les types d'usages qui sont les plus restrictifs pour la qualité des eaux traitées réutilisées, notamment l'arrosage des espaces verts et forêts ouverts au public, l'eau du canal ne serait pas conforme à cette norme pour sa concentration en MES et en *Escherichia coli*. Il apparaît surprenant de constater que la qualité de l'eau du bassin de la Villette est conforme à la qualité eau de baignade mais non conforme pour l'arrosage des espaces verts ouverts au public selon la norme REUT.

Une eau dure, chargée en MES

Les valeurs en Th montrent que l'eau des canaux est une eau dite dure, cette dureté révèle la présence de tarte dans l'eau. À des températures supérieures à 30 °C, une eau trop dure provoque un dépôt important dans le réseau ce qui peut créer un rétrécissement voire un engorgement des canalisations.

De plus, la température élevée de l'eau favorise la prolifération de bactéries telles que les légionnelles, phénomène qui s'accroît avec la dureté de l'eau.

Aujourd'hui, la température de l'eau du canal avoisine les 19 °C, sa forte teneur en tartre a donc plutôt un rôle de protection car le tartre forme un léger film sur la canalisation qui empêche sa corrosion et limite également certaines fuites éventuelles.

(1) Données issues Rapport Eau de Paris – Seine FINAL - bilan annuel 2011 - 23 juillet 2012 : La Ville de Paris et Eau de Paris ont mené en 2011 des investigations sur les canaux parisiens au niveau de 9 points de mesures afin d'évaluer la qualité des eaux. Ce rapport recense des paramètres physico-chimiques généraux et des paramètres bactériologiques indicateurs de contaminations fécales et des micropolluants.

L'autre caractéristique de cette eau est qu'elle est chargée en matière en suspension. Cela a deux conséquences directes sur les usages possibles :

- Nécessité d'équipements adaptés pour certains usages comme les asperseurs pour l'arrosage ou pour les engins de nettoyage de l'espace public. C'est déjà le cas aujourd'hui pour tous les engins de la DPE et pour les services des parcs et jardins qui s'équipent en fonction du type d'eau utilisé.
- Une eau dont le taux de MES atteint 20 à 30 mg/l va avoir un aspect trouble ce qui rend la visibilité dans l'eau mauvaise (inférieure à moins d'1 mètre).

Eau de Seine ⁽²⁾

Une eau dont la qualité est en constante amélioration

La loi sur l'eau et les normes plus strictes sur la qualité des eaux rejetées à la ressource (SDAGE) ont permis d'améliorer la qualité de l'eau de Seine ces dernières années.

Certains paramètres comme la température, le pH, la conductivité, le Th, le COT et la concentration en nitrates respectent la norme de qualité pour une eau potable. Ces éléments démontrent que l'eau de la Seine présente une bonne qualité physicochimique pour ces paramètres. Rappelons qu'aujourd'hui la Seine est la ressource principale pour la production d'eau potable pour des millions de français.

Bien que jusque dans les années 20, la baignade en Seine parisienne ait été autorisée, les seuils imposés actuellement pour les paramètres microbiologiques (Entérocoques intestinaux, Escherichia coli) sont dépassés. L'eau de Seine n'est donc pas autorisée à la baignade. Par ailleurs, comme l'eau du canal, les MES élevées rendent l'aspect de cette eau trouble.

Si l'on prend en compte que les types d'usages qui sont les plus restrictifs pour la qualité des eaux traitées réutilisées, notamment l'arrosage des espaces verts et forêts ouverts au public, l'eau de Seine ne serait pas conforme à cette norme pour sa concentration en MES et en Escherichia coli.

Pour conclure, on constate que l'eau des canaux et l'eau de la Seine ont des caractéristiques physico-chimiques très proches, la seule différence notable est que l'eau du canal est plus dure. Enfin, la qualité microbiologique de l'eau du canal est meilleure que celle de la Seine, ce qui la rend d'ailleurs conforme à la norme qualité eau de baignade toujours en vigueur.

Eau du réseau d'ENP ⁽³⁾

À l'exception du 16^e arrondissement approvisionné depuis la Seine, selon les parties du réseau où elle circule, l'eau du réseau d'ENP est de l'eau de l'Ourcq ou de l'eau de Seine. Compte tenu de l'étanchéité relative entre les réseaux de plus forte pression et le réseau bas, on peut clairement dire qu'aujourd'hui dans ce réseau où une grande partie des eaux s'écoule, les deux eaux se mélangent.

Suite à la décision du Conseil de Paris en mars 2012 de maintenir et d'optimiser le réseau d'ENP en confirmant ses usages actuels, les services de la Ville ont mené une série d'analyses durant l'été 2012 dont le but principal était de déterminer la présence ou non de légionnelle dans l'eau. Ces résultats doivent donc être interprétés avec prudence car une seule campagne d'analyse a été réalisée, nous ne disposons donc d'aucune moyenne permettant de rendre compte de certaines tendances. En ce moment, Eau de Paris étudie la mise en place de campagnes régulières de contrôle de qualité (mensuelles).

Ce rapport met en avant des conclusions qui mériteront d'être confirmées ou non par les nouvelles analyses qui doivent être menées cette année. Les principaux constats qui se dégagent sont :

- La température de l'eau est plus élevée dans le réseau (en moyenne 1 °C supplémentaire)
- Le taux de MES diminue légèrement après son passage dans le réseau. Nous pouvons néanmoins remarquer qu'après le passage de l'eau dans les réservoirs, les MES ont tendance à augmenter, ce résultat devra être confirmé, car les réservoirs permettent normalement une décantation de l'eau et donc une amélioration de sa qualité en terme de MES.
- Ce phénomène de décantation est d'ailleurs observé pour les bactéries, car la qualité microbiologique de l'eau s'améliore lors de son passage dans le réseau.

L'eau étant très chargée notamment en MES, il est difficile de remarquer la présence de légionnelles. Leur présence a été signalée seulement en trois points du réseau : le Square Charles Cros, le square Carnot et le Square des Batignolles.

(2) Données issues du Rapport Eau de Paris - canaux FINAL - bilan annuel 2011 - 27 juillet 2012 : La Ville de Paris et Eau de Paris ont mené en 2011 des investigations sur la qualité de l'eau, au niveau d'une station sur la Marne (à Joinville) et de six stations sur la Seine. Ce rapport recense le suivi de plusieurs paramètres (physico-chimiques, bactériologiques...). **Nous avons choisi de regarder en particulier la station de Tolbiac, car celle-ci est située à l'entrée de Paris** et qu'elle a fait l'objet en 2011 d'un double prélèvement à 19 reprises, c'est-à-dire d'un prélèvement au niveau de chaque rive (RD/RG : Rive Droite / Rive Gauche).

(3) Données issues du Rapport Eau de Paris - Résultats de la campagne d'analyses sur l'eau non potable - octobre 2012 : Nous avons différencié dans le tableau les qualités des eaux issues de la Seine et du canal de l'Ourcq. Les données étant pour la plupart uniformes, il a semblé opportun de faire une moyenne des différents paramètres.

Pour améliorer la connaissance de l'eau du réseau et optimiser les outils existants en vue de l'amélioration de sa qualité, il est donc indispensable de réaliser des campagnes d'analyses plus fines et régulières. On peut cependant déjà conclure qu'après son passage dans le réseau la qualité de l'eau s'améliore au niveau des pollutions fécales, bien que l'on ne puisse pas considérer le réseau comme un système de traitement. L'optimisation des outils existants devra être encore recherchée pour tendre vers une meilleure qualité globale de l'eau. Ce pourrait être le cas des réservoirs, voire des systèmes de filtration au niveau des usines, comme cela est prévu pour la rénovation de l'usine de La Villette (voir plus bas).

B- La qualité des ressources complémentaires

Différentes ressources ont pu être identifiées (voir fiche sur les ressources complémentaires). Certaines d'entre elles pourraient être destinées à alimenter en direct le réseau d'ENP, d'autres privilégiées pour des usages locaux.

Eaux traitées en sortie de station d'épuration (REUT)

Les eaux usées sont chargées en polluants et autres contaminants comme les matières en suspension (qui empêchent la lumière du soleil de pénétrer dans l'eau), les matières oxydables (susceptibles d'épuiser l'oxygène des eaux et de provoquer l'asphyxie de divers vivants), les substances à effets toxiques, les sels solubles et les particules d'azote et de phosphore (qui causent l'eutrophisation des rivières).

D'après les résultats du Comité d'Experts Spécialisés « Eaux » : « *Sauf pollution ponctuelle ou accidentelle, des aérosols ne devraient pas se retrouver dans les eaux usées traitées à des concentrations pouvant induire par voie respiratoire un effet néfaste pour la santé des populations lors de l'irrigation par aspersion des cultures ou l'arrosage des espaces verts et des golfs* »⁽⁴⁾. L'eau usée traitée a une qualité suffisante pour être rejetée au milieu naturel. Cependant, son utilisation pour d'autres usages nécessite des traitements supplémentaires. Le SIAAP traite 1,3 % de ces eaux pour son usage en interne. À titre d'exemple, l'usine de Seine Amont, les procédés tertiaires tels que la filtration sur sable et désinfection au chlore sont utilisés (voir fiche sur la REUT).

Lors de la réutilisation des eaux usées traitées, certains paramètres (MES, BDO, Entérocoques fécaux, Phages, Spores de bactéries anaérobies, Escherichia coli) doivent être analysés et faire l'objet d'un suivi afin de limiter le risque sanitaire pour l'homme et l'environnement.

(4) Article publié le 12 juillet 2012, « *Réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation des cultures, l'arrosage des espaces verts par aspersion et le lavage des voiries* », Avis de l'Anses, Rapport d'expertise collective, mars 2012.

(5) Données eau d'exhaure :
- Données issues de la RATP - Moyenne des différents postes d'épuisements d'exhaure. La RATP a l'obligation de suivre la qualité de ses eaux exhaures rejetées dans les canaux, en Seine ou dans le réseau d'assainissement. Les données étant pour la plupart uniformes, il a semblé opportun de faire une moyenne des différentes valeurs de qualité prélevées aux différents postes, ainsi que d'indiquer les maximums et les minimums rencontrés.
- Bureau Veritas – Agence d'Osny, *Exhaure du Musée du Quai de Branly*, août 2012. Le Musée du Quai de Branly ayant eu pour objectif de réutiliser ses eaux d'exhaure a commandité au Bureau Veritas un ensemble de mesures sur la qualité de ses eaux. Cette analyse a été effectuée à partir d'une prise d'échantillon unique le 14/08/2012.

Eau d'exhaure⁽⁵⁾ ou eau de nappe

Une eau de bonne qualité

Pour déterminer la qualité des eaux d'exhaures, nous utiliserons les analyses réalisées par la RATP, dans le cadre de la convention qui la lie au STEA pour les rejets dans le réseau d'assainissement, et des analyses du musée du quai Branly, réalisées pour démontrer que la qualité de l'eau était compatible avec les outils techniques et les usages qui devaient en être faits. Ces analyses ne permettent pas de disposer de beaucoup de paramètres exploitables et les conclusions devront donc être confirmées par des campagnes plus précises.

Les seuls résultats exploitables montrent que les eaux d'exhaure possèdent une bonne qualité physicochimique et biologique. L'eau d'exhaure serait de bonne qualité microbiologique, bien que cette conclusion soit à relativiser contenu du manque de données.

Clarté et dureté de l'eau

Les MES sont peu importantes, ce qui rend ces eaux pratiquement transparentes. Cela peut s'expliquer par la filtration naturelle des eaux souterraines. L'eau d'exhaure ne nécessite donc pas de dispositif de filtrage.

Les valeurs du Th et de la conductivité permettent de conclure que les eaux d'exhaure sont des eaux dites très dures, ce qui peut provoquer un risque d'entartrage des canalisations. Contrairement à l'eau des canaux, elles peuvent poser un problème d'entartrage même pour une température autour de 20 °C. De plus, ces eaux sont réputées très sulfatées, donc corrosives. Cela peut engendrer des percées dans les canalisations, la circulation de produits de corrosion dans l'eau (débris métalliques) et une coloration de l'eau. L'utilisation qui pourra être faite de ces eaux devra tenir compte de ces paramètres.

Eaux pluviales (EP)⁽⁶⁾

Les eaux pluviales sont principalement polluées par le ruissellement urbain. Ainsi, il n'y a pas une qualité mais des qualités d'eaux pluviales car celle-ci diffère grandement en fonction de l'échelle et de la typologie de sol. Les EP provenant des terrasses et des toitures sont les moins polluées, mais peuvent l'être par des métaux lourds et des micropolluants organiques. Celles provenant des routes, parkings et caniveaux sont polluées notamment par des résidus divers tels que des huiles, hydrocarbures, métaux lourds etc.

Des études menées à travers le monde montrent que c'est une ressource inadaptée à la consommation humaine. Par contre, tout en étant soumise à une réglementation importante elle peut être utile pour d'autres usages tels que les usages domestiques (WC, lave-linge...) et les usages externes comme l'arrosage et le nettoyage. Le Japon impose par exemple une concentration en E. coli inférieure à 10 UFC/ml pour des usages récréatifs ou pour l'alimentation des chasses d'eau...

L'eau de piscine

À Paris, l'eau des piscines⁽⁷⁾ provient du réseau d'AEP de la Ville. Lors de son utilisation pour la baignade, sa qualité est dégradée par la présence des nageurs. Elle doit cependant continuer à répondre à certains critères, qui sont régulièrement contrôlés :

- une transparence qui permet de voir le fond du bassin ;
- ne pas être irritante pour les yeux, la peau et les muqueuses ;
- contenir de substances dont la quantité serait susceptible de nuire à la santé des baigneurs ;
- son pH doit être compris entre 6,9 et 8,2 ;
- bonne qualité microbiologique.

Pour respecter ces critères, un certain nombre de produits chimiques sont injectés dans l'eau, dont le chlore, à une concentration comprise entre 0,5 mg/l et 1,5 mg/l. La spécificité du chlore est de s'évaporer de façon naturelle en quelques heures, et donc de ne pas être un paramètre gênant pour la réutilisation de cette eau. L'eau de piscine est une eau brute de très bonne qualité.

Pour conclure, il est important d'indiquer que, depuis son origine, le réseau d'ENP reçoit des eaux avec des propriétés physicochimiques très proches. Or, l'introduction d'eaux nouvelles et notamment avec une minéralisation très éloignée des eaux actuelles pourrait entraîner des désordres. En effet, un changement brutal de la qualité de l'eau dans des canalisations vieilles de 100 ans doit être bien analysée en amont, pour cela des simulations devront être réalisées à l'aide des outils dont dispose Eau de Paris.

(6) L'arrêté du 21 août 2008 fixe les conditions de récupération et d'utilisation des eaux de pluie à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments. Il n'impose pas de limites de qualité pour les usages des eaux pluviales.

(7) Décret n° 2006-676 du 8 juin 2006 - art. 2 JORF 10 juin 2006

Tableau qualité des différentes ressources

	NORMES					EAUX						
	Eau potable	Eau brute superficielle propre à la potabilisation	Eau de baignade	qualités sanitaires des eaux usées traitées pour être réutilisées ⁽¹⁾	Canaux (Pont de la Moselle - 2011)	Seine (Pont de Tolbiac RD + RG)	Eau du réseau ENP (août 2012)	Usine de Valenton	Exhaure			
							Seine	Ourcq	Min	Valeur représentative	Max	
Paramètres physico-chimiques												
Température	25	25			19,6	21,5	21,1	20,6	13	17,4	22,3	17,5
pH	6,5 - 9	5,5 - 9			8,25	8,2			6,85	7,7	8,25	7,45
Sulfates (SO42-)	250	250			66,9							
Nitrites (NO2-)	< 0,5				0,13				0,1	0,01	0,05	0,73
Nitrates (NO3-)	< 50	< 50			22,8	26,1			15,8	1	36,46	158
Ammonium	0,1	4			0,1	0,18			0,03	0,07	1,22	
DBO	3	< 7				2,3			3	< 3	580	
DCO	< 20	30		60		15			28	1	< 20	< 678
COT	2	10			3,1	3,29	2,1	1,8				
Conductivité	180 - 1 000	1 000			778	604			800	1 800	2 940	1 308
Th	> 15				31,5	23	23,1	30,8				58,7
Turbidité	2				2,06		4	1,9				
MES	1			15	20,8	27	8,2	3	8	< 10	585	< 2
Paramètre Bactériologiques												
Entérocoques intestinaux	0	10 000	400 ⁽²⁾		276 ⁽²⁾	1 642		4 200				< 56
Escherichia coli	0	20 000	1 000 ⁽²⁾	250	1 778 ⁽²⁾	15 199		13 000				< 30
Légionnelles	0						varie entre 0 à 25 000					
Amibes	0						358,3	73,9				

UFC : Unité Formant Colonie

(1) : qualités sanitaires des eaux usées traitées pour être réutilisées : correspondent à un usage de type A, c'est-à-dire pour l'arrosage des « espaces verts et forêts ouverts au public (notamment golf) »
(2) : évaluation au 95^e percentile

Sources : Canaux : Rapport Eau de Paris - Seine FINAL - bilan annuel 2011 - 23 juillet 2012 / Seine : Rapport Eau de Paris - canaux FINAL - bilan annuel 2011 - 27 juillet 2012 / Eau du réseau ENP : Rapport Eau de Paris - Résultats de la campagne d'analyses sur l'eau non potable - octobre 2012 / Usine de Valenton : Bilan annuel 2011 de l'Usine de Valenton / Exhaure : Données RATP / Musée du quai de Branly : Bureau Veritas - Agence d'Osny - août 2012

C- Vers une amélioration globale ou locale de la qualité de l'eau

La qualité de l'eau du réseau correspond-elle aux usages que l'on en fait et que l'on souhaite en faire? Cette question est le préalable à toute recherche sur des dispositifs pouvant améliorer la qualité de l'eau.

Actuellement, les usages s'accroissent très bien de la qualité de l'eau de Seine et de l'Ourcq. Des discussions reviennent souvent sur la présence de MES notamment pour les usages de la DEVE (arrosage automatique, goutte à goutte), mais des dispositifs de filtration simples et peu coûteux sont depuis longtemps utilisés par la DPE pour tous les usages qu'elle fait de l'eau (pulvérisation à haute pression...) et aussi par la DEVE (Champ de Mars, bois de Boulogne et plus récemment bois de Vincennes), sans que cela ne pose de problèmes majeurs.

Dans une perspective de développement des usages et d'extension du réseau, la question de la qualité doit être de nouveau posée.

Quels que soit la qualité d'eau d'origine et les dispositifs existants pour l'améliorer, il est important de rappeler que la richesse d'un réseau d'eau brute est de délivrer une eau de moindre qualité qui ne nécessite aucun traitement spécifique à l'inverse du réseau d'AEP.

Cependant, certains paramètres doivent être suivis avec attention pour assurer le bon état du réseau, mieux connaître la compatibilité de ces eaux (l'évolution de leurs caractéristiques physicochimiques et biologiques) et permettre les usages actuels et futurs de l'ENP, les principaux étant la température, la dureté, les MES pour les paramètres physicochimiques; les *Escherichia coli* et entérocoques pour les paramètres microbiologiques. Si une alimentation par la REUT était mise en place d'autres paramètres seraient à ajouter.

Des dispositifs destinés à améliorer la qualité de l'eau à l'échelle globale

Poursuivre la politique de réduction des rejets polluants dans les canaux et dans la Seine

Le service des canaux mène depuis plusieurs années une politique active pour réduire les sources de pollution. Ces rejets pollués, aussi appelés « points noirs »⁽⁸⁾, sont issus de différentes sources de pollution :

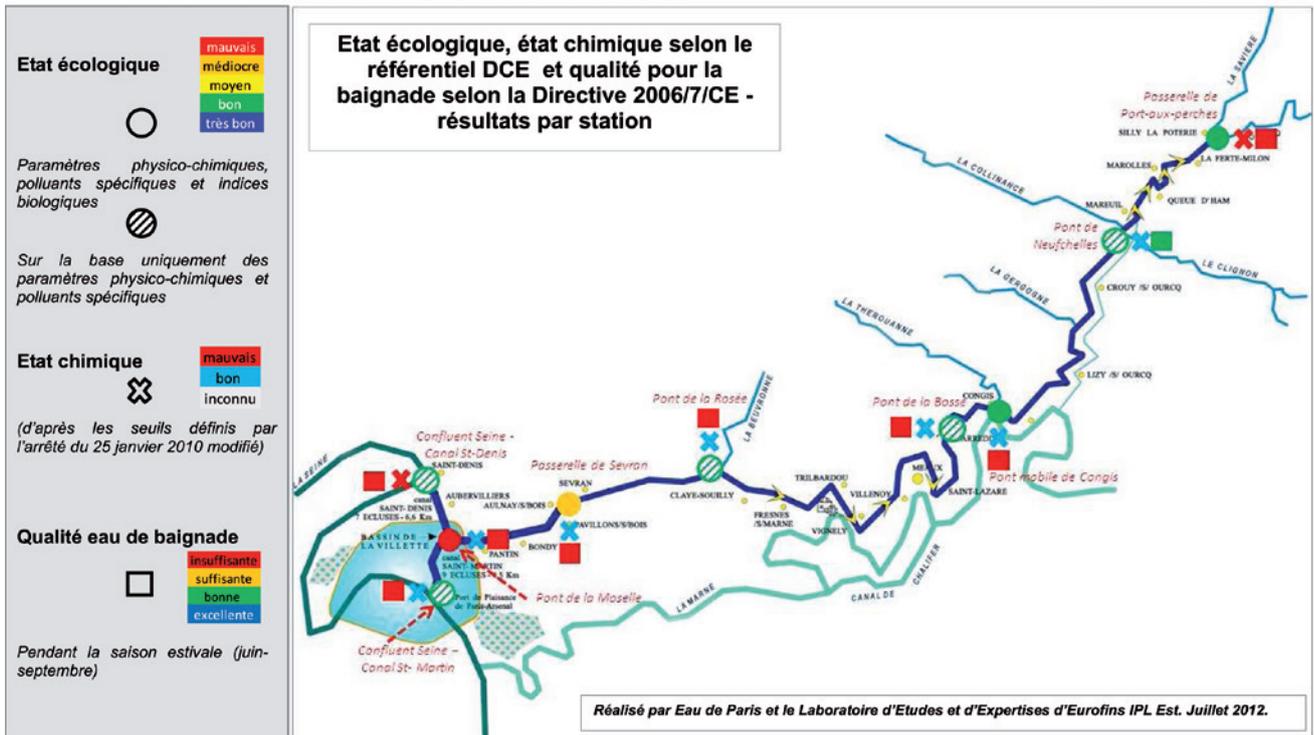
- Les réseaux séparatifs d'eaux pluviales : ils génèrent une pollution, d'une part, parce que le réseau n'est pas à 100 % séparé du réseau d'assainissement (toujours un pourcentage d'inversion de branchements non nuls) et, d'autre part, parce que les eaux de pluies ruissellent avant d'atteindre le réseau, donc se chargent en polluants.
- Les rejets pirates : certains particuliers et entreprises rejettent illégalement leurs eaux dans les canaux.

De plus, les directives, normes et cadres, créés ces 15 dernières années, tels que la DCE⁽⁹⁾ et le SDAGE⁽¹⁰⁾, tendent également à améliorer de façon générale les eaux rejetées et utilisées.

(8) Issues du rapport d'étude « Les rejets & Les canaux de Paris » de Colin Samuel, Juin-Août 2009

(9) Directive Cadre sur l'Eau

(10) Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux



Les outils existants : les usines

Un certain nombre de dispositifs pourraient être mis en place au niveau des usines pour améliorer la qualité de l'eau dans le réseau de distribution.

Dispositifs existants :

Le **dégrillage/tamissage**, déjà présent dans les usines, permet de retenir les matières volumineuses et les déchets de toutes sortes contenus dans les eaux. Le tamisage est actuellement de 1 mm dans l'usine d'Austerlitz et 4 mm pour les usines d'Auteuil et de la Villette. Dans le cadre de la restructuration de l'usine de la Villette celui-ci devrait passer à 2 mm. Ces dispositifs pourraient être affinés afin de filtrer plus de matières en suspension. Une augmentation de la précision de filtration a l'inconvénient de nécessiter une surface au sol plus importante.

Dispositifs pouvant être installés :

Le **filtre à sable** permettrait de supprimer les MES présents dans l'eau en la faisant passer à travers un milieu poreux constitué d'un matériau granulaire. Ce dispositif possède l'avantage d'avoir une vitesse de traitement rapide et d'avoir un coup d'exploitation faible (le sable n'étant pas cher). Cependant, ce type de filtre impose une emprise au sol importante et un entretien fréquent.

L'installation de **membranes**, des parois minces filtrant l'eau, permettrait l'élimination de MES, bactéries, COT... Ce genre de dispositif nécessite une filtration plus grossière en amont et un entretien régulier.



Exemple de filtre à sable

Actuellement ces installations très performantes sont utilisées pour le traitement de l'eau potable. Elles ont un coût important et nécessitent un entretien régulier qui engendre des pertes d'eau importante. Elles ne sont pas forcément adaptées à l'usage actuel de réseau ENP.

Les réservoirs : outils d'amélioration des eaux

Dispositifs existants :

Les **réservoirs** permettent l'amélioration de la qualité de l'eau, bien que ce ne soit pas leur fonction initiale. Le stockage de l'eau permet à toutes les matières présentes dans l'eau de décanter (MES, bactéries...). Cette décantation est aujourd'hui possible du fait de la présence de grands réservoirs par lesquels presque toutes les eaux transitent.

Il existe deux types d'évacuation de l'eau dans les réservoirs : en radier (évacuation par le bas) ou en surverses (évacuation par le haut). Du fait de la sécurité incendie, quel que soit le type d'évacuation, les réservoirs possèdent toujours entre 1 m et 1,30 m d'eau. Il est donc peu probable que les dépôts de MES, dus à la décantation, transitent dans le réseau.

De plus, une campagne de nettoyage des réservoirs est réalisée deux fois par an.

Dispositifs pouvant être installés :

Pour faciliter la décantation, et en particulier éliminer les particules en suspension de très petites tailles, l'ajout d'un produit chimique (un coagulant) permettrait à ces particules de s'agglomérer. Plus grosses et plus lourdes, les nouvelles particules seraient plus facilement décantées et filtrées. Ce procédé s'appelle la coagulation/floculation.

Simple à mettre en place et peu onéreux, il serait actuellement envisageable pour le réseau. Un nettoyage plus régulier et un système de récupération des boues situées au fond des réservoirs seraient à envisager, un réaménagement des bassins serait également à prévoir (bassins pentus avec entonnoir pour diriger les boues).

Des dispositifs locaux d'amélioration de la qualité

Ce type de politique d'amélioration locale de la qualité en fonction des usages est déjà mis en place pour certains réseaux d'eau brute comme à Madrid. En effet, la société du Canal Isabel II fournit à l'ensemble des usagers du réseau une qualité minimale, il appartient ensuite aux usagers de mettre en place des systèmes de traitement en fonction des usages qu'ils souhaitent faire de l'eau.

Dispositifs existants :

Actuellement différents types de filtres sont utilisés pour le nettoyage des voiries et l'arrosage des certains parcs et jardins (bois de Boulogne, pelouse du Champs de Mars...) pour pallier le problème de MES :

- filtre de remplissage
- filtre de pompe HP (avec tamis)

Dispositifs pouvant être installés :

La **désinfection bactériologique** permettrait l'élimination des micro-organismes pathogènes (bactéries et virus). Elle s'effectue généralement en fin de chaîne de traitement de l'eau, il serait donc difficile d'imaginer ce type de traitement à l'échelle globale. Il existe plusieurs procédés de désinfection :

- **La désinfection par l'oxydation** au chlore ou à l'ozone pourrait être envisagée. Cette méthode est relativement bon marché et nécessite tout de même l'installation de pompe de chloration et de bassin de stockage du chlore. Ces techniques peuvent également engendrer la création de sous-produits pouvant dégrader la qualité de l'eau (l'ozonation peut par exemple créer des bromates qui sont cancérigènes pour l'homme).
- **Le traitement par rayonnement UV** (Ultra-Violet) est un système de lampe à vapeur de mercure irradiant les cellules vivantes contenues dans l'eau. Ce système possède l'avantage que la désinfection s'accompagne de la formation d'aucun produit de réaction avec la matière organique de l'eau. L'utilisation de l'appareil est simple, il est adaptable sur un circuit de distribution d'eau déjà en place, son entretien est réduit et son coût de fonctionnement est relativement bas. L'inconvénient de ce système est qu'il ne possède pas d'effet rémanent, cela signifie que certaines bactéries peuvent de nouveau proliférer après le traitement. Cette désinfection est réservée aux eaux dont le circuit de distribution est court et bien entretenu. De plus, le bon fonctionnement de l'appareil nécessite une turbidité inférieure à 0,3 ce qui n'est pas le cas du réseau d'ENP.

Pour traiter les problèmes de dureté au niveau local, des **adoucisseurs d'eau** peuvent être une solution. Un adoucisseur d'eau est un appareil qui réduit la dureté de l'eau en favorisant l'interaction des ions calcium et magnésium contenus avec des ions sodium.

Néanmoins, rappelons que ce sont les mêmes types de traitement qui sont utilisés pour fabriquer de l'eau potable. Cette remarque soulève deux questions : de quel type d'eau veut-on disposer et à quel coût souhaite-on le produire ?



Exemple de filtre à UV

Faire le choix de délivrer une eau de meilleure qualité sans augmenter réellement le coût de traitement mais en réutilisant et en optimisant les outils existants, c'est assurer pour chaque usager du réseau une eau brute de bonne qualité pour les usages qui en sont faits. Mais quelles qualités pour quels usages ? Il est nécessaire de définir les usages avant de revenir sur la qualité. A la marge et pour certains industriels des dispositifs à la charge des utilisateurs pourraient être installés pour compléter le traitement de l'eau et la rendre compatible avec les process utilisés.

Dans le cas où aucune disposition ne serait prise pour assurer la bonne qualité de l'eau, voire que cette qualité serait amenée à se dégrader et que son amélioration serait laissée à la charge de l'utilisateur, il y aurait un risque de proposer un service inégal dont la seule garantie serait liée aux moyens financiers de l'utilisateur lui permettant d'installer à son compte des dispositifs d'amélioration de la qualité de l'eau.

Synthèse

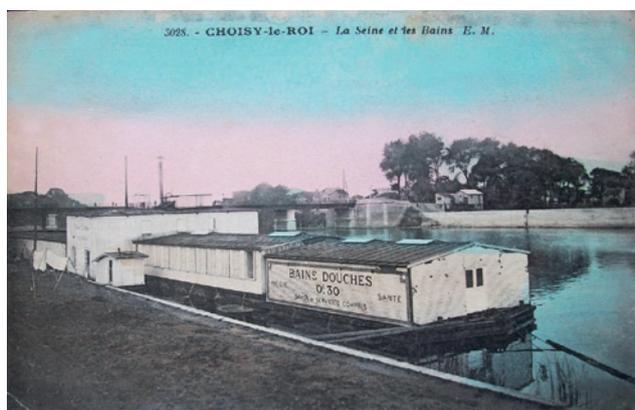
- L'eau des canaux et l'eau de la Seine ont des caractéristiques physico-chimiques très proches, la seule différence notable est que l'eau du canal est plus dure, ce qui peut poser problème si l'on augmente la température à plus de 30 °C (dépôt de tartre important, prolifération des légionnelles).
- La qualité microbiologique de l'eau du canal est meilleure que celle de la Seine. À certains endroits, elle est conforme à la norme qualité eau de baignade.
- Après son passage dans le réseau la qualité de l'ENP s'améliore au niveau des pollutions fécales et des Matières En Suspension (MES). Nécessité de poursuivre les analyses pour améliorer la connaissance de la qualité de l'eau de réseau.
- Depuis son origine, le réseau d'ENP reçoit des eaux avec des propriétés physicochimiques très proches. L'introduction de nouvelles eaux, notamment avec une minéralisation très éloignée des eaux actuelles (par exemple les eaux d'exhaure), pourraient entraîner des désordres, pour cela des simulations devront être réalisées.
- Aujourd'hui, l'eau du réseau est de bonne qualité pour les usages existants. Plusieurs dispositifs d'amélioration de la qualité sont déjà en place (dégrillage/tamissage, différents types de filtres, les réservoirs jouant le rôle de décanteurs...) ou sont prévus (amélioration de la filtration à la Villette, de 2 à 1 mm).
- D'autres dispositifs pourraient être envisagés tels que : le filtre à sable, les membranes, l'ajout de produits permettant la floculation... mais attention, tendre vers une eau de meilleure qualité, c'est se rapprocher d'une qualité d'eau potable, alors même que l'une de ses richesses est d'être non potable.

II- Valorisation de la ressource en eau non potable

1- Plaisirs de l'eau et valorisation de l'eau brute : la baignade

A- La baignade en eau vive dès le XVII^e siècle

« Si l'homme se baigne depuis la nuit des temps en milieu naturel, la construction d'équipements spécifiques sur les rives de nos cours d'eau ou de nos lacs ne semble pas remonter à plus de trois siècles »⁽¹⁾.



Les bains de Choisy-le-Roi, 1934



La plage de Champigny-sur-Marne

Dès le XVII^e siècle, les parisiens sont nombreux à se baigner dans la Seine, la baignade « sauvage » est alors la règle. Ce n'est qu'au XVIII^e que l'on voit se multiplier les établissements de bains et, en fin de siècle, apparaître les premières écoles de natation.



6 août 1913, championnats militaires de natation, vue générale pendant le 500 mètres aux Bains Deligny - photographie de presse -Agence Rol

Dès le début du XIX^e siècle, les établissements de toutes sortes se multiplient au bord des rivières afin de répondre à la demande croissante d'une pratique sportive naissante qu'est la natation tandis que la baignade en eau vive reste toujours très recommandée pour des raisons de santé.

(1) Isabelle Duhau, « Les baignades en rivière en Ile-de-France », Manuscrit auteur, publié dans « 22^e Journées Scientifiques de l'Environnement - Reconquête des environnements urbains : les défis du XXI^e siècle, Créteil : France (2011) », p 1.

Paris, pionnière en matière de baignades en rivière, est peu à peu distancée, à partir de la seconde moitié du XIX^e, par les nombreuses installations sur d'autres rivages franciliens suscitées par la mode de la partie de campagne dominicale.



De la baignade du banc de sable à la plage de Joinville-le-Pont

Au début du XX^e siècle, l'étendue naturelle de sable est transformée, en l'espace d'une vingtaine d'années, en un équipement aménagé spécifiquement pour l'accueil des baigneurs.

Les évolutions techniques et architecturales apportées aux équipements répondent aux évolutions des usages. Structures rudimentaires à l'origine, les baignades se perfectionnent afin d'apporter plus de services aux baigneurs (cloisonnement pour réguler le courant, fond artificiel en pente douce, vestiaires...).

Dès le XVIII^e siècle, les autorités rejettent nombre de demandes d'autorisation d'installations de bains car la priorité est donnée à la navigation dont le trafic est en constante augmentation. Lorsque les autorisations sont données elles stipulent que les bains pourront être déplacés à la moindre injonction et sans indemnités.

Pourtant les écoles de natation restent nombreuses car il faut répondre aux attentes grandissantes de la population et les ordonnances du préfet de police réitèrent chaque année l'interdiction « de se baigner en rivière dans Paris, si ce n'est dans les bains ou écoles de natation autorisés »⁽²⁾. Cette interdiction vaut également pour le canal Saint-Martin, le bassin de la Villette, le canal Saint-Denis et celui de l'Ourcq.

Alors même que la baignade s'est fortement développée grâce à ses bénéfices sur la santé, c'est aussi une raison sanitaire qui conduira à l'interdire en Seine en 1923 et en Marne en 1970. L'attrait pour l'eau n'a pourtant pas faibli.

Les réflexions sur la création d'îlots de fraîcheur en ville pour le confort des habitants sont d'actualité. L'eau reprend donc l'une de ses fonctions majeure : rafraîchir et apporter du confort et du plaisir à ceux qui la côtoient.

B- Vers une reconquête de l'imaginaire parisien de l'eau brute

La fermeture des derniers établissements proposant une baignade en eau vive à Paris renvoie plus largement à un changement de l'image de l'eau brute (rivières, canaux, mares, flaques...) qui est connotée négativement (pollution des eaux, égouts...).

Au XIX^e siècle, l'eau est perçue comme un vecteur de transmission de maladies. Les rues sont pavées puis asphaltées, les cours d'eau sont comblés ou recouverts pour être transformés en voies de circulation et de stationnement. L'eau est canalisée et disparaît de la surface de la ville.

Néanmoins, la tradition parisienne de maîtrise des réseaux d'eau et d'assainissement (construction d'égouts visitables et de deux réseaux d'eau...) a permis de conserver une présence de l'eau dans la ville même si elle reste canalisée et artificielle (trames d'eau artificielles des parcs et des bois, fontaines, coulage des caniveaux...), mais l'eau reste intouchable, impalpable.

« Le plan d'eau du bassin de la Villette s'apparente ainsi aux pelouses du XX^e siècle qui se devaient d'être toujours vertes, toujours semblables, dont il ne fallait pas s'approcher, sur lesquelles il n'était pas question de marcher et dont la seule fonction était contemplative. Cette gestion infrastructurelle et figée de l'eau et de sa gestion rentre en collision avec la demande aquatique qui se manifeste par des pratiques marginales – aux marges des infrastructures, aux marges des règlements – telles que baignades « sauvages », pataugeage dans les fontaines non prévues à cet effet, pêche tolérée mais très encadrée, etc. Les citoyens s'approprient finalement,

(2) Isabelle Duhau, « Les baignades en rivière en Ile-de-France », Manuscrit auteur, publié dans « 22^e Journées Scientifiques de l'Environnement - Reconquête des environnements urbains : les défis du XXI^e siècle, Créteil : France (2011) », p 7.

malgré les services techniques, des équipements dont ils font des lieux temporaires avant d'en être chassés au motif de la sécurité, des normes et des risques, alors qu'il serait probablement possible de développer une culture aquatique en lieu et place de la privation d'eau. C'est toute la question de l'aquosité urbaine, selon l'expression d'André Guillaume, qui est ici posée ». ⁽³⁾

La création d'un lieu de baignade est une opportunité pour réinstaurer des rapports entre l'eau brute et le citoyen.



Activités nautiques au bassin de la Villette

C- Exemples de baignade à l'étranger et en région parisienne (Meaux)

À l'étranger : le cas de Londres

Le grand Londres et ses environs disposent de plusieurs baignades en eaux vives. Parmi les plus connues ont compte : Haysden Lake, Heron Lake, Leybourne Lakes, Liquid Lesure Waterski Lake, Princes club et Roydon Mill Lake ⁽⁴⁾. Il est également possible de se baigner en plein cœur de la ville, dans le « Serpentine Lake (Lansbury's Lido) » de Hyde Park. Créé en 1730 lors de la restructuration de Hyde Park et des Kensington Gardens (250 ha au total), le lac fusionne 11 étangs naturels alimentés par la rivière Westbourne. Très polluée, cette rivière est finalement enterrée en 1834 et les 11 ha de la Serpentine sont alimentés par des sources souterraines d'excellente qualité, des forages et de l'eau de surface. Depuis 1930, la Serpentine est utilisée pour la baignade. Des bouées délimitent une espace de baignade rectangulaire, d'environ 30x100 m, situé sur la rive sud et comprenant plage et pataugeoire. Accessible au public durant la période estivale, du 1^{er} juin au 12 septembre de 10 à 18h00 (et les week-ends en mai), la Serpentine a également accueilli l'épreuve de nation du triathlon durant les jeux olympiques d'été de 2012. Les membres du Serpentine Swimming Club peuvent s'y baigner toute l'année de 6h00 à 9h30 ⁽⁵⁾.

Il est également possible de nager dans une partie des 25 étangs de Hampstead Heath (près de 3 ha sur les 320 ha du parc). Les plus importants se situent à l'est : huit anciens réservoirs d'eau creusés aux XVII^e et XVIII^e siècles pour alimenter Londres appelés les « Highgate Ponds ». Au sud-ouest, trois autres étangs appelés « Hampstead Ponds » résultent d'un barrage créé en 1777 sur le ruisseau Hampstead. Un étang mixte est ouvert à la nage en 1860, un étang pour les hommes en 1890 et un pour les femmes en 1925.

En 2004, la « City of London Corporation » qui gère le Heath a tenté de fermer les étangs à cause d'un coût jugé trop élevé pour le maintien d'une eau de baignade conforme à la législation et de risques sanitaires. Des citoyens ont porté l'affaire devant la justice et la Haute Cour leur a donné raison. Pour réduire les coûts d'entretien, la « City of London Corporation » a instauré une entrée payante d'un montant de £2. L'étang mixte est ouvert de mai à septembre, les deux autres le sont toute l'année ⁽⁶⁾.

Ces lacs londoniens sont aussi équipés de systèmes de traitements particuliers afin d'améliorer la qualité de l'eau : paille d'orge et aérateurs pour réduire la présence des algues, plantations régulières de roseaux... Baignade et lagunage sont donc compatibles avec la préservation et la mise et la mise en valeur d'un patrimoine paysager ancien.

(3) Sabine Barles, *Quelle valorisation de la ressource en eau pour la ville de demain ? Synthèse des ateliers Eau Non Potable de l'APUR*, 2013.

(4) <http://www.triathlonlondon.org/Home/TrainingVenues/tabid/155/Default.aspx>

(5) http://fr.wikipedia.org/wiki/Serpentine_%28lac%29
<http://www.royalparks.org.uk/parks/hyde-park/hyde-park-attractions/serpentine-lido>

(6) <http://www.cityoflondon.gov.uk/things-to-do/green-spaces/hampstead-heath/Pages/default.aspx>
www.hampsteadheath.net/swimming
https://en.wikipedia.org/wiki/Hampstead_Heath

Londres n'est pas un cas isolé, de nombreuses autres villes européennes offrent des baignades urbaines en eau vives. Le cas de Zurich, en particulier, a été abordé lors du troisième atelier consacré à la valorisation de la ressource pour la ville de demain (se reporter à la restitution).



Baignade à Hampstead Heath - Londres



Baignade à Zurich (Fluß Bad Oberer Letten)



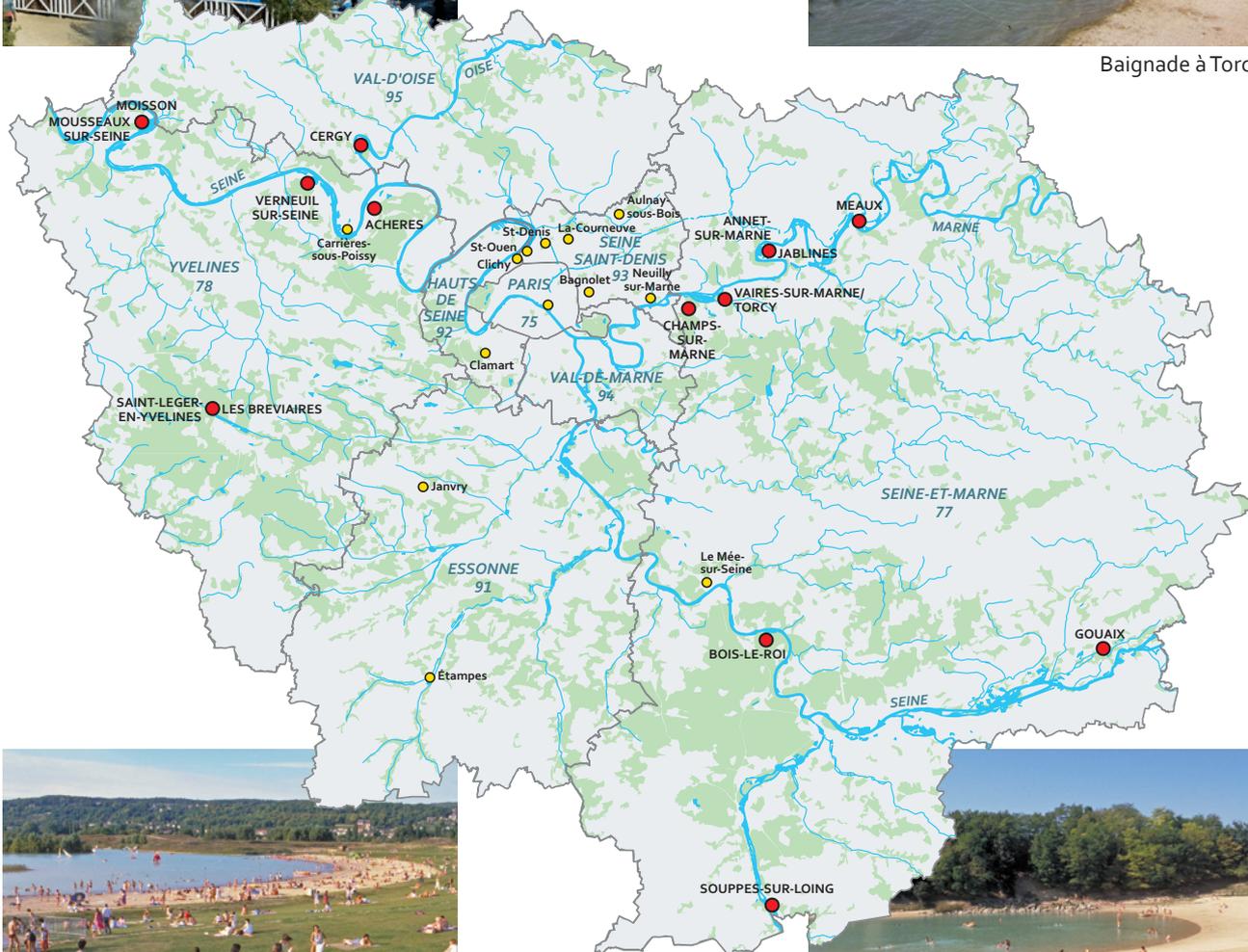
Baignade à Saint-Ouen : opération l'Estivale, été 2012

Zones de baignade en Ile-de-France

- Eaux vives
- Eaux éphémères



Baignade à Torcy



Plage au bord d'un étang - Verneuil-sur-Seine



Base de loisirs à Jablines

En région parisienne : le cas de Meaux

La reconquête de l'ancienne plage de Meaux Trilport

L'exemple de la plage de Meaux en région Ile-de-France est le symbole d'une véritable reconquête de la qualité de l'eau de la Marne.

Le projet de la création d'un lieu de baignade à Meaux est né d'une volonté politique de faire profiter les meldois ne partant pas en vacances d'un espace de baignade « grandeur nature ».

Le site choisi n'est autre que l'ancienne Plage de Meaux, fermée il y a une quarantaine d'années en raison de la détérioration de la qualité de l'eau.



La plage de Meaux hier



La plage de Meaux Trilport en service depuis 2007

Après plusieurs années d'analyses de l'eau réalisées et validées par l'ARS (Agences Régionales de Santé), la ville de Meaux a fait appel à un cabinet d'aménagement, l'Atelier CEPAGE, pour maître en œuvre le projet. Le site a été inauguré le 5 juillet 2007.

Le projet de la Plage de Meaux a été réalisé dans la continuité du Parc naturel du Pâtis. Il s'agit d'un espace de plage et de baignade surveillée dans la Marne. La plage de sable possède une superficie de 800 m², moitié en Marne, moitié sur berge. La zone de baignade est d'environ 80 m sur 18 m, elle est délimitée par des bouées et deux pontons flottants qui sont à la disposition des baigneurs. Sur la partie terrestre, la plage de sable est bordée par un ensemble de platelage en bois permettant de créer une limite franche avec la surface engazonnée.

La baignade est autorisée uniquement de début juillet à fin août, elle connaît une fréquentation moyenne journalière de 700 personnes et est ouverte de 11 h à 19 h.

Pour les saisons 2008, 2009, 2010 et 2011, la qualité des eaux de baignade de la plage de Meaux a été évaluée selon la directive 76/160/CEE, norme applicable jusqu'à fin 2014 (voir plus loin pour le détail de cette norme).

Des contrôles sont effectués chaque année par l'ARS en période estivale. Si la qualité d'eau est jugée insuffisante, la plage de Meaux est fermée pendant la durée nécessaire pour que la Marne se dépollue.

La limite impérative en coliformes totaux a été dépassée une fois en juin 2009 suite à un fort orage. La plage a notamment été fermée 4 jours en juillet 2009 en raison de contamination microbiologique.

Le nombre de prélèvements et d'analyses est faible, 1 prise de mesure en juin, 3 en juillet et 2 en août sur les années 2008 à 2011, mais d'après la classification de la zone de baignade sur les quatre dernières années, la qualité de la Marne a tendance à s'améliorer.

D- Le bassin de la Villette : un lieu propice à la baignade

L'aménagement d'une zone de baignade au bassin de la Villette présente de nombreux atouts dans un secteur de la ville où la proportion de suroccupation des logements et où la densité humaine est bien plus forte que dans le reste de la capitale.

La création d'une zone de baignade peut se réaliser à moindre frais, des aménagements simples peuvent permettre aux baigneurs de profiter pleinement du site.

Notons, que ce site est déjà utilisé à de nombreuses occasions et notamment pour des activités nautiques durant l'été « l'Ourcq plage ». Ce changement dans l'évolution des usages depuis quelques décennies mériterait d'être poursuivi en redonnant à l'eau toute sa place dans l'espace urbain et surtout en diversifiant l'une de ses fonctions majeures : plaisir et rafraîchissement.

Sur-occupation et fortes densités humaines en 2009



Type d'occupation

- très forte densité humaine (>1.000) (*) et / ou très forte suroccupation (>16%) (**)
- forte densité humaine (>750) (*) et / ou forte suroccupation (>12%) (**)
- espace vert public

(*) Nombre d'habitants + emplois salariés à l'hectare

(**) Part de la population vivant dans un logement suroccupé (2 personnes ou plus par pièce), dans le total de la population des ménages

Sources:
Recensement de la Population (INSEE) - 2009



Le bassin de la Vilette demain ? (photo montage Apur)

E- Quelles qualités requises pour la baignade en eau libre ?

État de la norme actuelle pour l'ouverture d'un site à la baignade

La réglementation, actuellement en vigueur et valable jusqu'en 2014, concernant la qualité des eaux de baignade est la Directive n° 76-160 du 8 décembre 1975.

Cette norme exige un contrôle des pollutions du type fécal, les coliformes totaux et fécaux englobant les Entérocoques et les Escherichia coli. Elle impose également un contrôle sur d'autres bactéries comme les Salmonelles et les entérovirus.

De plus, elle prescrit des normes de qualité sur les paramètres physico-chimiques :

- l'eau ne doit être ni trop basique, ni trop acide ;
- sa coloration ne doit pas changer anormalement ;
- elle ne doit pas posséder de film d'huile visible en surface ainsi que de mousse persistante ;
- la transparence de l'eau doit être d'au moins un mètre ;
- la concentration de polluants divers (cyanures, pesticides,...) doit être vérifiée.

Les analyses doivent être réalisées sur l'ensemble d'une saison balnéaire.

Comparaison avec la nouvelle norme

La nouvelle norme applicable pour l'ouverture d'un site de baignade est la directive européenne (2006/7/CE). Son application sera rendue obligatoire à partir de la fin de l'année 2014. Cette directive exige le contrôle de deux paramètres microbiologiques : les Entérocoques intestinaux et les Escherichia coli.

Valeurs limites utilisées pour classer les eaux douces

Paramètre	Excellente qualité	Bonne qualité	Qualité suffisante
Entérocoques intestinaux	200 ^(*)	400 ^(*)	330 ^(**)
Escherichia coli	500 ^(*)	1 000 ^(*)	900 ^(**)

(*) évaluation au 95^e percentile

(**) évaluation au 90^e percentile

Figure 1 - http://baignades.sante.gouv.fr/editorial/fr/controle/normes_s.html#f1

À la différence de la norme en vigueur, elle n'impose pas de contrôle sur d'autres bactéries comme les Salmonelles et les entérovirus. Elle ne prescrit pas non plus de paramètres physico-chimiques.

Les analyses doivent être effectuées durant quatre années consécutives en période de saison balnéaire. C'est-à-dire une période pendant laquelle une affluence importante de baigneurs peut être envisagée, compte tenu des usages locaux, y compris les éventuelles dispositions locales concernant la pratique de la baignade, ainsi que des conditions météorologiques.

Les valeurs comparées sont des valeurs statistiques évaluées aux percentiles 90 et 95⁽⁷⁾.

En fonction du pourcentage de résultats d'analyses respectant les valeurs fixées par la directive pour ces deux paramètres, il est défini deux classes d'eaux : les eaux conformes et les eaux non conformes. Les eaux de baignade sont conformes si tous les résultats demeurent inférieurs aux valeurs impératives.

C'est l'Agence régionale de santé (ARS) qui fournit la certification d'une eau.

(7) Le percentile 90 (ou 95) est la valeur pour laquelle 90 % (ou 95 %) des résultats sont inférieurs et 10 % (ou 5 %) sont supérieurs aux valeurs de référence.

État de la qualité de l'eau au bassin de la Villette

Le rapport Eau de Paris ⁽⁸⁾ sur la qualité de l'eau du canal de l'Ourcq stipule d'après la directive 76-160, en vigueur jusqu'à fin 2014, que l'eau du bassin de la Villette serait conforme à la baignade. L'eau du bassin respecte les exigences de qualité pour les paramètres microbiologiques et physico-chimiques.

Toujours d'après le même rapport, cette eau ne serait plus conforme à la baignade d'après la nouvelle norme cadre européenne (2006/7/CE).

Nous pouvons néanmoins souligner que ces analyses se basent sur les percentiles 90 et 95 des concentrations en E. coli et Entérocoques pour l'année 2011 complète. Or, la nouvelle directive européenne exige des analyses sur quatre années durant les saisons balnéaires.

Les conclusions de ce rapport doivent donc être nuancées.

Dans cette perspective, les calculs ont été refaits en appliquant les consignes exigées par la nouvelle norme.

Pour l'exploitation des résultats, nous avons choisi une saison balnéaire comprise entre juin et août. Cette période couvre un mois de plus que la saison balnéaire de la plage de Meaux (juillet et août) et deux mois de plus que celle de Paris-Plage (20 juillet-18 août en 2013).

D'après les analyses fournies par le laboratoire d'Eau de Paris et après calcul au 90 et 95 percentiles sur les années 2009 à 2012, nous arrivons aux résultats suivant :

	Entérocoques intestinaux		Escherichia coli	
	Norme	Bassin de la Villette	Norme	Bassin de la Villette
Excellente qualité	200 ^(*)		500 ^(*)	
Bonne qualité	400 ^(*)	388	1 000 ^(*)	845
Qualité suffisante	330 ^(**)	257	900 ^(**)	640

(*) évaluation au 95^e percentile

(**) évaluation au 90^e percentile

Il en ressort que l'eau du bassin de la villette serait de qualité suffisante pour la baignade, voire de bonne qualité.

(8) Rapport Eau de Paris – Seine FINAL - bilan annuel 2011 - 23 juillet 2012 : La Ville de Paris et Eau de Paris ont mené en 2011 des investigations sur les canaux parisiens au niveau de 9 points de mesures afin d'évaluer la qualité des eaux. Ce rapport recense des paramètres physicochimiques généraux et des paramètres bactériologiques indicateurs de contaminations fécales et des micropolluants.

Synthèse

- Dès le XVII^e siècle, Paris est pionnière en matière de baignades en rivière, elle est peu à peu distancée, à partir de la seconde moitié du XIX^e, par les nombreuses installations sur d'autres rivages franciliens suscitées par la mode de la partie de campagne dominicale.
- Alors que la baignade s'est fortement développée grâce à ses bénéfices sur la santé, c'est une raison sanitaire qui conduira à l'interdire en Seine en 1923 et en Marne en 1970. L'attrait pour l'eau n'a pourtant pas faibli.
- Les nombreuses réflexions sur la création d'îlot de fraîcheur en ville pour le confort des habitants sont d'actualité. L'eau reprend donc l'une de ses fonctions majeures : rafraîchir et apporter du confort et du plaisir à ceux qui la côtoie.
- Se baigner est possible dans de très nombreuses villes dans le monde, certains lieux de baignade sont historiques comme à Londres, ou récentes comme à Zurich et Copenhague. Le développement de la baignade dans ces villes a souvent conduit à la mise en œuvre d'une politique volontaire d'amélioration de la qualité de l'eau.
- En Ile-de-France, la baignade permise depuis 2007 sur l'ancienne Plage de Meaux, fermée il y a une quarantaine d'années en raison de la détérioration de la qualité de l'eau, est le symbole d'une véritable reconquête de la qualité de l'eau et des usages de la Marne.
- À Paris, le bassin de la Villette pourrait être un lieu propice à la baignade. En effet, le secteur compte une forte densité humaine, un taux de suroccupation des logements important et une forte part de la population captive de la grande ville.
- L'eau au bassin de la Villette est de bonne qualité selon la directive européenne pendant la saison balnéaire s'étendant de juin à août.

2- Améliorer le confort urbain en période de forte chaleur

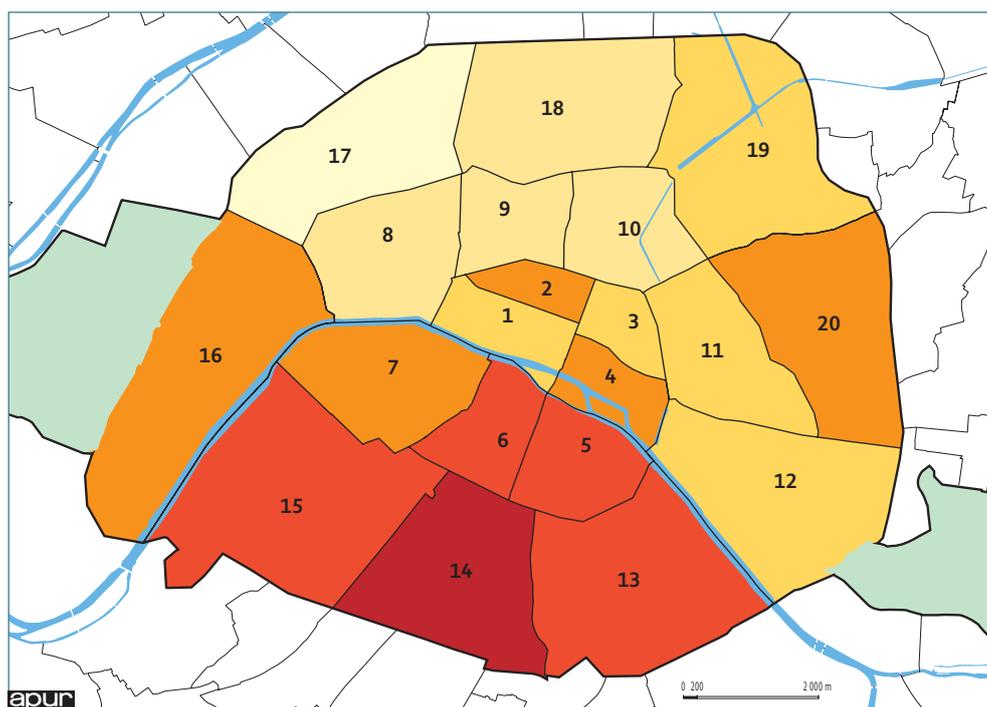
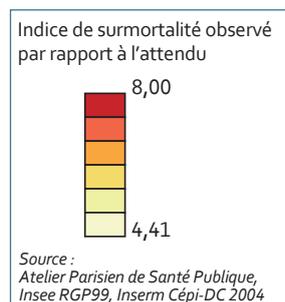
A- Les leçons de la canicule de 2003

L'épisode caniculaire survenu en 2003 a entraîné une surmortalité estimée à près de 2300 décès pour Paris. Il a conduit les pouvoirs publics à prévenir par des moyens opérationnels les conséquences sanitaires liées à la chaleur extrême. Cet événement a révélé les conditions de vie et d'isolement des personnes âgées fragilisées. Plusieurs points importants méritent d'être rappelés :

Les personnes âgées et isolées sont les plus vulnérables pendant les canicules

En étudiant les caractéristiques des Parisiens décédés à domicile pendant la canicule, entre le 1^{er} et le 20 août 2003, l'Atelier Parisien de Santé a pu mettre en évidence les facteurs de risques individuels. Il en résulte que les personnes de plus de 75 ans, les femmes et les personnes vivant seules (en particulier pour les hommes) ont été les plus exposées à la surmortalité⁽¹⁾.

Répartition de la surmortalité à Paris en août 2003



(1) Cadot E., Canouï-Poitrine F., Alarcon F., Noël H., Spira A. (2005), « Vulnérabilité sociale des personnes âgées à Paris, les leçons à tirer de l'épisode caniculaire d'août 2003 », in p. Chauvin, I. Parizot (eds.), Santé et expériences de soins, de l'individu à l'environnement social, Paris, Inserm/Vuibert, pp. 274-292

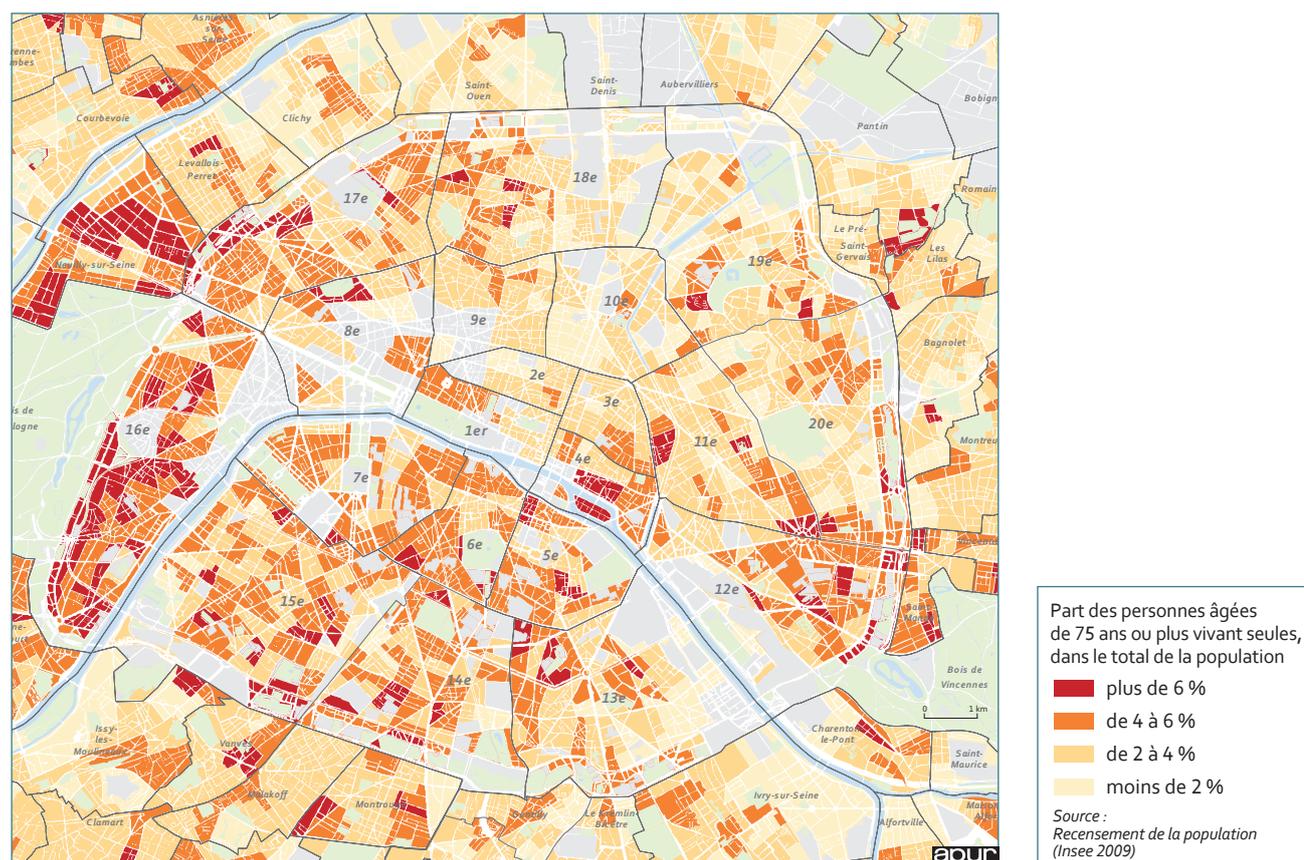
(2) Cadot E. et Spira A., « Canicule et surmortalité à Paris en août 2003, le poids des facteurs socio-économiques », Espace populations sociétés, 2006/2-3, mis en ligne le 1^{er} août 2008.

Au contraire, un revenu élevé est apparu comme un facteur protecteur. De même, la surmortalité s'est révélée significativement inférieure pour les femmes de nationalité étrangère : « Parmi certaines communautés étrangères vivant à Paris, les femmes pourraient, plus souvent que les femmes françaises, appartenir à une famille multigénérationnelle et bénéficier simultanément d'un réseau social personnel plus dense et du soutien d'un tissu associatif important, toutes caractéristiques susceptibles de réduire l'isolement social »⁽²⁾.

À 75 ans ou plus, plus d'un parisien sur deux vit seul

Ces personnes sont très représentées dans les arrondissements de la rive gauche ainsi que dans le 4^e, 12^e, 16^e et le sud du 17^e arrondissement. La carte ci-dessous, montre bien que ces personnes vivent majoritairement près de la Seine ou aux abords des bois de Boulogne et de Vincennes. Or, une action d'amélioration du bien-être en ville par un développement de l'usage de l'eau brute en période de fortes chaleurs serait plutôt privilégiée dans les secteurs éloignés des lieux bénéficiant déjà de conditions favorables au rafraîchissement (eau et végétation). De plus, ces personnes vivant reclus dans leurs appartements ne profiteraient pas d'une baisse de la température sur l'espace public.

Les personnes de 75 ans ou plus vivant seules en 2009



Pour aider les personnes fragiles, il faut agir contre l'isolement social

Un réseau social personnel ou un soutien associatif apparaissent comme des solutions appropriées pour prévenir les risques de surmortalité des personnes âgées et isolées pendant les épisodes de canicule. La lutte contre l'isolement des Parisiens âgés et pour le maintien du lien social apparaît comme un des objectifs du schéma gérontologique de Paris 2012-2016. Il s'agirait de « permettre une meilleure identification des situations d'isolement via un travail coordonné avec les acteurs de proximité et de l'urgence (gardiens d'immeubles, associations, commerçants, pompiers, SAMU...) »⁽³⁾. Un certain nombre d'actions existent déjà depuis la canicule de 2003 pour agir contre l'isolement des Parisiens âgés :

- **mise en place du fichier Chalex** qui permet à la Ville de Paris de repérer les personnes fragiles en cas de canicule. Toutes les personnes âgées ou en situation de handicap sont invitées à s'y inscrire en appelant un numéro dédié.
- **création de réseaux de proximité**, comme le dispositif Voisin-Age des Petits frères des Pauvres qui consiste à mettre en relation des personnes âgées et leurs voisins en privilégiant la proximité, les affinités et la réciprocité des échanges.

(3) Département de Paris, Schéma Gérontologique 2012-2016 : « Bien vivre son âge à Paris »

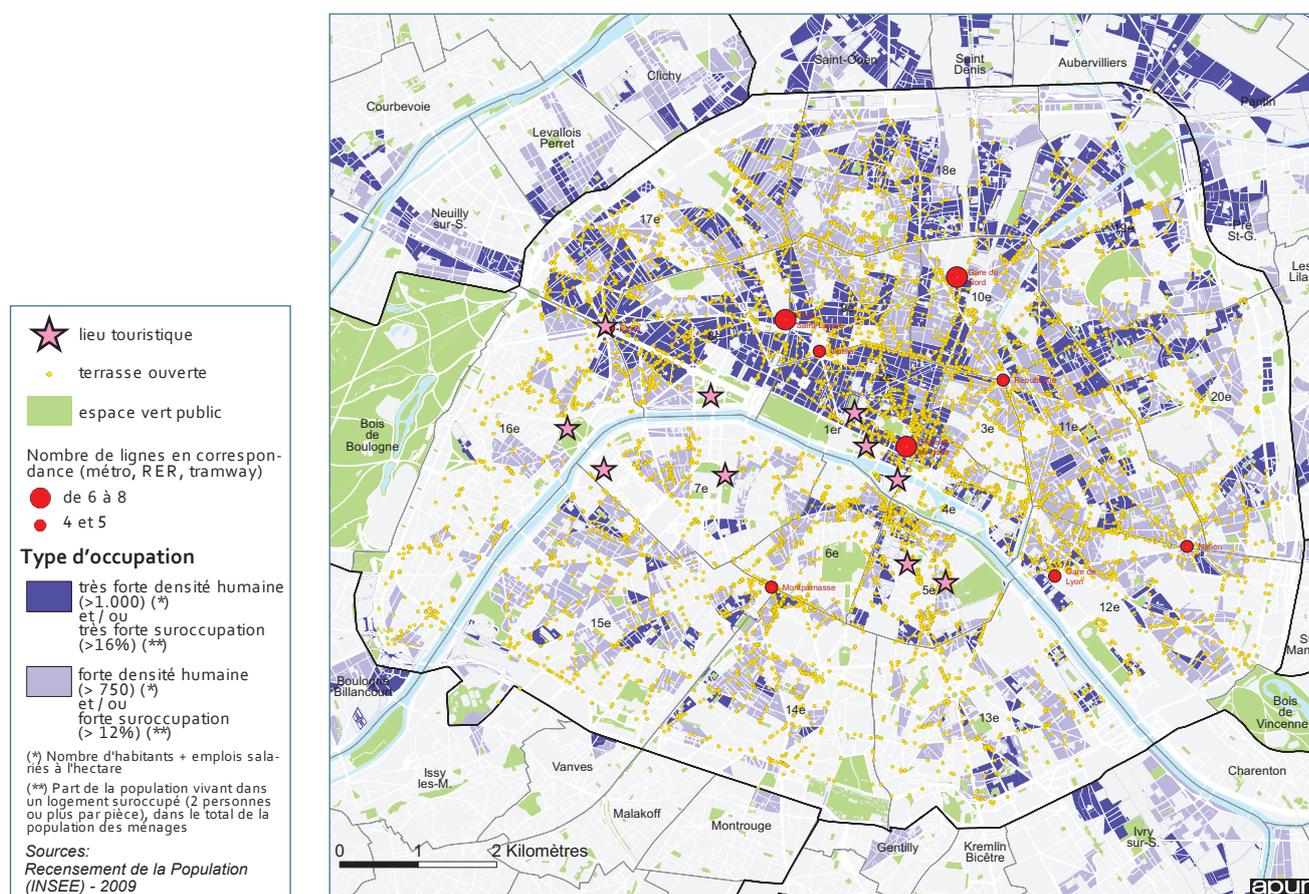
B- Créer des îlots de fraîcheur

L'utilisation de l'eau brute pour rafraîchir l'air ambiant est l'une des voies possibles pour participer au confort des citoyens.

Afin de cibler au mieux les lieux où l'eau pourrait jouer un rôle optimal pour le confort des citoyens, il est nécessaire de définir des critères qui permettront de choisir les lieux prioritaires à rafraîchir. À ce stade de l'étude, quatre critères sont apparus pertinents pour l'utilisation de l'eau brute :

- **La densité humaine** (cumul de la population résidente et des emplois au lieu de travail) paraît la plus pertinente en termes d'occupation de l'espace et permet de mettre en évidence les anciens faubourgs où les densités de population sont les plus fortes mais aussi le quartier des affaires et les sites des grands équipements où les densités d'emplois sont les plus élevés.

Sites prioritaires pour l'utilisation de l'eau non potable à des fins de rafraîchissement



- **La sur-occupation** est un autre critère qui témoigne d'une forme d'inconfort pour les ménages notamment en période de fortes chaleurs. Les 18^e, 19^e et 20^e arrondissements ont l'indice de peuplement le plus élevé (respectivement 0,83 dans le 19^e et 0,80 dans le 18^e et 20^e). Ce sont par ailleurs des arrondissements où la taille des ménages est plus élevée que la moyenne parisienne. En 2009, 68 600 personnes (répartis dans environ 15 800 logements) se trouvent en surpeuplement accentué. La définition retenue englobe les résidences principales ayant un nombre d'occupants par pièce strictement supérieur à 2, comme par exemple un studio occupé par trois personnes ou un deux-pièces occupé par cinq personnes. La part de la population vivant en sur-occupation dépasse par ailleurs 16 % dans certains quartiers tels que le quartier des Deux Portes (entre Porte Saint-Martin et Porte Saint-Denis dans le 10^e), Fontaine au Roi, Goutte d'or, Olympiades, la Chapelle ou encore la Villette.

- **Les pôles de transports et les principaux sites touristiques** apparaissent également comme des polarités en journée qui attirent un grand nombre de personnes et où cheminer en période de forte chaleur peut devenir très inconfortable.
- Enfin, **la localisation de l'ensemble des terrasses ouvertes** montre des concentrations à proximité des théâtres, cinémas ou opéras notamment autour de quelques quartiers réputés : les Champs-Élysées, Pigalle, Montparnasse, Saint-Germain-des-Prés, Les Halles et le Marais ou encore Bastille. Ces lieux sont donc à privilégier pour utiliser l'eau brute à des fins de rafraîchissement.

Cette analyse croisée définit un ensemble de quartiers concentrés pour la plupart sur la rive droite de la Seine ainsi qu'au nord-est de la capitale sur lesquels l'utilisation de l'eau non potable pourrait améliorer sensiblement le confort urbain et par conséquent le bien-être de la population présente.

C- Des pistes d'actions possibles

Comme l'indiquait l'étude sur le devenir du réseau d'eau non potable (2010-2011), il est important de s'inspirer de systèmes existant déjà dans de nombreux pays pour mettre en place des actions valorisant les dispositifs techniques actuels respectueux de l'environnement.



Rigole d'eau le long des boutiques de luxe d'Omotesando à Tokyo

Les bouches de lavage pour le coulage et l'aspersion

À Paris, les 13 000 bouches de lavage pourraient servir à ce nouvel usage de rafraîchissement de la voirie. Situées sur l'ensemble des voies parisiennes et alimentées en ENP, elles constituent un outil propice au développement de cet usage. Les bouches de lavage pourraient donc être amenées à évoluer dans leur conception. Leur utilisation actuelle, réduite à la seule fonction de nettoyage, pourrait être enrichie par ces nouvelles utilisations possibles. Rappelons à ce propos que, dans leur conception d'origine, les bouches de lavage pouvaient et peuvent toujours servir à l'arrosage des trottoirs et de la végétation.

D'après les expérimentations menées au Japon, la consommation d'eau pour le rafraîchissement de l'espace public est de 2 l/m²/h, 4 heures par jour (entre 8 heures et 10 heures et entre 16 heures et 18 heures), soit une consommation de 8 l/m²/j. Dans ce cas, le rafraîchissement peut atteindre localement 2 à 4 °C. Cette baisse importante de température vise à améliorer le confort des usagers des espaces publics et non la réduction d'un risque sanitaire dans les étages des immeubles.

En appliquant ce ratio aux voies parisiennes qui ont le plus fort taux d'ensoleillement par jour en été comme par exemple le quartier de l'Opéra et les Grands boulevards, on obtient une consommation potentielle vouée au rafraîchissement, mais aussi de fait à la propreté, voire à la lutte contre la pollution.

Valoriser les dispositifs techniques et agir en fonction de la qualité de l'eau

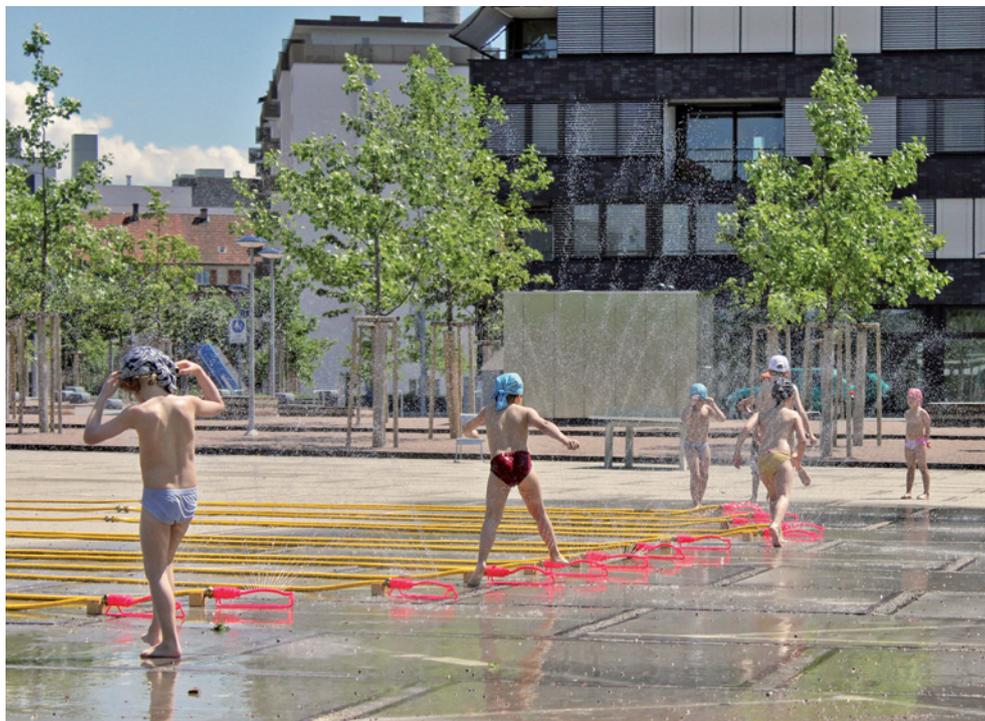
Aujourd'hui, seuls les services de la Ville ont accès à l'usage des équipements techniques que sont les bouches de lavage ou les bouches de remplissage. Au Japon, par exemple, des usagers privés peuvent utiliser des points d'approvisionnement en eau brute installés sur trottoir ou dans les espaces extérieurs de certains équipements (musées par exemple). Dans les secteurs de fortes densités, de restaurants ou de commerces par exemple, l'usage de l'eau brute pourrait être élargi et contribuer aussi bien au rafraîchissement qu'à la propreté des espaces extérieurs.



Robinet d'eau brute sur trottoir et dans un équipement public au Japon



Une connaissance plus fine des différentes qualités de l'eau brute distribuée par le réseau d'eau non potable et une démarche de projet engagée avec les instances sanitaires pourraient contribuer à lever bien des réticences. Par ailleurs, en fonction des sites et des usages prévus, il pourrait être envisagé la mise en œuvre provisoire de systèmes de traitement n'impliquant pas nécessairement des coûts très élevés (filtration, traitement UV par exemple).



© 2010 Bryum GmbH

Projet : « Petrus Reloaded »
Installation d'eau
temporaire - Erlenmattpark,
Bâle - 2010
Agence d'architecture :
Bryum

Étendre les usages de l'eau brute pour le confort et l'agrément. La reconquête des grands espaces libres : places, esplanades, parcs et jardins.

Ces espaces, comme par le parvis de l'Hôtel de Ville, l'esplanade de Beaubourg ou même les places de l'Opéra et de la Concorde, pourraient accueillir des opérations d'aménagement temporaires durant les fortes chaleurs. Des espaces de détente, des brumisateurs, des pataugeoires, des films d'eau en surface... pourraient être proposés ; autant d'actions qui existent aujourd'hui dans le cadre de Paris-Plage, donc en bordure d'un site naturellement rafraîchi par la Seine, et qui pourraient être étendues et conduire à reconquérir de nouveaux espaces dans la ville.

Sur certaines emprises de parcs, jardins et bois, la mise en scène et en pratique de l'eau brute pourrait être privilégiée et ainsi limiter les volumes consommés et cibler les points de concentration du public. La pelouse de Reuilly ou l'esplanade du château de Vincennes pourraient ainsi être choisies.



© The reUNION, projet EXYZT à Londres 2012, photo Kevin Yalton

The Reunion, projet du collectif EXYZT
à Londres, été 2012

Synthèse

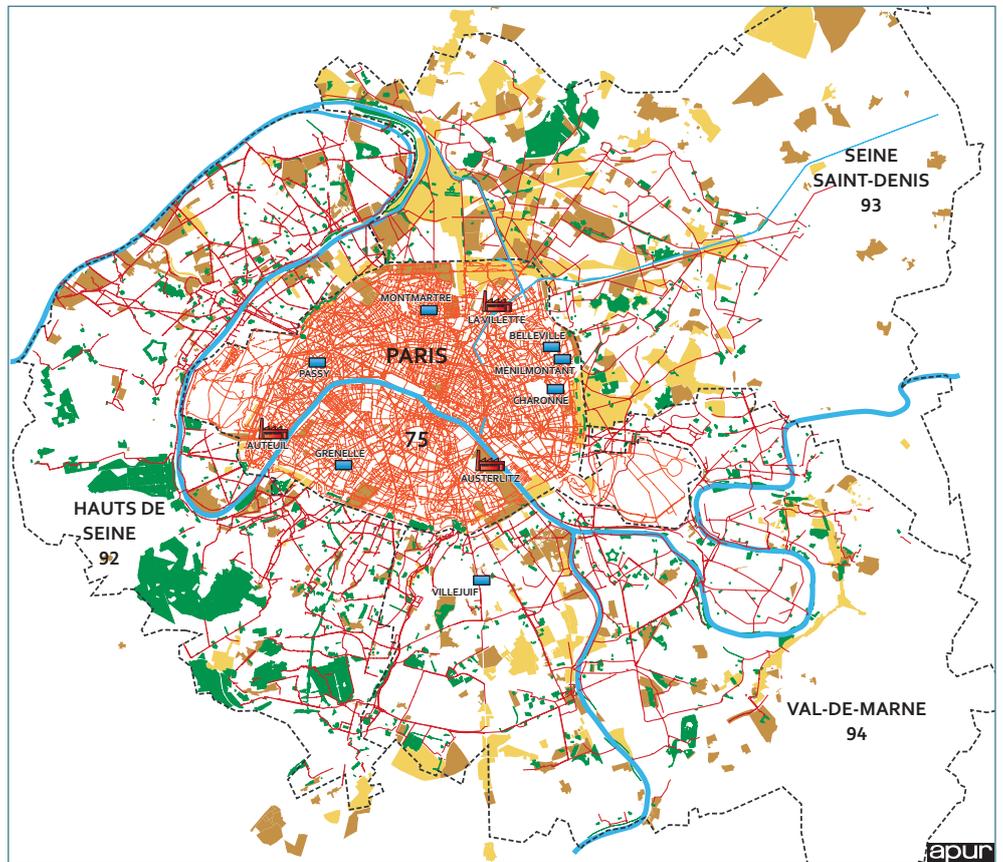
- Les personnes de 75 ans et plus, les femmes et les personnes vivant seules (en particulier pour les hommes) ont été les plus exposées à la surmortalité pendant la canicule de 2003.
- Une analyse de la répartition des personnes de 75 ans et plus à Paris montre bien qu'elles vivent majoritairement près de la Seine ou aux abords des bois de Boulogne et de Vincennes. Or, une action d'amélioration du bien-être en ville par un développement de l'usage de l'eau brute en période de fortes chaleurs serait plutôt à privilégier dans les secteurs éloignés des lieux bénéficiant déjà de conditions favorables au rafraîchissement (eau et végétation). De plus, ces personnes vivant reclus dans leurs appartements ne profiteraient pas d'une baisse de la température sur l'espace public. D'autres actions ciblées les concernant doivent être mises en œuvre.
- À ce stade de l'étude, quatre critères sont apparus pertinents pour l'utilisation de l'eau brute pour l'amélioration du confort urbain : la densité humaine, la sur-occupation des logements, les pôles de transports et les principaux sites touristiques, la localisation de l'ensemble des terrasses ouvertes.
- Cette analyse croisée permet d'identifier un ensemble de quartiers, concentrés pour la plupart sur la rive droite de la Seine ainsi qu'au nord-est de la capitale, pour lesquels l'utilisation de l'eau non potable pourrait améliorer sensiblement le confort urbain.
- Pour assurer le rafraîchissement urbain, les actions à mettre en place pourraient s'inspirer de systèmes existants déjà dans de nombreux pays, mais aussi valoriser les dispositifs techniques actuels tels que les BL, BR et bouches d'arrosage... Des installations plus éphémères pourraient aussi être réalisées...

III- Premières expérimentations possibles

1- Valorisation et enrichissement des dispositifs techniques

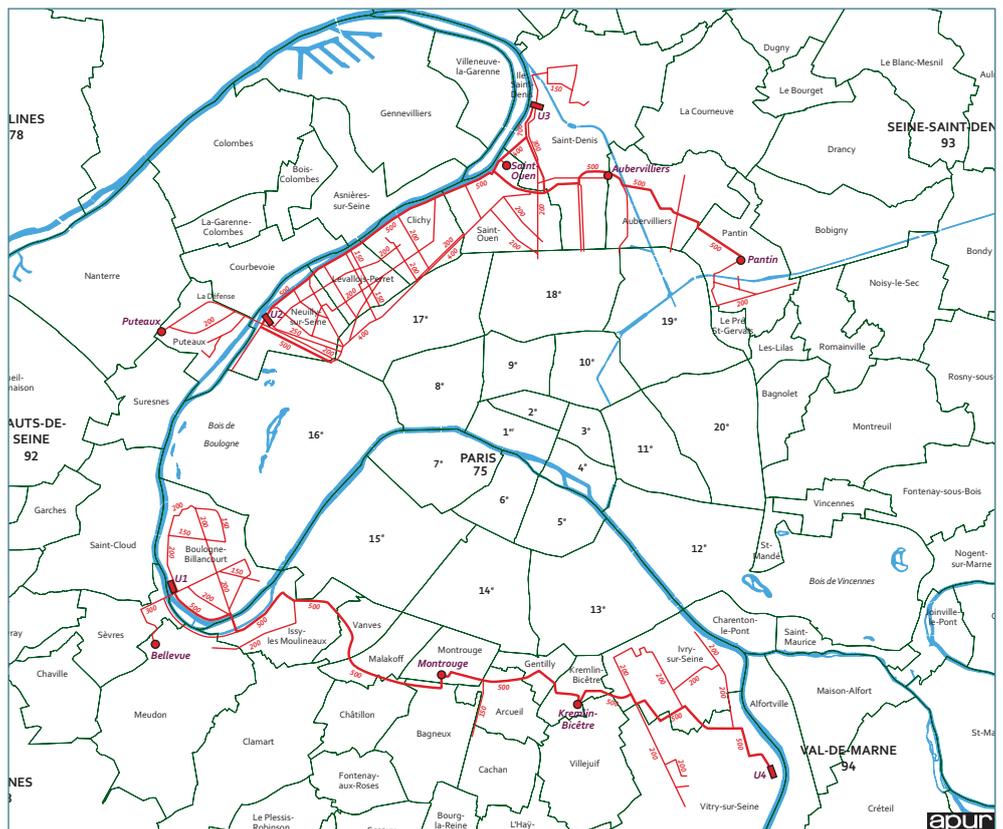
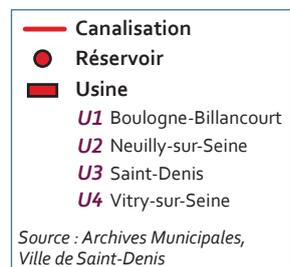
Un héritage technique à reconsidérer

Les réseaux visitables, les émissaires et tout autres dispositifs techniques existants susceptibles de contribuer à la distribution possible en eau brute doivent être pris en compte. Il est essentiel de penser en fonction de la proximité des ressources, de la diversité des outils, des types de territoires, de leurs projets, des différents usages...

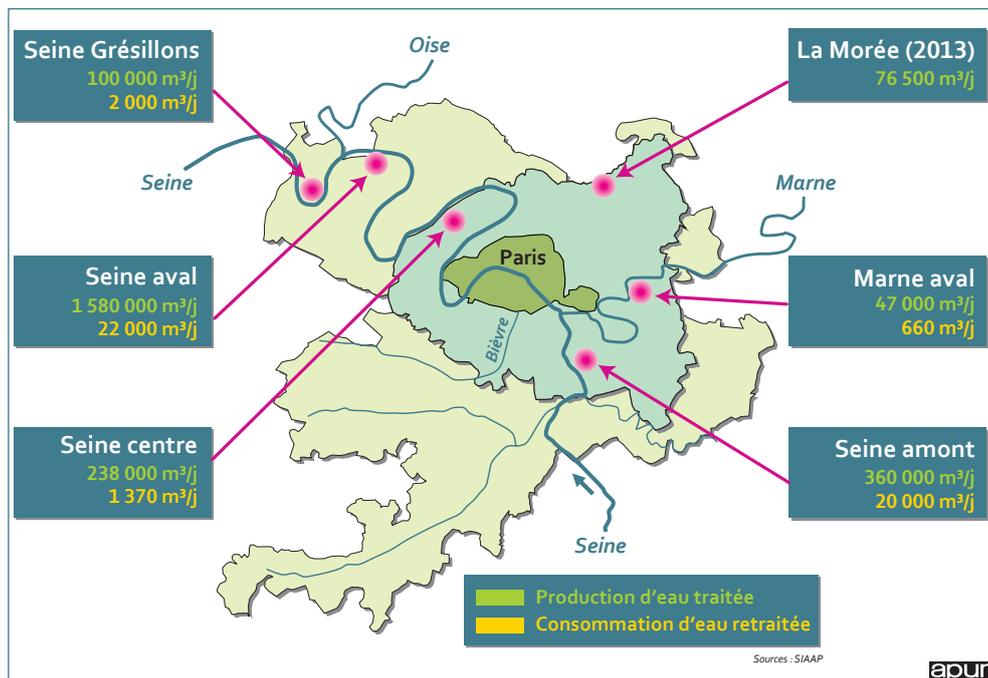


Ancien réseau d'eau brute dans les communes syndiquées de la banlieue de Paris en 1939

Retrouver une irrigation passée en valorisant le patrimoine suppose d'enrichir la connaissance des héritages techniques et des modes de gestion de l'eau brute qui ont pu exister (réseaux, sources, rivières, rus...).



A- Expérimentation « Le tuyau dans le tuyau »

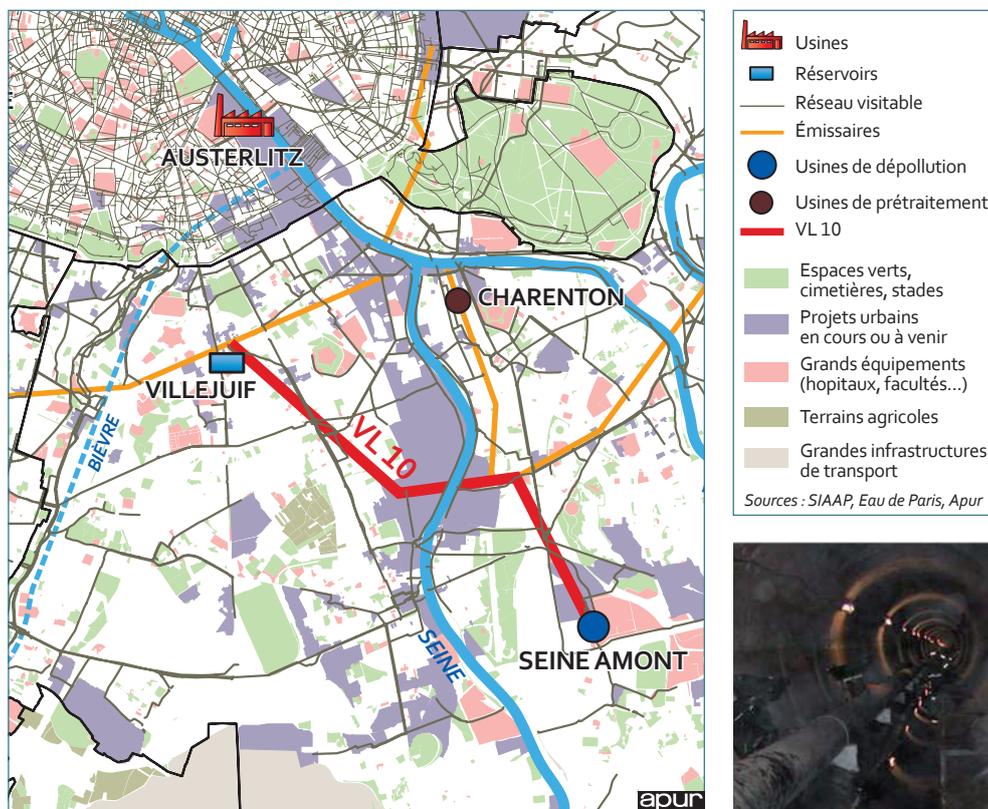


Le SIAAP unique acteur en charge du retraitement des eaux à l'échelle de la métropole :

- 2,5 millions de m³/j sont rejetés à la ressource
- 46 000 m³/j retraités puis réutilisés soit 2 %.

Dans la perspective d'une tension plus forte sur les ressources en eau et de l'application de la DCE dont l'objectif est d'améliorer la qualité des eaux avant 2027, la réutilisation des eaux usées présente de nombreux atouts :

- des volumes conséquents et disponibles en continu
- préserver la ressource en eau destinée à être potabilisée
- limiter les rejets polluants à la ressource
- mieux dépolluer les eaux en vue de la réutilisation.



Le tuyau dans le tuyau : le VL10

Tirer profit d'un émissaire existant le VL10 reliant l'usine de retraitement des eaux de Valenton et le réservoir de Villejuif pour alimenter en eau retraitée le réseau d'ENP parisien, voire le territoire traversé par le réseau reliant Villejuif à Paris.

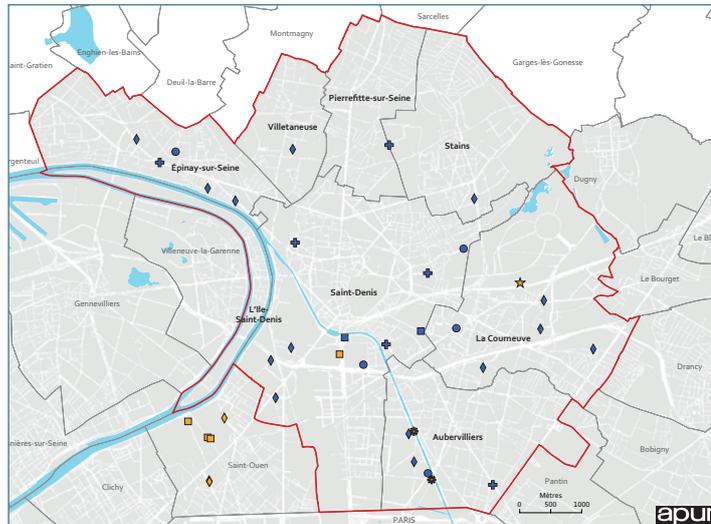


Source : SIAAP

B- Développer l'usage de l'ENP à proximité de Paris et du canal : usagers publics et privés

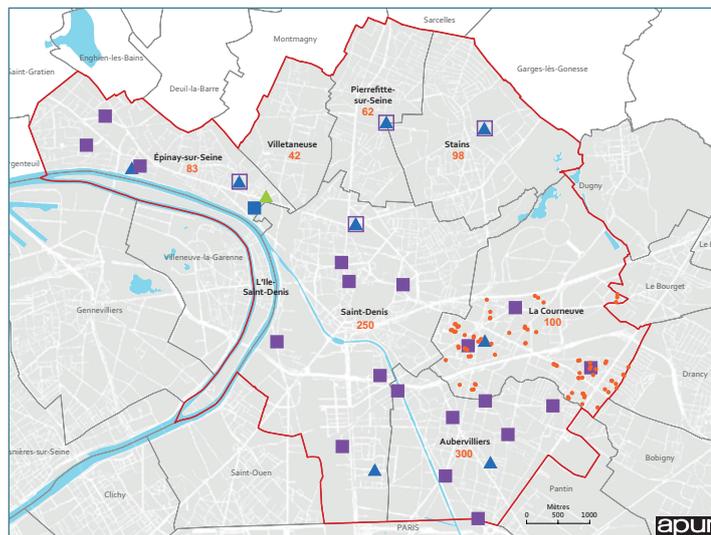
Identification des plus gros consommateurs d'eau brute et d'eau potable

Basculer de l'AEP vers l'ENP des usages ne nécessitant pas une qualité d'eau optimale.



Localisation des aires techniques de la propreté (BR, BL...)

Favoriser l'utilisation de l'eau brute pour les usages municipaux tels que l'arrosage et le nettoyage.



C- Permettre un usage élargi des BL, installation de bornes de puisage

Favoriser l'accès à l'eau brute

les BL sont aujourd'hui utilisées pour de nombreux usages qui dépassent leur fonction initiale: chantiers, taxi, commerçants, entreprises de nettoyage...

L'installation de borne de puisage sur l'espace public pourrait permettre d'élargir le panel d'utilisateurs en proposant une offre nouvelle suivie, quantifier et payante.

Source: San Séniart



D- Alimentation directe d'eau d'exhaure dans le réseau d'ENP



Points forts du projet :

- Une partie des dispositifs techniques est déjà en place
- Des volumes importants et continus : 30 000 m³/j
- Un acteur majeur : la RATP.

E- Complément possible indirect au réseau d'ENP

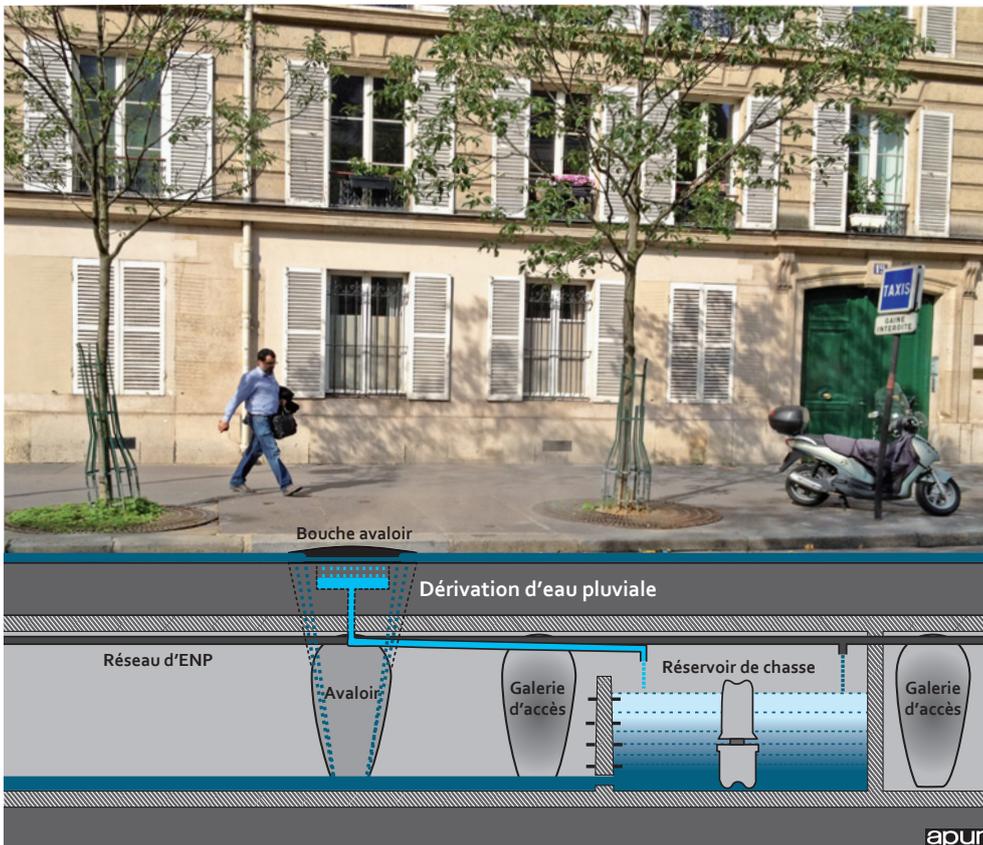


Schéma de principe de récupération des eaux de ruissellement pour les réservoirs de chasse

Les eaux de pluie pourraient être conduites par des bouches avaloirs vers les réservoirs de chasse. Ce système fonctionnerait seulement lors des épisodes pluvieux et permettrait le remplissage d'une chasse.

F- Agir sur le cycle de l'eau dans les bois

Un « usager » important : les bois parisiens

- Recycler l'eau (réinjecter dans le réseau),
- réduire les rejets en égouts,
- étendre la trame d'eau,
- créer des zones humides (gestion des eaux pluviales).

État actuel

Réseau ENP

- ➔ Point de livraison
- Canalisations
- ➔ Alimentation continue ou d'appoint
- ▬ Déversoirs d'orage

Exutoire de la trame d'eau

- Réseau d'assainissement
- En Seine

Projets, propositions

Réduire les rejets en égouts

- 1 Reconnecter l'Étang de l'Abbaye à la Seine
- 2 Augmenter les rejets de l'exutoire de l'Étang de l'Abbaye
- 3 Connecter la trame d'eau au déversoir d'orage
- 4 Créer un nouvel exutoire en Seine à la passerelle de l'Avre

Valoriser l'eau avant rejet en égout

- 5 Créer de nouvelles rivières

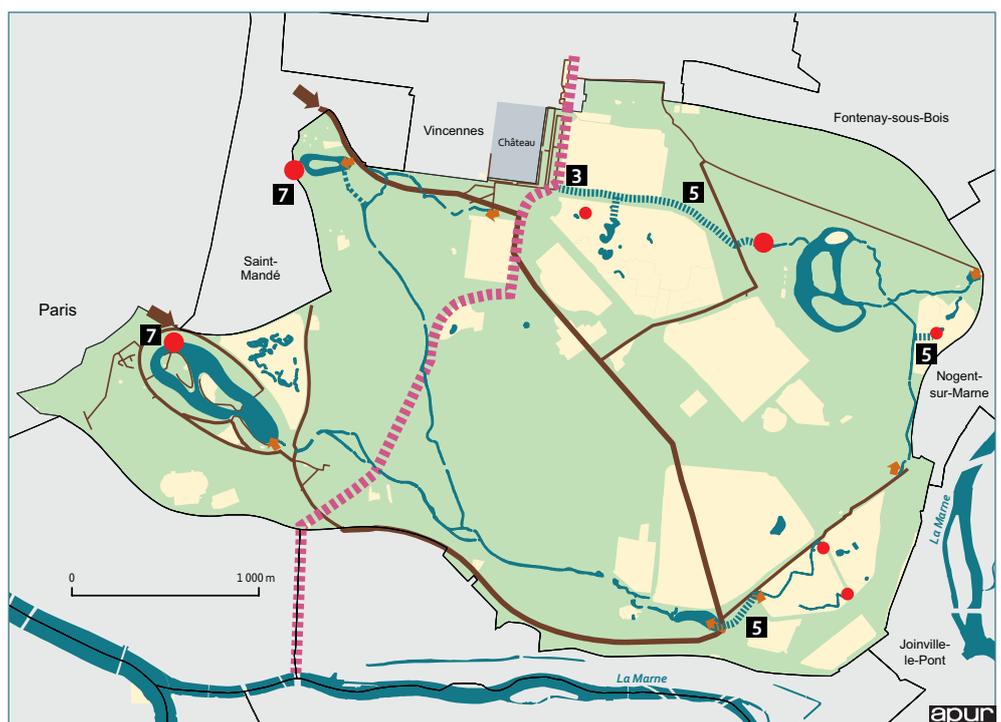
Améliorer la qualité des rejets en Seine

- 6 Stockage - traitement des effluents du déversoir d'orage

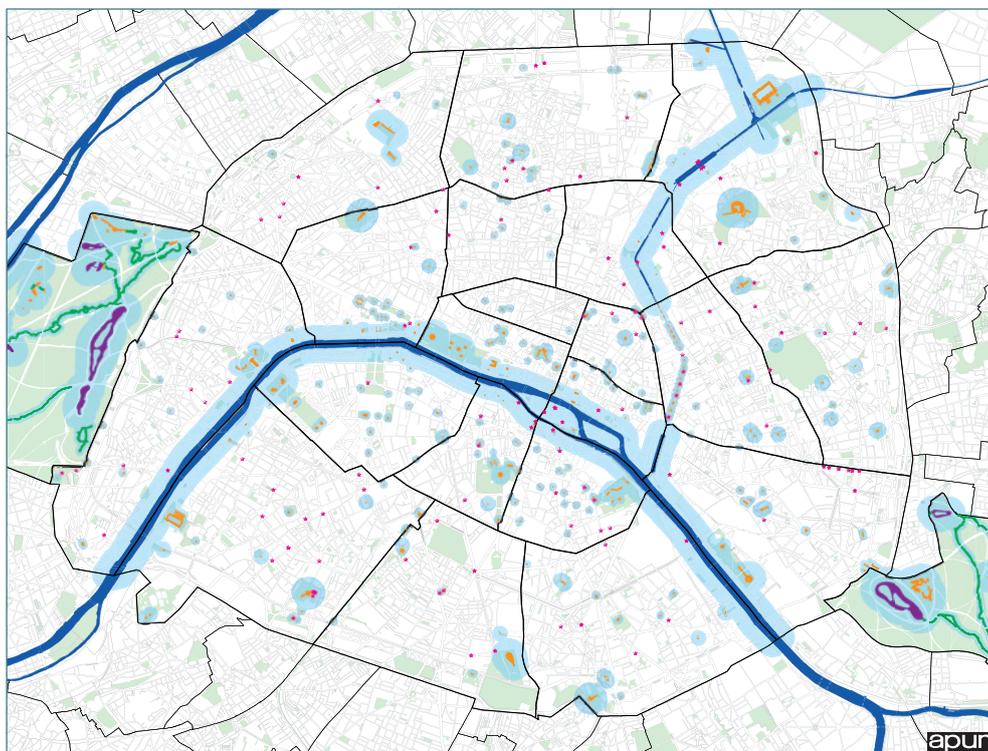
Recycler l'eau de la trame

- 7 Recyclage partiel

Sources : Safège, DEVE, DPE et Apur 2012



2- Valorisation de la ressource en eaux brutes



Une faible présence de l'eau à Paris

- L'eau de surface n'occupe que 2,7 % du territoire parisien soit 283 ha, dont 76,82 % pour la Seine et canaux.
- L'eau est plus présente dans les parcs et jardins que dans le reste de l'espace public.

Répartition actuelle des points d'eau dans Paris

- Seine, canal (200 m)
- Rivière artificielle (50 m)
- Lac, étang (200 m)
- Bassin, mare (200, 100 ou 50 m)
- ★ Fontaine Wallace (10 m)
- Distance à l'eau



Plaisirs de l'eau et valorisation de l'eau brute

Une vocation majeure de l'eau : rafraîchir et apporter confort et plaisir à ceux qui la côtoie.

Exemple de reconquête : la plage de Meaux Trilport hier et depuis sa mise en service en 2007.



A- Étendre la trame d'eau et diversifier les usages dans les bois

État actuel

- Réseau d'ENP
- Trame d'eau
- Périmètre d'influence des zones humides existantes (espèce cible : le crapaud commun)

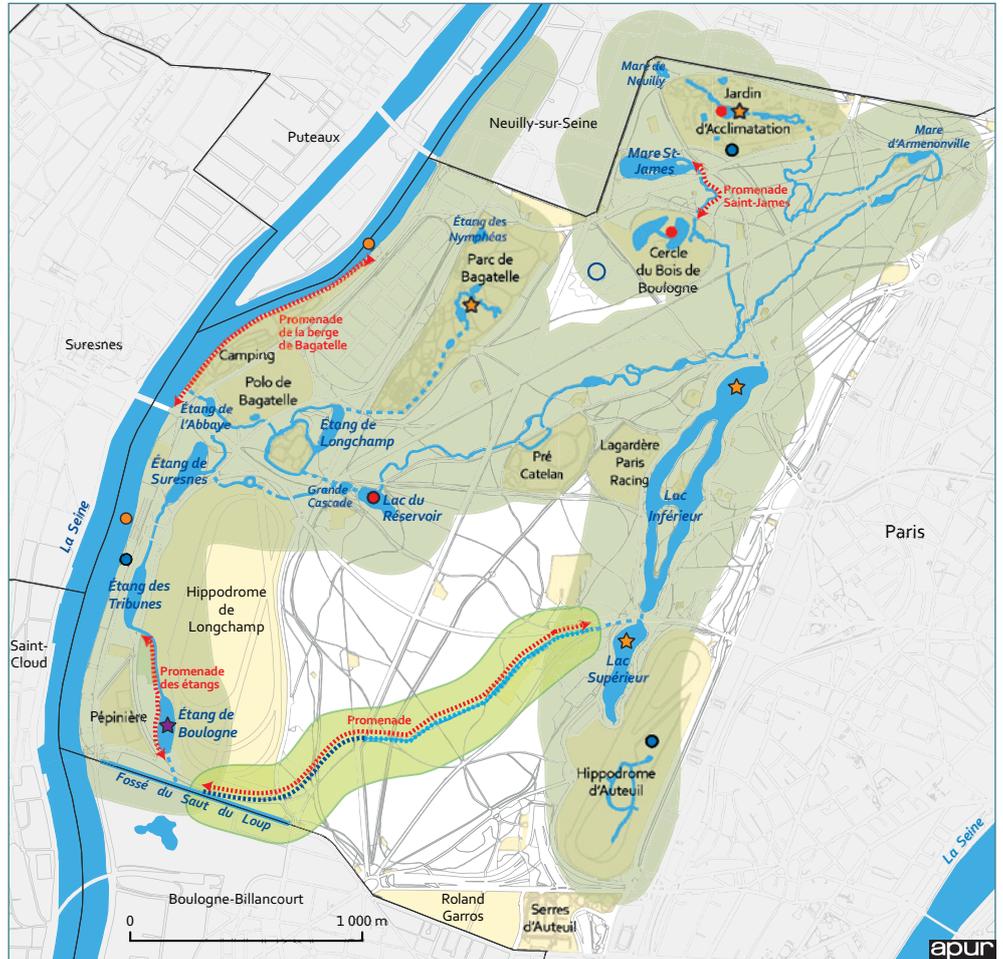
Projets et réflexions en cours

- Requalification paysagère et écologique (DEVE)

Propositions complémentaires

- ⋯ Nouvelle rivière
- ⋯ Remise en eau de la rivière sèche
- Pièce d'eau, zone humide à créer
- Lagunage
- Nouveau périmètre d'influence
- ⋯ Nouvelle promenade au bord de l'eau
- ★ Ouverture au public
- ★ Installation éphémère, événement
- Jeux d'eau, patinoire, pataugeoire
- Pièce d'eau avec baignade
- Activité nautique

Sources : DEVE, Apur



B- Engager une transition en pensant l'eau comme élément structurant de la ville



Takayama - Japon



Portland - Oregon -USA

Favoriser une réflexion technique ouverte

Renforcer présence de l'eau en ville en la mettant en valeur et en redécouvrant son cycle. La recherche d'aménagement combinant les usages de l'eau est une piste à privilégier (arrosage, nettoyage, dépollution, rafraîchissement, jeux...).

C- Ouverture du bassin de la Villette à la baignade



Activités nautiques aujourd'hui



Le bassin de la Villette demain? (photo montage Apur)

Qualité de l'eau :

- D'après la directive 76-160 en vigueur jusqu'en 2014 : une eau conforme à la qualité eau de baignade.
- En appliquant les exigences de la nouvelle norme cadre européenne (2006/7/CE), l'eau du bassin de la Villette est toujours conforme à la baignade.

Un site propice à la baignade :

- Forte densité humaine
- Fort taux de sur occupation des logements
- Une population captive de la grande ville à accueillir dans des espaces renouvelés.

IV - Annexes

1- Les ressources de surface : la Seine, la Marne, la Bièvre, les canaux...

A- Définition et caractérisation de la ressource

Définition de la ressource étudiée

Les eaux de surface représentent toutes les eaux stockées à la surface des continents. Le territoire de la Ville de Paris et de la Petite Couronne dispose de nombreuses ressources de surface telles que la Seine, la Marne, la Bièvre, les Canaux Saint-Martin, Saint-Denis et Ourcq. D'autres rivières et rus traversent également le territoire. Toutes ces eaux de surface sont des ressources d'eau brute potentielles.



La Seine à Paris

Caractérisation de cette ressource sur le territoire

État des lieux

• Disponibilité :

- Cette ressource est disponible pratiquement en continu sur les portions de la Seine, de la Marne, de la Bièvre, des canaux Saint-Martin, Saint-Denis, et de l'Ourcq et des différentes rivières et rus traversant le territoire.
- Le niveau de la Seine et de ses principaux affluents est régulé par de grands lacs réservoirs situés à environ 200 km en amont de Paris. Ils ont un double rôle dans la régulation du bassin de la Seine : soutenir les étiages et écrêter les crues.
- Les eaux de surface permettent de fournir environ 70 % de l'alimentation en eau potable de l'agglomération parisienne ⁽¹⁾.

• Qualité physico chimique et biologique :

- Les sources de pollution des cours d'eau peuvent être liées aux réseaux d'assainissement (rejets des industries ou des particuliers, absence de réseau séparatifs, erreurs de branchement, état du réseau d'assainissement, surverses du réseau unitaire lors de fortes pluies), ou dans une moindre mesure, aux eaux de ruissellement et aux nappes d'accompagnement.
- Des données datant de 2003-2005, indiquent que l'eau de la Seine est régulièrement très dégradée avec des dépassements fréquents des limites de qualité microbiologiques. De plus, cette contamination importante, révélée à partir des paramètres réglementaires, peut être indicatrice d'une contamination potentiellement importante sur d'autres paramètres microbiologiques ayant d'autres significations et impacts sanitaires. Néanmoins, les efforts réalisés dans le domaine de l'assainissement urbain ont permis d'améliorer la qualité des récepteurs naturels. La Seine retrouve ainsi un taux d'oxygène dissous compatible avec la présence de la plupart des espèces piscicoles. Elle est sans conteste potabilisable mais ne répond pas aux critères de qualité d'eau de baignade ⁽²⁾.
- D'après des données de 2003-2005, la qualité physico-chimique des eaux de la Marne est globalement acceptable bien qu'elle soit moindre que celle de la Seine. En revanche, la qualité microbiologique est plus dégradée.

(1) Apur, Étude sur le devenir du réseau d'eau non potable, partie I, décembre 2010, p. 104

(2) Apur, op cit, p. 26

- D'après le SDAGE 2010-2015, la Bièvre conserve des potentialités écologiques dans sa partie amont. L'état physico-chimique est presque satisfaisant. Le Syndicat Intercommunal pour l'Assainissement de la Vallée de la Bièvre évalue la qualité de la Bièvre et de ses affluents sur sa partie amont depuis 1998. D'après leurs conclusions de 2007, la Bièvre et ses affluents ont une qualité moyenne sur la plupart des stations de mesures. « *Les principaux paramètres déclassant sont indicateurs de pollutions organiques liées principalement à l'apport d'eaux usées dans le milieu naturel. Cette analyse est confirmée par les résultats bactériologiques⁽³⁾* ». D'après le SDAGE, des actions sur la gestion des eaux de ruissellements doivent être mises en place pour préserver et améliorer la qualité de la partie amont de la Bièvre.
- Dans sa partie aval, la Bièvre est canalisée. Elle est l'exutoire des eaux pluviales d'une importante superficie imperméabilisée. D'après le SDAGE, des tronçons pourraient être réouverts ou recréés à condition que la régulation des eaux pluviales et la mise en conformité des raccordements aux réseaux soient poursuivies.
- Concernant la qualité de l'eau des canaux parisiens en 2011, selon le référentiel DCE, l'état écologique est bon sauf au niveau du bassin de la Villette où il est mauvais et au niveau de Sevran où il est moyen. Concernant l'état chimique, il est bon sauf à Silly-La-Poterie et à la confluence du canal Saint-Denis avec la Seine où ils sont mauvais. Selon la qualité eau de baignade, l'état de l'eau des canaux I est insuffisant sauf au Pont de Neufchelles. Le service des canaux cherche à supprimer les rejets polluants et à mieux cadrer les rejets existants dans le but d'améliorer la qualité des eaux.
- La qualité de l'eau de la Vieille Mer s'est améliorée durant la dernière décennie. Cependant, sans traitement préalable, elle reste assez impropre à d'autres usages que l'arrosage. Le Croult (cours artificiel parallèle à la Vieille Mer) et la Vieille Mer se rejettent en Seine à proximité du Canal Saint-Denis (confluence). À cet endroit, l'eau y est très dégradée et les berges mal entretenues. Pour la découverte, le Département envisagerait de ne reprendre dans la rivière non plus les deux cours d'eau en amont mais essentiellement le Croult. Dans ce cas, la qualité de l'eau serait très nettement améliorée, d'autant que dans le cas de la découverte, une renaturation des berges et du lit sera effectuée et contribuera à améliorer cette qualité.
- La qualité du ru d'Arras en temps sec n'est pas très bonne. Cette situation est essentiellement due à de mauvais branchements d'eau usée.
- D'après l'agence Thierry Maytraud, l'Yerres est une rivière très polluée et la qualité du Réveillon est bonne.
- Des objectifs de bon état écologique ont été établis pour les cours d'eau :
 - 2015 pour les canaux de la Ville de Paris ;
 - 2021 pour la Seine, la Marne et la Bièvre ;
 - 2027 pour la Vieille Mer.



Déboché du Croult et de la Vieille Mer dans la Seine



L'état du Croult avant son rejet en Seine

(3) <http://www.siavb.fr/qualite.asp>, consulté en avril 2013

• Réglementation existante :

- La Directive-cadre sur l'Eau du 23 octobre 2000 est une directive européenne fixant comme objectif d'atteindre le « bon état écologique » des eaux de surface et souterraines à l'horizon 2015. Elle pose des objectifs en termes de qualité des eaux de surface d'un point de vue écologique mais n'encadre pas leurs usages.
- La loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006 pose les mêmes objectifs que la directive-cadre européenne.
- La Directive eau de baignade (76/160/CEE) fixe des exigences relatives aux zones de baignade. Les règles fixées concernent les eaux naturelles non traitées qui sont fréquentées par des baigneurs. Cette directive sera remplacée à terme par la directive européenne 2006/7/CE.
- Il n'existe aucune réglementation encadrant les usages d'eau de surface.

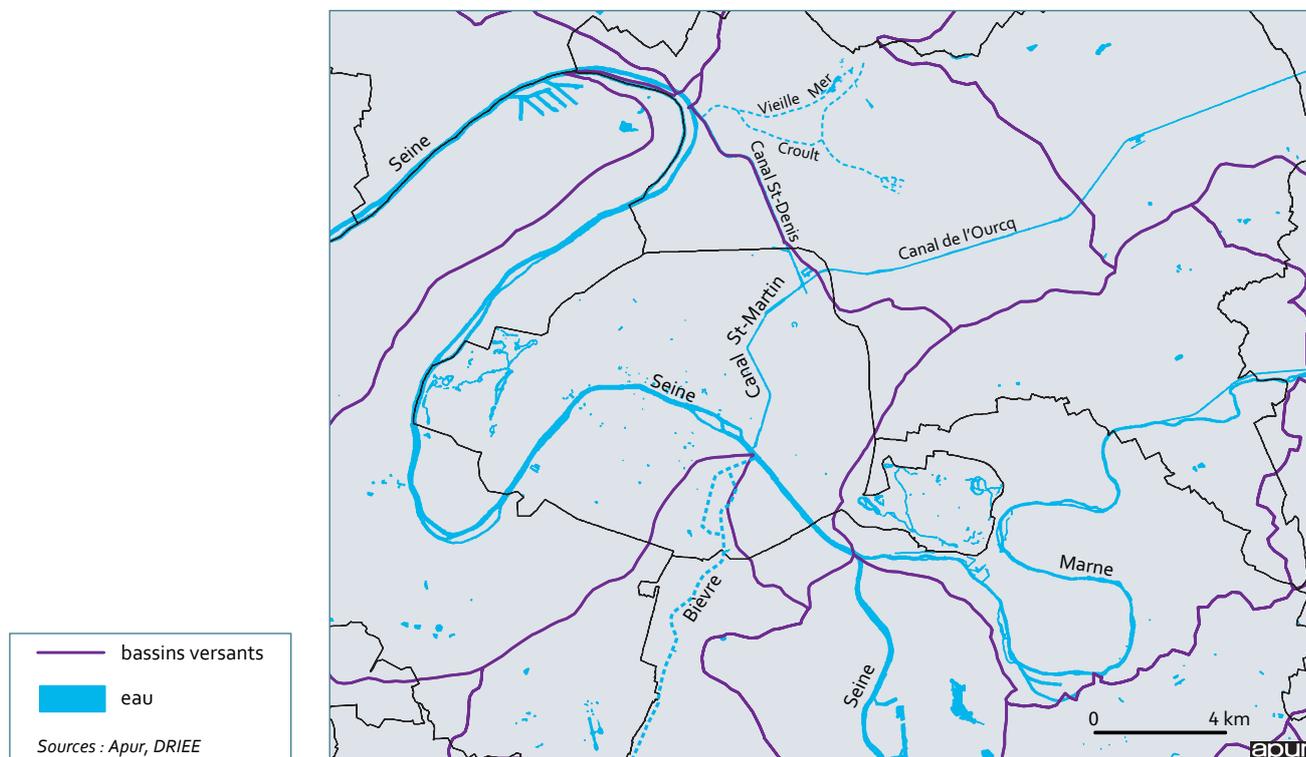
• Usages :

L'eau de surface peut être utilisée pour :

- La production d'eau potable ;
- Des usages urbains tels que le nettoyage des voiries, l'arrosage des espaces verts, les aménagements de loisirs, le maillage de la trame bleue ;
- L'irrigation (agriculture, maraîchage, jardins familiaux...);
- La baignade ;
- La lutte contre l'incendie ;
- Des usages industriels ;
- La mise en œuvre d'échanges thermiques (circuits de chaleur ou de climatisation).

B- Localisation de la ressource en eaux de surface

Réseau des eaux de surface et de leurs bassins versants



La Seine draine, sur 776 kilomètres de long, un bassin d'environ 80 000 km². Elle prend sa source en Bourgogne, traverse le département de l'Aube puis l'Île-de-France avant de rejoindre la Normandie et la Manche. Elle est alimentée tout au long de son parcours par diverses rivières (Marne, Aube, Oise...). Elle traverse Paris sur près de 13 kilomètres avec une profondeur variant de 3,40 à 5,70 mètres et une largeur variant de 30 à 200 mètres⁽⁴⁾.

(4) Chiffre de la Ville de Paris

(5) Agence de l'Eau Seine Normandie, La Bièvre, 2011

La Marne, d'une longueur de 525 km, est le principal affluent de la Seine. Elle prend sa source sur le plateau de Langres en Haute-Marne et se jette dans la Seine à Charenton-le-Pont dans le Val-de-Marne.

La Vieille Mer est un cours d'eau de 6 km qui naît de la confluence, à Dugny, du **Croult** et de la **Morée**. De Dugny à la Seine, voir carte, elle est essentiellement enterrée, mais le Département de Seine-Saint-Denis, gestionnaire de l'émissaire pour le compte du SIAAP, travaille sur un projet de découverte notamment dans le parc George Valbon de La Courneuve. Cette ancienne rivière traverse ce parc, puis la ville de Saint-Denis sur 3 km pour rejoindre la **Seine**.

Le ru d'Arras est un cours d'eau de 7,3 km qui prend sa source à Montmorency dans le Val d'Oise et alterne des séquences enterrées et à ciel ouvert jusqu'à Villetaneuse, à l'aval. Il ne se rejette pas directement en Seine, comme c'était le cas au début du XX^e siècle, mais dans des réseaux d'eau pluviale sur Villetaneuse-Epinay-sur-Seine, réseaux maillés et munis de rejet en **Seine**. Ce ru a été progressivement « reprofilé », parfois dévié et busé au fur et à mesure de l'urbanisation croissante du secteur. Il est « équipé » de deux gros bassins d'orage qui ont comme impact de le réguler lors des événements pluvieux importants. Il est peu profond, de l'ordre de 80 cm, et d'une largeur qui n'excède pas 2 mètres.

Affluent de la **Seine**, **l'Yerres** est une rivière qui traverse la campagne et quelques villes, à l'aval, dans le Val-de-Marne. Elle prend sa source à Courbon en Seine-et-Marne et se jette dans la Seine à Villeneuve-Saint-Georges dans le Val-de-Marne.

Le **Réveillon** prend sa source dans la Seine-et-Marne pour rejoindre l'Essonne en transitant par le Val-de-Marne. Il parcourt 80 km.

Le **Morbras** est un petit affluent de la **Marne** d'une vingtaine de kilomètres. Il prend sa source dans la Seine-et-Marne, pour aboutir à Bonneuil-sur-Marne, dans le Val-de-Marne. Il est laissé à l'état naturel entre la commune de la Queue-en-Brie et le Parc départemental du Morbras à Ormesson-sur-Marne. Sur le reste de son parcours, il est canalisé ou ponctuellement recouvert.

Le **ru de Marivel** prend sa source à Versailles. Il se jette dans la **Seine** non loin du pont de Sèvres. Aujourd'hui, il est entièrement couvert et traverse les communes de Versailles, Viroflay, Chaville et Sèvres.

Les ruisseaux parisiens étaient nombreux : **le ruisseau du Bac, de Ménilmontant, de Montreuil, de Gravelle et de Saint-Germain**. Ces ruisseaux ont été recouverts et la plupart ont même disparu.

Descriptif des modes d'utilisation de cette ressource

Le fonctionnement des installations de récupération des eaux de surface suit différentes étapes :

- **Le pompage** : des stations de pompage permettent de puiser l'eau brute à partir d'une bache de pompage.
- **Le stockage** :
 - Pour permettre la régulation des besoins des usagers du réseau, l'eau non potable est stockée dans des réservoirs. Certains réservoirs peuvent avoir une double fonction : Eau Potable / Eau Non Potable. Ils disposent alors de plusieurs cuves.
 - Les techniques modernes permettent aujourd'hui d'alimenter des sous-réseaux à partir d'une usine sans passer par un réservoir. Pour cela, il est nécessaire d'installer des pompes à débits variables qui permettent de fournir un débit d'eau plus ou moins important en fonction de la demande. Cette solution a un coût important, un rendement énergétique moins intéressant et elle ne remplace pas toutes les fonctions existantes et possibles d'un réservoir.
- **La distribution** : Des sous-réseaux sont associés aux réservoirs ou stations de pompage pour permettre la distribution de l'eau de surface jusqu'aux différents points d'exploitation.

Ce dispositif correspond généralement à un réseau étendu et maillé, comme le réseau d'ENP parisien. Une utilisation plus locale est envisageable en utilisant, au plus près de la ressource et des usages, des systèmes ponctuels de pompage, de stockage, voire de distribution.



Réservoir Usine ENP Villette Seine



Sous-réseaux Austerlitz

Enjeux de l'utilisation de cette ressource :

• Écologiques :

- Préserver la ressource en eau : avec la croissance démographique et la satisfaction des besoins locaux (agricoles, industriels, domestiques...), les besoins en eau potable devraient théoriquement augmenter. Cela pourrait conduire notamment à une augmentation de la pression sur les eaux de surface. Toutefois selon la DRIEE, si la tendance actuelle d'une baisse de 1 % par an des consommations individuelles se poursuit, la consommation en eau potable de l'agglomération parisienne en 2030 sera encore probablement inférieure à celle d'aujourd'hui malgré la croissance de la population et des besoins locaux ⁽⁶⁾.
- Répondre aux enjeux environnementaux tels que le réchauffement climatique ou les phénomènes de stress hydrique qui pourraient provoquer :
 - Une baisse des débits des grands axes fluviaux en été : la ressource superficielle est liée au soutien d'étiage assuré par les Grands Lacs de Seine. D'après des travaux effectués par le PIREN, le débit d'étiage de la Seine pourrait subir, suite aux changements climatiques, une baisse de 30 % à l'horizon 2050.
 - Une augmentation saisonnière des besoins, en particulier agricoles
 - Une hausse des températures et de l'évapotranspiration
 - Une apparition de besoins nouveaux liés à l'adaptation au changement climatique comme le rafraîchissement des îlots de chaleur urbains ⁽⁷⁾.

• Économiques :

- Disposer d'une ressource moins onéreuse que l'AEP : l'eau potable est aujourd'hui utilisée pour des usages ne nécessitant pas une telle qualité d'eau. Utiliser pour ces usages de l'eau n'ayant pas à subir les processus de potabilisation permettrait de réduire le coût de l'eau utilisée.

• Urbains :

- Prendre en compte la ressource dans les aménagements et projets urbains : le dynamisme et le développement urbain de Paris et de la Petite Couronne peuvent conduire à des besoins en eau de plus en plus importants pour la propreté, l'assainissement, l'arrosage et le rafraîchissement. La gestion de l'eau en surface devrait être intégrée dans les nombreuses opérations d'aménagement urbain pour valoriser les lieux (développement durable, mise en scène de l'eau, aménité, confort...).

(6) DRIEE, Note sur les enjeux dans le domaine de l'eau, Soutenabilité du Grand Paris, juin 2012, p. 6

(7) DRIEE, Op cit, juin 2012, p. 4

C- Évolutions possibles dans l'utilisation de cette ressource pour l'ensemble des usagers du territoire

Augmenter la disponibilité de la ressource :

Si les ressources de surface peuvent être considérées comme globalement disponibles en continue, leur exploitation reste conditionnée par les niveaux d'étiage et la qualité, souvent variable, de cette ressource.

Néanmoins, une exploitation accrue reste envisageable si les points de captage sont bien localisés et que la gestion de la ressource est pensée globalement (approvisionnement du réseau de surface et recharge de nappe par exemple).

L'usage d'ores et déjà fait de cette ressource, permet d'extrapoler sur une utilisation plus large et partagée.

Exemples de récupération et d'utilisation de cette ressource :

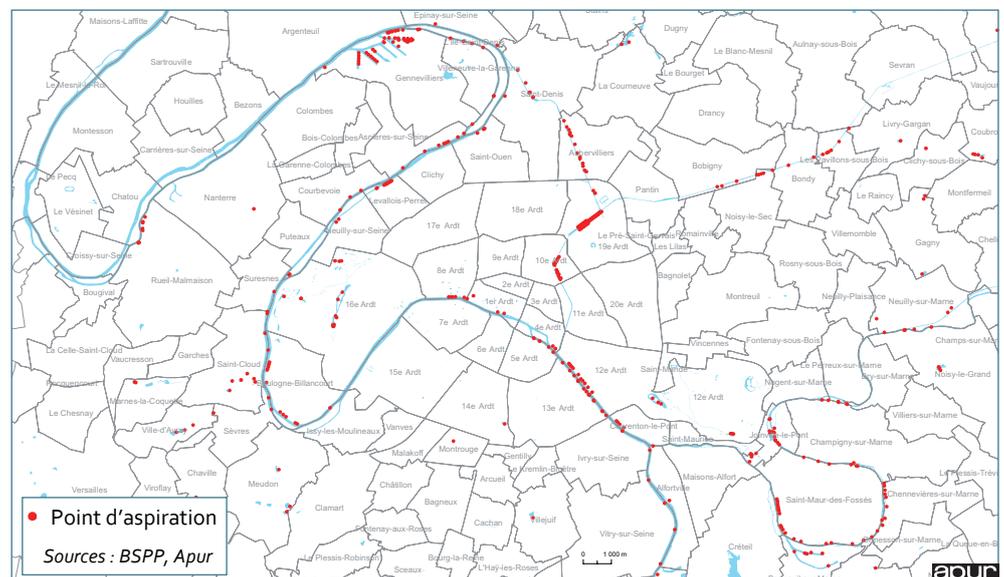
Le réseau d'ENP de la Ville de Paris est essentiellement approvisionné en eau « brute » par le canal de l'Ourcq, avec des appoints de la Seine et de la Marne. L'usine de la Villette puise à elle seule environ 180000 m³ d'eau par jour. Elle alimente directement des réservoirs et, de manière gravitaire, le sous réseau Bas-Ourcq. Les principaux usagers sont les services de la Ville de Paris :

- Le Service Technique de l'Eau et de l'Assainissement pour l'alimentation des réservoirs de chasse
- Le Service Technique de la Propreté de Paris pour le nettoyage des espaces publics (BL, BR)
- La Direction des Espaces Verts et de l'Environnement pour l'arrosage des espaces verts et l'alimentation des trames d'eau des bois et parcs.

À Créteil, dans le Val-de-Marne, l'eau du lac est pompée et est mise à disposition dans 3 bornes pour les services des espaces verts et de la propreté. Au total, en 2011, 25 000 m³ d'eau potable ont été économisés, soit environ 70 m³/j⁽⁸⁾.

Sur le territoire francilien, les eaux de surfaces sont utilisées par les pompiers au niveau de « points d'aspiration ». Il n'y a pas d'installation technique à proprement parler. Il s'agit de points d'accès aux fleuves, rivières, canaux et lacs qui sont référencés car l'eau y est suffisamment disponible en qualité (peu de vase ou de déchets) et en quantité (autonomie considérée comme « illimitée »).

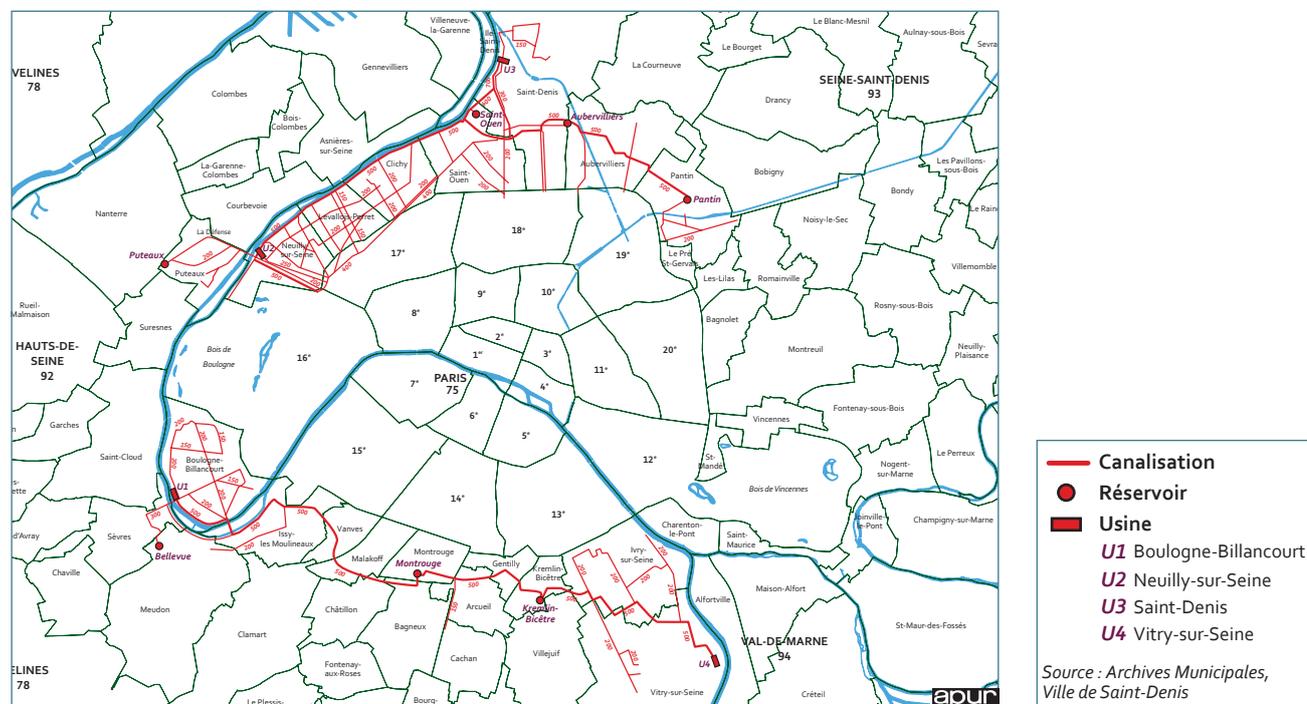
Localisation des points d'aspiration des eaux de surface par les pompiers



(8) Ville de Créteil, Rapport Développement Durable, 2011, p. 45

À partir de ces exemples, en exploitant les équipements déjà installés, une mutualisation de la ressource pourrait être envisagée à l'échelle métropolitaine soit à partir des points d'aspirations des pompiers, soit à partir du réseau d'ENP parisien déjà existant (alimentation sur les BR équipant les voies limitrophes parisiennes par exemple). De plus, des données des archives municipales de la Ville de Saint-Denis prouvent l'existence en 1939 d'un réseau d'eau non potable hors Paris qui était approvisionné par la Seine.

Distribution d'eau brute dans les communes syndiquées de la banlieue de Paris en 1939



En fonction de la disponibilité et de la qualité de la ressource, la création de réseaux spécifiques ou de points d'alimentation pourrait être étudiée afin de satisfaire les usages existants.

Des usagers potentiels :

Dans le cadre d'une mutualisation de la ressource, à travers la création de sous-réseaux spécifiques et de points d'approvisionnement (bouches de lavage, bornes de remplissage, points d'aspiration des pompiers), l'eau de surface pourrait servir plus largement aux services publics (propreté, assainissement, parcs et jardins, bailleurs sociaux...) et à des usagers privés (activités, industries, particuliers...) de la Petite Couronne.

Dans le cadre d'une approche globale, elle pourrait également contribuer à réintroduire l'eau dans la ville en complétant la trame verte et bleue sur le territoire. La redécouverte de certains rus, la création de bassins et de zones humides pourraient ainsi étendre et optimiser le réseau des eaux de surface. L'objectif est aussi de répondre aux enjeux d'adaptation au changement climatique avec des actions conjuguées de l'eau et des espaces plantés.



Pompage dans le canal de l'Ourcq pour l'arrosage des espaces plantés

Estimation des volumes exploitables :

Les pompages peuvent s'effectuer directement dans la **Seine** ou dans la nappe d'accompagnement. Les prises d'eau dans le fleuve font l'objet d'une demande d'autorisation auprès de la Police de l'Eau. Elle peut refuser un pompage principalement si le rejet s'effectue dans le réseau d'assainissement (rejet considéré comme « du gaspillage »).

Si la prise d'eau s'effectue directement en **Seine** ou dans sa nappe d'accompagnement et qu'elle dépasse $80 \text{ m}^3/\text{h}$, soit $1\,920 \text{ m}^3/\text{j}$, elle est considérée comme un pompage important. Elle est donc soumise à autorisation de la Police de l'eau. Si d'autres demandes sont faites par un même maître d'ouvrage, elles seront cumulées et l'impact sur la **Seine** sera évalué par une étude hydraulique réalisée à la demande de la Police de l'Eau par le demandeur. En dessous de $80 \text{ m}^3/\text{h}$ aucun dossier n'est à constituer.

La Police de l'Eau ne fixe pas de limite de pompage de la ressource qui est en quantité très importante. Le débit moyen de la **Seine** est de $273 \text{ m}^3/\text{seconde}$ et peut varier entre $100 \text{ m}^3/\text{s}$ en étiage (août) et $550 \text{ m}^3/\text{s}$ en hautes eaux d'hiver (février). Son seuil d'alerte est de $60 \text{ m}^3/\text{s}$ et son seuil de crise de $45 \text{ m}^3/\text{s}$. Il est possible d'exploiter un volume important sans affecter la ressource, l'ordre de grandeur est de $3,5 \text{ Mm}^3/\text{j}$ en période d'étiage et de $42 \text{ Mm}^3/\text{j}$ durant les hautes eaux d'hiver.

Il pourrait être envisagé des prises d'eau dans la **Seine** avec comme contrainte, lors d'un arrêté sécheresse par exemple, de suspendre les prises d'eau pendant les périodes de stress hydrique.

L'analyse des dossiers s'effectue aussi par rapport aux usages prévus par le demandeur. Par exemple, la géothermie est bien acceptée car cette utilisation permet un retour dans la **Seine**. A contrario, l'arrosage est moins apprécié et les services de l'État tendront à préférer le recyclage des eaux pluviales.

Les Grands Lacs de Seine ne savent pas aujourd'hui se positionner concernant les impacts sur la Seine des prises d'eau pour l'arrosage, par exemple pour une collectivité. Cependant si l'on considère ce type d'usage, l'impact semble anecdotique.

Les prises d'eau dans la **Marne** peuvent paraître plus difficiles. Tout d'abord la **Marne** n'est pas régulée à l'amont comme c'est le cas pour la **Seine**. Aussi la rivière subit de fortes crues assez récurrentes et longues. L'eau dans ce cas est assez chargée en matériaux. Par ailleurs, la **Marne** a un débit d'étiage de l'ordre de $60 \text{ m}^3/\text{s}$ pour un débit moyen de $110 \text{ m}^3/\text{s}$. Son seuil d'alerte est de $23 \text{ m}^3/\text{s}$ selon l'arrêté sécheresse 2012. L'ordre de grandeur des volumes exploitables est de $4 \text{ Mm}^3/\text{j}$.

Depuis quelques années, le Département du Val-de-Marne tente de redonner vie à la **Bièvre** et de restaurer son image. Elle coule de nouveau à ciel ouvert au Parc des Près sur la commune de Fresnes. D'après des estimations de l'Agence Thierry Maytraud, son débit pourrait être, au niveau du Parc des Près, de 400 l/s soit $34\,500 \text{ m}^3/\text{j}$.

Pour les **canaux** parisiens, le débit assuré par le service des **canaux** de la Ville de Paris est de $300\,000 \text{ m}^3/\text{j}$. Il permet d'assurer les fonctions de navigation de plaisance sur le petit gabarit, de navigation de fret sur le grand gabarit et d'alimentation du réseau d'eau non potable de Paris ($180\,000 \text{ m}^3/\text{j}$). En dehors de ces usages, il reste $30\,000$ à $50\,000 \text{ m}^3/\text{jour}$ disponibles à tout moment.

D'après des données de l'Agence Thierry Maytraud, en considérant la **Vieille Mer** comme une ressource en eau, il est possible d'admettre une prise d'eau de l'ordre de $4\,000 \text{ m}^3/\text{j}$ à l'aval du cours d'eau, sur le secteur de la confluence. Les prises d'eau sur les parties amont ne sont pas aisées car elles diminueraient la valeur de la rivière en termes esthétique et écologique. Au contraire, à l'aval, donc sur le secteur de la confluence, zone en mutation urbaine, elle peut supporter un usage avant son rejet en **Seine**. Dans le cadre d'une découverte, son lit serait de l'ordre de 6 mètres de large avec une hauteur d'eau moyenne de 50 cm. Une fois la rivière à ciel ouvert, son débit, serait compris dans une fourchette de 300 à 600 l/s avec quelques moments très courts dans l'année à 800 l/s .

Le débit du **ru d'Arras** est faible puisqu'il se situe entre 5 l/s et 50 l/s. Il présente des irrégularités dues à des mises en place de surverses et dérivations. Il apparaît que sur Villetaneuse, le débit de temps sec du **ru d'Arras** ne dépasse pas 5 l/s ce qui est trop faible pour être support d'usages. Cependant, à l'aval des jardins familiaux de Villetaneuse, il est possible d'utiliser cette eau pour l'arrosage par exemple. Le **ru d'Arras**, sur Villetaneuse, est d'ailleurs déjà une ressource pour une partie des jardins familiaux de cette commune. Dans le contexte de Villetaneuse, Épinay-sur-Seine, il est intéressant d'utiliser le ru comme ressource car, à l'aval, il rejoint un réseau d'assainissement jusqu'à la Seine et donc il n'a plus vraiment de valeur écologique.

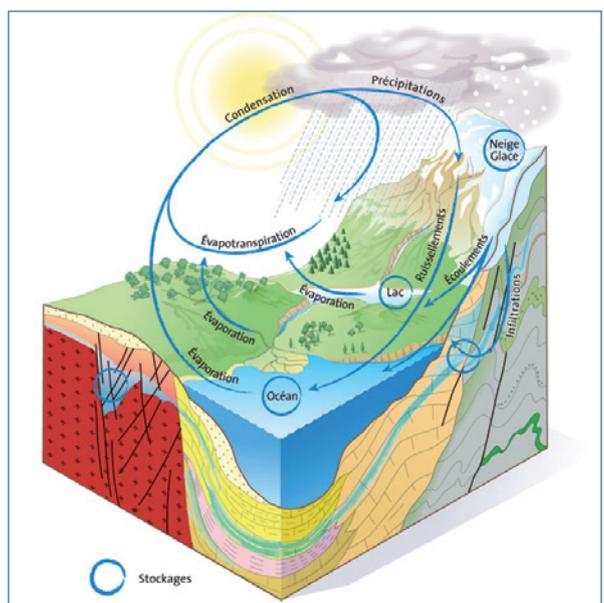
L'Yerres est une rivière très irrégulière. Son débit, observé entre 1967 et 2007, présente de très importantes fluctuations saisonnières. Aux hautes eaux d'hiver-printemps (de décembre à Avril), le débit mensuel moyen oscille de 2,23 à 3,71 m³/s. Aux basses eaux d'été (de mai à novembre), le débit minimum mensuel moyen est de moins de 0,2 m³. En période d'étiage, son débit peut chuter jusque 0,003 m³/s, en cas de période sèche, soit 3 litres seulement par seconde, ce qui est très faible.

2- Les ressources souterraines : les eaux de nappe

A- Définition et caractérisation de la ressource

Définition de la ressource étudiée

Les eaux de nappe correspondent aux eaux douces souterraines contenues dans les aquifères. Elles proviennent de l'infiltration des eaux de pluie dans le sol. Celles-ci humidifient par gravité les couches du sol jusqu'à atteindre une couche imperméable. Elles vont alors s'accumuler et saturer en eau le sol formant ainsi des nappes d'eau souterraines. Les eaux de nappe servent souvent de ressource pour la production d'eau potable.



Le cycle de l'eau

Caractérisation de cette ressource sur le territoire État des lieux

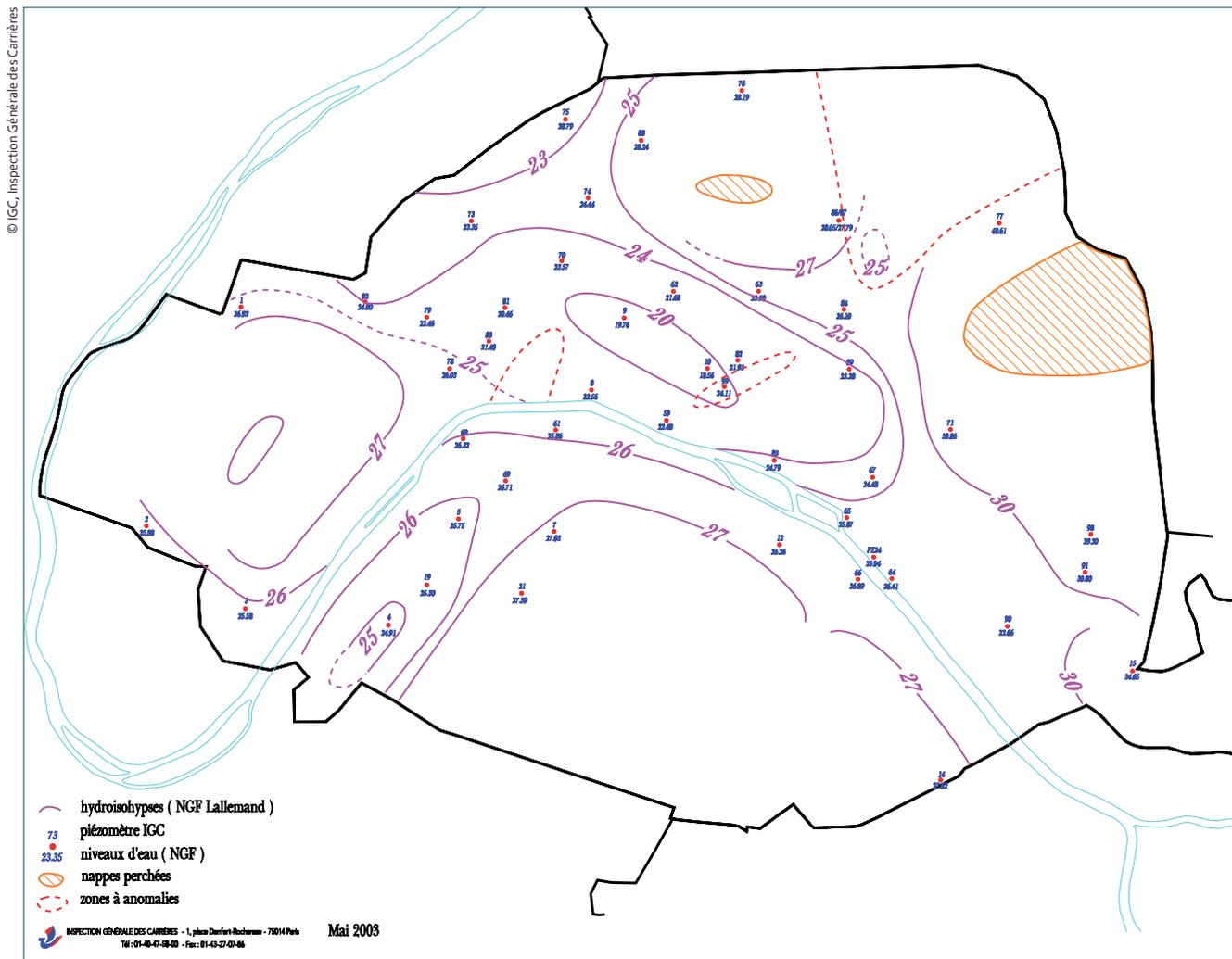
• Disponibilité:

- En France, 200 aquifères régionaux à ressources exploitables sont recensés. Le BRGM a estimé la quantité d'eau présente dans ces aquifères à 2 000 milliards de m³ ⁽¹⁾.
- De nombreuses nappes sont présentes sur l'agglomération parisienne. Selon l'Institut Français de l'Environnement, la variable essentielle à prendre en compte pour une disponibilité continue de cette ressource est le volume d'eau nécessaire à sa recharge. Cette variable est très hétérogène d'une nappe à l'autre et dépend de la « durée séparant l'instant d'introduction d'une particule d'eau dans un aquifère de l'instant de sa réapparition ou de son prélèvement » (Castany et Margat, 1977). Cette durée peut varier de deux semaines à 10 000 ans.
- D'après des données fournies par l'Inspection Générale des Carrières, le niveau de la nappe à Paris a continuellement baissé jusqu'en 1970 suite à une imperméabilisation croissante du sol, aux pompages industriels, aux travaux de génie civil profonds ou en souterrains et aux drainages souterrains. Du fait de l'arrêt des pompages industriels importants, le niveau a remonté rapidement pour atteindre son niveau le plus haut en 1989. Avec une autre série de gros pompages au cours des années 90 (Eole, Météore), le niveau des nappes a rechuté. Cependant les arrêts de ces pompages ont eu lieu au début des années 2000. Actuellement, le niveau de la nappe devrait se stabiliser, à peu près au niveau de 1989 (niveau haut des nappes).
- Les variations de niveau de nappe font apparaître des problèmes de stabilité, d'inondation d'ouvrages souterrains, de dissolutions souterraines (gypse, calcaire), de transfert de pollution ⁽²⁾.
- L'Inspection Générale des Carrières (IGC) s'est progressivement constitué un réseau piézométrique, 330 piézomètres, pour couvrir la quasi-totalité du territoire parisien (sauf les zones sur carrières souterraines de calcaire) et suivre le niveau des nappes.

(1) <http://www2.brgm.fr/divers/nappes.htm>, consulté en septembre 2012

(2) Anne-Marie Leparmentier, thèse sur les problèmes géologiques et géotechniques de la ville de Paris, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, décembre 1988.

Carte représentant le maximum atteint par la nappe phréatique avant les nouveaux travaux des années 1990



• Qualité physico chimique et biologique :

- Les eaux souterraines sont généralement de meilleure qualité que les eaux de surface et ne nécessitent pas un traitement complet pour leur potabilisation.
- Toutefois, la qualité d'une nappe est très variable. Elle est fonction de l'usage du sol et des structures géologiques qui peuvent la protéger plus ou moins selon les situations. Elle dépend également de la pollution des eaux infiltrées, de la capacité de dilution de la nappe ainsi que du temps d'écoulement de l'eau dans celle-ci. Les eaux entrantes dans les nappes sont des eaux pluviales, des eaux de ruissellement des zones urbanisées ainsi qu'une petite partie des eaux d'irrigation et des eaux usées. L'eau des nappes entre alors en contact avec des substances et des micro-organismes qui nuisent à sa qualité : nitrates, pesticides, polluants d'origine industrielle, urbaine... Pour baisser la teneur en engrais des nappes, des politiques agricoles tendent à favoriser des pratiques moins utilisatrices d'engrais. Or, pour observer cette baisse, il faut beaucoup de temps notamment en raison du temps d'infiltration et du temps de séjour des eaux dans le sous-sol et les nappes. D'ailleurs dans bien des cas, cette baisse n'est même pas visible, la teneur en engrais continuant à augmenter. Cette hausse peut s'expliquer par une moins bonne dilution de la pollution due à la baisse des volumes d'eau reçus par les nappes.
- Les eaux de nappe sont sulfatées. Le taux de sulfate dans la nappe est compris entre 1 g/L et 1,2 g/L. Il peut aller jusqu'à 2 g/L. La présence de sulfate est liée à la dissolution du gypse.
- La Ville de Paris constate une baisse de qualité de l'eau des nappes qui permettent l'alimentation de la ville pour la production de l'eau potable.
- Le pompage et l'utilisation de cette ressource peuvent contribuer à améliorer sa qualité. En effet, en pompant dans la nappe, son niveau baisse ce qui l'empêche de rentrer en contact avec les polluants de surface. De plus, son pompage empêche l'eau de stagner dans le sous-sol. De même, en contribuant à la recharge des nappes, il est possible d'assurer un certain niveau de dilution des polluants existants.

Les nappes parisiennes se profilent comme des multicouches composées de petites nappes et de réseaux aquifères. Dans la géologie parisienne, 2 horizons sont imperméables (l'Argile Plastique sparnacienne et les Marnes Vertes sannoisiennes). Les autres horizons sont de perméabilités faibles et permettent de différencier différentes nappes⁽³⁾ :

- **La nappe du Stampien ou des Glaises Vertes** : nappe perchée à Paris dans les Sables de Fontainebleau et dans les formations marno-calcaires de Brie.
- **La nappe Bartonienne ou de l'Eocène supérieur** : nappes superficielles à Paris, située dans la partie supérieure des Sables de Beauchamp et dans les marno-calcaires de Saint Ouen.
- **La nappe des Alluvions** : nappe localisée dans les plaines alluviales des fleuves et cours d'eau. Elle est de faible profondeur, sa hauteur avoisine les 5 m.
- **La nappe du Lutétien** : nappe située dans le Calcaire Grossier moyen et supérieur, dans les Marnes et Caillasses et dans la partie inférieure des Sables de Beauchamp.
- **La nappe de l'Yprésien** : nappe située dans les Sables Supérieurs, les Sables de Cuise et dans les Sables d'Auteuil. Elle est préservée des différents pompages, sa qualité n'étant pas affectée par les pollutions de surface. En Ile-de-France, les forages autorisés sont uniquement les forages destinés à l'AEP et les forages industriels justifiant de la nécessité d'une telle qualité non disponible par ailleurs à des coûts raisonnables.
- **La nappe de la Craie** : nappe qui forme le plus grand aquifère libre du bassin Seine-Normandie. Elle se trouve en surface en équilibre avec celle des alluvions dans le XVI^e arrondissement.
- **La nappe de l'Albien Nécomien** : Nappe profonde qui s'étend sous l'ensemble du bassin parisien de 500 à 700 mètres de profondeur. Cinq puits à l'Albien sont aujourd'hui disponibles à Paris. Elle est identifiée par le SDAGE comme devant être préservée. Elle est une ressource stratégique pour l'alimentation en eau potable de secours.

La nappe bartonienne, la nappe des alluvions et la nappe lutétienne constitue selon l'endroit de Paris la nappe phréatique (première nappe rencontrée dans le sol).

Les nappes sont alimentées par de nombreux apports⁽⁴⁾ :

- **Apports de la Seine** : Ils se font par le fond et latéralement.
- **Apports verticaux** : Ils se rapportent principalement aux eaux de pluie efficaces.
- **Apports latéraux intra nappe** : Écoulements naturels intra-nappes des zones hautes vers les zones basses.
- **Apports des fuites** : Fuites des réseaux d'eau.
- **Apports d'autres nappes** : drainage verticale entre nappes, communication inter-nappes naturelle par l'intermédiaire de la nappe phréatique (à Paris, les nappes alluviales, lutétienne et yprésienne communiquent entre elles), communication inter-nappes artificielle (forage), communication inter-nappes produite par les dissolutions de gypse et les vides consécutifs.
- **Apports des réserves** : Différence entre les réalimentations et les prélèvements.

Descriptif des modes d'utilisation de cette ressource

Un dispositif appelé « ouvrage de captage » permet de capter les eaux souterraines d'un aquifère. Ces principales composantes sont : un tubage, un couvercle, une pompe, des tuyaux de raccordement et un réservoir.

Plusieurs types d'ouvrages de captage sont disponibles :

- **Le puits tubulaire** : ouvrage de faible diamètre et habituellement profond (plus de 9 m) ;
- **Le puits de surface** : ouvrage de large diamètre et peu profond ;
- **La pointe filtrante** : tube perforé dont l'extrémité est pointue. Il est enfoncé jusqu'à la nappe phréatique dans un sol meuble. Il est de faible diamètre et peu profond ;
- **Le captage de source** : ouvrage aménagé où l'eau souterraine fait résurgence à la surface du sol. Il est constitué d'un drain horizontal relié à un réservoir à l'intérieur duquel est placée la pompe d'alimentation. Le drain doit être mis en place à faible profondeur mais suffisamment profond pour capter l'eau avant qu'elle ne fasse surface ;

(4) Anne-Marie Leparmentier, thèse sur les problèmes géologiques et géotechniques de la ville de Paris, École Nationale Supérieure des Mines De Paris, décembre 1988, p 61

- **Le puits rayonnant** : Caisson central et vertical à partir duquel rayonnent en profondeur des drains horizontaux pouvant atteindre une longueur de 20 m, enfoncés dans la formation aquifère ;
- **Les drains horizontaux** : ouvrage par drains horizontaux placés dans des excavations remblayées de matériaux très perméables et à travers lesquels l'eau est captée.

Enjeux de l'utilisation de cette ressource :

• Écologiques :

- Lutter contre les remontées de nappe qui inondent certains sous-sols et dont l'origine paraît liée à l'abandon de pompes industriels et agricoles et à des périodes pluviométriques exceptionnelles.
- Contribuer à moyen terme à la recharge des nappes : selon les différents experts qui ont travaillé sur le sujet ⁽⁵⁾, dans un futur proche, la difficulté de recharge des nappes pourrait être amplifiée avec le réchauffement climatique. Les nappes pourraient baisser de trois à plusieurs dizaines de mètres en raison de l'excédent d'évaporation qui diminuera la recharge bien que cette recharge ait lieu dans des périodes de l'année à faible évaporation.

• Économiques :

- Disposer d'une ressource moins onéreuse que l'AEP : l'eau potable est aujourd'hui utilisée pour des usages ne nécessitant pas une telle qualité d'eau. Utiliser directement de l'eau de nappe non potabilisable pour ces usages permettrait de réduire le coût de l'eau utilisée, l'eau n'ayant pas à subir les processus de potabilisation.
- Toutefois, l'exploitation de cette ressource nécessite des coûts d'investissements et de fonctionnements (forages, pompes, filtres éventuellement...).

• Urbains :

- Prendre en compte la ressource dans les aménagements et projets urbains : le dynamisme et le développement urbain de l'agglomération parisienne peuvent conduire à des besoins en eau de plus en plus importants. Certains projets intègrent la gestion durable de l'eau et mettent en scène sa présence. Nous pouvons mentionner, par exemple, le projet des Tartes décrit plus bas.

C- Évolutions possibles dans l'utilisation de cette ressource pour l'ensemble des usagers du territoire

Augmenter la disponibilité de la ressource :

Pour accroître la disponibilité de la ressource, il faut remplacer les surfaces imperméables par des surfaces perméables afin de permettre une meilleure infiltration des eaux de pluies dans les nappes. Suivant l'aquifère, la réalimentation de la nappe peut s'effectuer par percolation (épandage, tranchées, puits ou bassins d'infiltration) ou par injection (injection par puits, fosses ou forages).

De plus, certaines nappes sont aujourd'hui surexploitées et le puisement de leurs eaux est délicat : il faut laisser le temps à la nappe de se recharger avant de pouvoir l'utiliser pour différents usages. Le temps de recharge d'une nappe est souvent très lent.

(5) Apur, Étude sur le devenir du réseau d'eau non potable, partie I, décembre 2010, p. 105

Exemples de récupération et d'utilisation de cette ressource :

À Londres, dans le quartier « Elephant and Castle », un réseau d'« eau verte » est à l'étude pour utiliser l'eau de la nappe pour l'arrosage, les travaux de construction, le nettoyage de l'espace public et l'alimentation des piscines. Après utilisation, cette eau est réintroduite dans la nappe.

Dans la ville de Sèvres, un cycle de l'eau artificiel a été mis en place dans le parc nautique de l'île de Monsieur. Ce territoire, situé en bordure de Seine, accueille un espace planté ouvert au public en permanence. Une rivière artificielle y a été créée. L'eau est pompée dans la nappe phréatique d'accompagnement de la Seine et, en fin de cycle, s'écoule dans des avaloirs avant d'être rejetée en Seine. L'eau joue ici un rôle purement esthétique.

Le projet urbain des Tartres Sud, dont le secteur d'étude comprend Pierrefitte-sur-Seine, Stains et Saint-Denis, a pour ambition de réserver le cœur de son site à des programmes qui limitent l'imperméabilisation des sols et qui intègrent des jardins familiaux, des jardins maraîchers ainsi que de vastes prairies sportives. Les eaux pluviales seront récupérées, dépolluées, conservées et valorisées sur le site afin de créer des espaces naturels en eau permanente, de types canaux et passage à gué. Les citernes anciennes, employées initialement dans le cadre de l'activité maraîchère, sont conservées pour le stockage de l'eau et l'irrigation des espaces verts et maraîchers. Le recyclage des eaux se fera soit à la parcelle, soit à l'échelle du site, par l'emploi de la nappe phréatique comme réservoir saisonnier. L'infiltration des eaux préalablement dépolluées sera encouragée tout au long de l'année. En cas de besoin, des dispositifs de relevage permettront de ne puiser qu'à très faible débit dans la nappe dans le but de conserver le niveau des plans d'eaux d'agrément.

Des usagers potentiels :

La nappe peut posséder les qualités nécessaires pour être utilisée par les services publics (propreté, assainissement, parcs et jardins, bailleurs sociaux...) et par des usagers privés (activités, industries, particuliers...). Ces usages nécessitent toutefois une connaissance plus fine de la qualité des eaux de nappe en fonction des lieux d'exploitation potentiels, une amélioration de la qualité de l'eau pouvant s'avérer nécessaire selon les sites et les usages.

Estimation des volumes exploitables :

Sur le territoire de l'agglomération parisienne, la nappe qui pourrait être considérée comme une ressource facilement exploitable, car peu profonde, est la nappe du calcaire de Saint-Ouen appelée aussi nappe Bartonienne. Mais aborder la nappe comme ressource implique dans un premier temps d'estimer quelques ordres de grandeur la concernant, et notamment son volume disponible.

L'épaisseur moyenne de cette nappe peut être estimée à 10 mètres, même si le sous-sol du territoire de l'Île-de-France est très complexe et même si les caractéristiques des nappes ne sont pas homogènes. En effet, elles peuvent se situer à des profondeurs différentes avec des épaisseurs très différentes.

À titre d'exemple, il suffit d'examiner la nappe qui se situe dans le secteur des 4 000 Nord à la Courneuve. Il s'agit d'une nappe perchée, assez haute puisqu'elle se situe à moins de 3 mètres de profondeur, peu épaisse et alimentée par la nappe de Saint-Ouen mais aussi directement par les eaux pluviales. Cette nappe locale peut être une ressource et pourtant elle peu connue et n'est pas forcément intégrée dans les bases de donnée (BRGM ou autres).

Méthode 1 :

Si nous faisons l'hypothèse d'une nappe de Saint-Ouen sous le territoire de Paris et de la Petite Couronne avec un ordre de grandeur de 10 mètres d'épaisseur, ce qui semble réaliste, nous pouvons estimer le volume disponible sur ce territoire. Cette hypothèse ne peut raisonnablement pas être faite pour les départements plus éloignés (91, 95, 77, 78).

Sur ce territoire de 760 km² le volume de la nappe est de l'ordre de 38 000 000 m³ en prenant une hypothèse de coefficient de porosité de 0,005 (0,5 %). De grandes masses d'eau souterraines sont donc disponibles. Cependant cette nappe est dynamique, avec des entrées et sorties, et doit être considérée comme telle notamment dans le cadre d'une réflexion sur d'éventuelles prises d'eau afin de ne pas trop l'impacter (ne pas puiser plus qu'elle ne reçoit).

Pour exploiter la nappe, il est possible de n'exploiter qu'une part des volumes d'eau de pluie infiltrés. Avec des précipitations de l'ordre de 700 mm, le cumul annuel des eaux pluviales sur les 760 km² (76 000 ha) peut être évalué à 532 000 000 m³. En estimant une infiltration de 10 % du cumul annuel, nous pouvons envisager d'en utiliser la moitié pour recharger la nappe et l'autre moitié comme une ressource exploitable après pompage. Le volume disponible exploitable des eaux de nappe serait de 26 600 000 m³/an, soit 72 876 m³/j. Toutefois pour exploiter cette ressource, des études hydrogéologiques plus précises sont nécessaires.

Pour chacun des départements composant le cœur de la métropole, les résultats sont les suivants (avec des précipitations de 700 mm et 5 % d'eau de pluie infiltrée exploitée) :

	Paris + Petite Couronne			
	75	92	93	94
Surface (km ²)	105	175	236	244
Volume de la nappe (m ³)	5 250 000	8 750 000	11 800 000	12 200 000
	38 000 000			
Volume exploitable de la nappe (m ³ /j)	10 068 ⁽⁶⁾	16 781	22 630	23 397
	72 876			

Méthode 2 :

Cette méthode d'estimation des volumes exploitables d'eau de nappe, est une extrapolation à partir du cas de la commune de Saint-Denis. En 1971, les pompages effectués étaient très élevés et la masse d'eau de l'Eocène était à son point le plus bas. Ces pompages étaient de 40 Mm³/an à l'échelle du département de Seine-Saint-Denis dont 6,7 Mm³/an à Saint-Denis. L'année 1976 correspond à la remontée la plus marquée de la masse d'eau de l'Eocène. Les pompages existants à Saint-Denis étaient alors de 1,9 Mm³/an⁽⁷⁾. Nous pouvons donc estimer que le pompage était de 12 Mm³ à l'échelle du département. Dans la mesure où la masse d'eau de l'Eocène est composée de trois nappes (nappe de Saint-Ouen, nappe du Lutétien et nappe de l'Yprésien) dont deux font l'objet de prélèvement pour la production d'eau potable (nappe du Lutétien et nappe de l'Yprésien). Nous ferons l'hypothèse que seul le 1/3 supérieur, correspondant à la nappe de Saint-Ouen, peut être exploité, soit 1/3 de l'Eocène ou 4 Mm³/an.

En extrapolant ces 4 Mm³ de pompage admissible de la Seine-Saint-Denis (236 km²) aux 760 km² de Paris et de la Petite Couronne, le volume disponible, sans risquer d'affecter le niveau de la nappe, serait de 13 Mm³. En considérant la qualité des eaux de la nappe, au moins exploitables à 50 %, 889 831 m³/an pourraient être utilisés, soit 17 646 m³/j.

Pour chacun des départements composant le cœur de la métropole, les résultats sont les suivants :

	Paris + Petite Couronne			
	75	92	93	94
Surface (km ²)	105	175	236	244
Pompage admissible sur le département (m ³)	1 779 661	2 966 102	4 000 000	4 135 593
	12 881 356			
Volume exploitable de la nappe (m ³ /j)	2 438	4 063	5 479	5 665
	17 646			

(6) Nous trouvons ici un volume différent de celui calculé dans la fiche « Autres Ressources » car nous utilisons ici une précipitation moyenne aux quatre départements et non la valeur normale de hauteur de pluie à la station de Paris Montsouris.

(7) Source de l'ensemble des données : A. Hirschauer, I. Bertolus, P. Guezennec, Étude des aquifères influençant l'urbanisme sur le territoire de la Seine-Saint-Denis, DEA/CG93, mars 2007, pp.28 et 39, d'après des données CG 93 et BRGM.

Ces deux méthodes permettent de définir deux estimations de volumes exploitables. Bien que la deuxième méthode soit plus fine, l'important est de disposer d'un ordre de grandeur. C'est pourquoi pour ce rendu nous retiendrons uniquement les estimations de la première méthode.

3- Les ressources souterraines : les eaux d'exhaures

A- Définition et caractérisation de la ressource

Définition de la ressource étudiée

Les eaux d'exhaures correspondent aux eaux souterraines qui sont évacuées pour permettre l'exploitation du sous-sol ou pour mettre hors d'eau des bâtiments ou des infrastructures. C'est une ressource facilement mobilisable puisqu'elle est aujourd'hui pompée et principalement rejetée dans le réseau d'assainissement.

Du point de vue de l'assainissement, les eaux d'exhaure peuvent appartenir à la famille des eaux claires parasites (ECP). Ces eaux, issues de la nappe, pénètrent dans le réseau en s'y infiltrant. Par ailleurs, les eaux pompées ou drainées pour mettre hors d'eau des infrastructures sont souvent rejetées dans les réseaux d'assainissement, malgré l'interdiction réglementaire. Ces ECP posent problèmes pour les réseaux unitaires car, dans ce cas, ces eaux « propres » rejoignent les stations d'épuration qui n'ont pas vocation à les traiter.



Poste d'épuisement - RATP

Caractérisation de cette ressource sur le territoire

État des lieux

• Disponibilité :

- Ressource disponible en continue et relativement indépendante de la saison mais dépendante des sites d'épuisements existants ou potentiels.
- Principaux producteurs : RATP, SNCF, parkings souterrains publics et privés (SAEMES, VINCI)...
- Les infrastructures souterraines exploitées par la RATP sont soumises à des infiltrations d'eau d'exhaure. Pour éviter les inondations, ces eaux sont recueillies dans leurs 291 postes d'épuisement répartis sur le territoire parisien et la petite couronne pour être par la suite rejetées principalement dans le réseau d'assainissement. La DPE, dans le cadre d'une convention, autorise la RATP à déverser en égouts.
- Les autres grands producteurs d'eaux d'exhaure du territoire parisien sont recensés par le STEA. Les principaux sont les parkings souterrains publics et privés (SAEMES, VINCI). Ils ont le choix entre le rejet en Seine, le cuvelage de leurs installations et la réutilisation de leurs eaux alors que les nouveaux parkings ont l'obligation d'être étanches. Sous réserve d'une autorisation fournie par le STEA, le rejet en égout est toujours possible.

• Qualité physico chimique et biologique :

- L'eau d'exhaure est une ressource fragile : elle peut être altérée par la pollution des sols notamment dans les territoires concernés par des remontées de nappes.
- La qualité des eaux d'exhaure diffère suivant les lieux où elles se trouvent. Majoritairement ce sont des eaux de bonne qualité. Elles sont caractérisées par une forte conductivité (trois fois celle de la Seine), du fait d'une forte teneur en sulfate. Il est inutile de les envoyer en station d'épuration car leur absence de métaux lourds, de matières en suspension et de matières organiques confirme leur non-nocivité pour les milieux récepteurs naturels⁽¹⁾.

(1) Hydratec-Mairie de Paris, Étude de faisabilité du rejet au milieu naturel des eaux d'exhaure- Rapport de phase 1 – décembre 2005, p. 56

- Elles ont une température fraîche (moins de 20 °C), le risque de légionellose est donc faible.
- Des analyses sont demandées aux producteurs une à deux fois par an pour vérifier les paramètres : ph, conductivité, DCO, DBO5, MES... Il manque cependant l'analyse de nombreux paramètres bactériologiques pour pouvoir les comparer, par exemple, aux eaux du canal de l'Ourcq.

• **Réglementation existante :**

- Le décret du 3 juin 1994 interdit de rejeter les eaux d'exhaure en égouts. Il n'existe cependant aucun texte concernant la réutilisation de ces eaux.

• **Économies :**

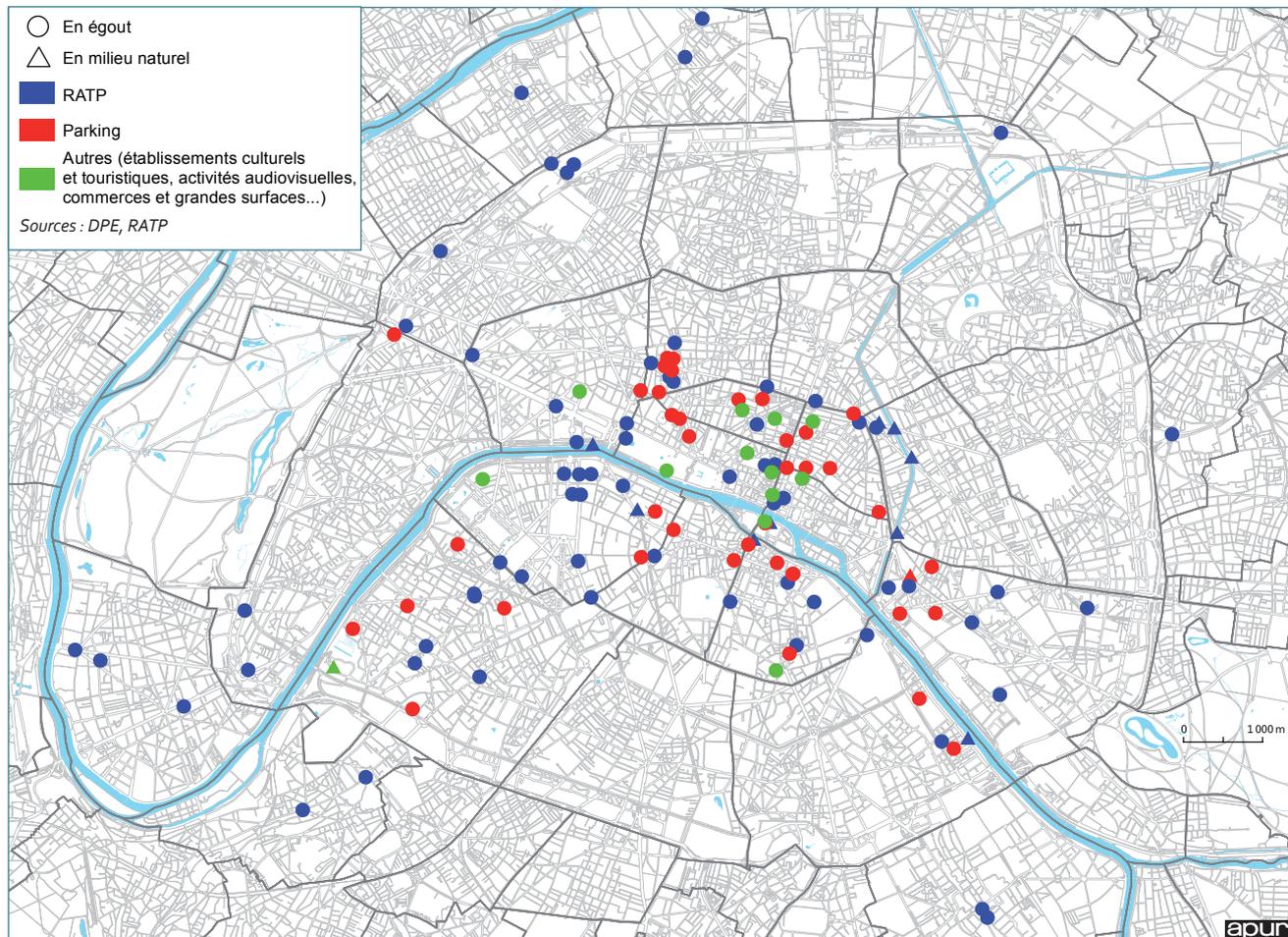
- Pour un producteur rejetant ses eaux d'exhaure en égout, la redevance assainissement se compose de la part collecte revenant à la SAP (0.269/2 €/m³) et la part épuration revenant au SIAAP (0.733/2 €/m³).

• **Usages :**

- L'eau d'exhaure récupérée peut être utilisée pour l'arrosage des espaces verts, le nettoyage d'installations techniques et de voirie, l'alimentation des WC, la production de froid, la réalimentation de nappes et d'eaux de surfaces. En attente de confirmation et précisions : certains postes d'épuisement de la RATP réutilisent leurs eaux d'exhaure pour le nettoyage des rames, l'arrosage de la plateforme engazonnée des tramways...

B- Localisation de la ressource d'exhaure

Producteurs d'exhaures à Paris en 2009



Descriptif des modes d'utilisation de cette ressource

Pour les installations d'épuisement de l'eau d'exhaure de la RATP, il y a toujours une cuve tampon, des pompes (1 ou 2, voire plus) qui rejettent en continu pour les grands producteurs et moins fréquemment (1 à 2 fois par jour) pour les petits producteurs. Au niveau des cuves, des poires déterminent les phases arrêt et marche des pompes : arrêt niveau secours et arrêt niveau trop bas. L'arrêt secours met en marche les pompes en même temps et l'arrêt trop bas arrête le fonctionnement des pompes. Les tuyaux sont principalement en PEHD car cela permet une meilleure durabilité ainsi qu'un remplacement plus efficace.

Du fait que cette ressource peut être disponible en continu, son usage est compatible avec la création, même ponctuelle, d'un réseau d'eau brute.



Pompes RATP - PEP Jaurès

Enjeux de l'utilisation de cette ressource :

- **Écologique :** Alimenter le cycle naturel de l'eau (surface et nappes en cas de niveau trop bas), préserver les ressources en eau, participer à la démarche de développement durable.
- **Économique :** Économiser la ressource en eau (notamment potable et probabilisable), disposer d'une ressource moins onéreuse que l'AEP, réduire les volumes traités en STEP.
- **Urbain :** participer à la présence de l'eau en ville (fontaines, pièces d'eau...) mais aussi, dans le cas de stockage ou de réseau, contribuer à l'entretien de la voirie (propreté) et des espaces plantés (arrosage).
- **Gestion des risques :** limiter les effets des remontées de nappes pour les ouvrages enterrés (parkings, caves, réseaux d'assainissement...).

C- Évolutions possibles dans l'utilisation de cette ressource pour l'ensemble des usagers du territoire

Évolutions possibles de l'utilisation de cette ressource :

À Paris, le musée du Quai Branly possède une installation complète réalisée après la construction du musée et composée d'un triple réseau (dont un dédié aux eaux d'exhaures) servant :

- À alimenter la trame de surface et les bassins à l'extérieur
- Aux WC publics et privés avec une possibilité de chlorage de l'eau
- À la production de froid en secours pour les espaces les plus sensibles en cas de dysfonctionnement.

Le musée possède deux bassins de pré-stockage avec une bache dans un bassin qui peut être alimenté par de l'exhaure, de l'eau de pluie et de l'eau de ville. En utilisant cette ressource (rejet de 50 000 à 60 000 m³/an), il serait possible de couvrir environ 40 % de la consommation. À ce jour, du fait de l'absence de réglementation spécifique, seule la production de froid est utilisée en appoint.

Des projets de la RATP sont également en cours pour l'alimentation du stade Jean Bouin ou pour l'arrosage de la plateforme engazonnée du tram T3.

Exemples d'utilisation de cette ressource :

À Madrid, les eaux d'exhaures sont stockées dans des puits de récupération. Elles passent ensuite par une station de contrôle où sa qualité est vérifiée. Puis elles sont envoyées au réseau d'égouts ou utilisées pour l'arrosage des espaces verts et le nettoyage des rues. Enfin, elles peuvent également être rejetées dans la rivière.

À Séoul, l'eau d'exhaure permet de soutenir l'étiage de la rivière Choeng Gye Choen. Le point d'alimentation est mis en scène sous forme de mur d'eau et de cascade.

À Dijon, l'eau d'exhaure est stockée dans un ancien réservoir d'AEP réhabilité. Elle est utilisée pour l'arrosage des plateformes du tramway (190 m³/j), l'arrosage des espaces vert à proximité du tramway (60 m³/j) et pour le lavage des quais, voiries, bus et rames (27 m³/j) via un réseau spécifique réalisé en 2012. Tout le système a été dimensionné pour arroser l'ensemble des espaces autour du tramway en 3 heures. Le réseau a une capacité d'usage comprise entre 0 et 210 m³/h.

À Lyon, 80 m³ d'eau d'exhaure du parking de l'hôtel de Ville sont pompés chaque jour par Lyon Parc Auto. L'eau est orientée vers un local technique du Théâtre National Populaire équipé de deux groupes froids qui permettent le rafraîchissement d'une grande partie du Théâtre National Populaire ⁽²⁾.

À Clichy-la-Garenne, l'eau d'exhaure est utilisée pour l'arrosage des espaces verts et pour alimenter les laveuses municipales. Ces laveuses propulsent un mélange d'air comprimé et d'eau ⁽³⁾.



Séoul, alimentation de la rivière Choeng Gye Choen par de l'eau d'exhaure

Des usagers potentiels :

Les différents usages possibles pour l'eau d'exhaure (alimentation en eau des espaces verts et des WC, nettoyage d'installation technique et de voirie, production de froid...) peuvent être extrapolés à de nouveaux usagers :

- Les services des Parcs et Jardins, les exploitants des serres et des complexes sportifs
- Les services de propreté ainsi que les services de l'eau et de l'assainissement
- Les gestionnaires des parkings, des Datacenter
- Les habitats privés
- Les commerces de types : nettoyage, blanchisserie de gros, commerces de détail de fleurs, entretien et réparation d'automobiles et motocycles, travaux de maçonnerie générale et gros œuvre de bâtiment.

Pour les services d'assainissement, la crainte est que les nappes en atteignant les collecteurs aient un impact sur le tassement hydraulique des ouvrages et les mettent en péril. Dans 20 ans, les risques peuvent être très importants.

C'est pour cela que depuis peu, la création d'un 4^e réseau est évoquée. Destiné à la collecte des eaux d'exhaure, il compléterait les réseaux EU, EP et unitaire. Il semblerait que ce type de réseau a pu exister à Paris au XIX^e siècle pour protéger le bâti à proximité de la Seine. Nous ne savons pas s'il existe toujours.

Ce 4^e réseau, s'il devait exister, serait formé de sortes de drains parallèles aux collecteurs atteints par le problème. Ces drains se rejoindraient dans les points bas, formant des sortes de vallées, et rejoindraient les anciennes rivières. Ce 4^e réseau pourrait aussi être considéré comme une ressource pour différents usages.

Ce réseau pose cependant un problème juridique. En effet, l'écoulement naturel de l'eau ne doit pas être modifié sous peine d'endosser la responsabilité de problèmes éventuels par la suite. Une construction de ce type ne pourra se faire qu'en trouvant une réponse à cet aspect juridique.

(2) http://www.viva-interactif.com/tnp_eaux_exhaure_villeurbanne_juillet2012.news, consulté en novembre 2012

(3) <http://www.ville-clichy.fr/index.php?Rub=1001>, consulté en novembre 2012

Estimation des volumes exploitables :

Entre 2010 et 2011, le cumul journalier des eaux d'exhaure rejetées par la RATP, sur l'ensemble du territoire de Paris et la Petite Couronne, est de **24 704 m³**.

Pour chacun des départements composant le cœur de la métropole, les volumes rejetés par la RATP sont :

	75	92	93	94	Paris + Petite Couronne
Nombre de postes d'épuisements	229	25	32	5	291
Volume (m ³ /jour)	18 816	3 284	1 297	1 307	24 704

Comparé au territoire Parisien, le volume d'exhaure rejeté par l'ensemble de la Petite Couronne est très faible. Cependant, il faut noter que la majorité des PEP de la Petite Couronne sont mis en place seulement depuis 2010. Chaque année, leur nombre augmentera et des volumes plus importants seront alors rejetés. 93 % de ces PEP rejettent en égouts soit un volume de 5 480 m³/jour. 400 m³/jour sont rejetés en milieu naturel.

Concernant le territoire parisien, la quasi-totalité des postes d'épuisement rejettent aujourd'hui en égouts. La part des rejets en milieu naturel et dans les canaux parisiens augmente et représente dorénavant près d'un quart des rejets totaux. À travers les données fournies par la RATP, nous pouvons estimer à une production moyenne (entre 2005 et 2011) de **22 174 m³/jour**.

Pour estimer les volumes d'exhaures disponibles, nous nous intéressons uniquement aux postes d'épuisement rejetant en égouts (donc considérés comme des eaux parasites alors qu'elles sont de qualité).

Pour chacun des départements composant le cœur de la métropole, les volumes rejetés en égouts par la RATP sont :

	75	92	93	94	Paris + Petite Couronne
Nombre de postes d'épuisements	213	25	31	5	274
Volume (m ³ /jour)	13 715	3 284	892	1 307	19 198

Au sujet des autres producteurs d'exhaures, nous ne disposons pas de données chiffrées à l'échelle de la Petite Couronne contrairement au territoire parisien où les principaux producteurs d'exhaure sont recensés notamment pour les soumettre à une redevance. Cette redevance comprend une part collecte, adressée à la SAP ainsi qu'une part épuration adressée au SIAAP.

D'après le recensement fourni par le STEA, le rejet moyen en égouts des autres producteurs d'exhaure sur le territoire parisien est de **13 661 m³/jour** entre 2006 et 2010. La quasi-totalité des volumes rejetés proviennent des parkings.

En associant les rejets en égouts des PEP avec ceux des autres producteurs, **27 400 m³/jour** d'eau d'exhaure sont exploitables sur Paris. Au-delà, pour la Petite Couronne, **5 500 m³/jour** peuvent être mis à disposition par la RATP.

4- Les eaux pluviales

A- Définition et caractérisation de la ressource

Définition de la ressource étudiée

Les eaux pluviales se rapportent aux eaux de pluie, eaux issues des précipitations d'un territoire, qui ont ruisselé sur des surfaces telles que des toitures, des routes, des parkings ou des caniveaux. Elles peuvent faire l'objet de récupération et de réutilisation directement à partir des toitures ou plus en aval, pour une ou plusieurs valorisations successives grâce à des systèmes de stockage et des ouvrages de gestion de ces eaux.



Quartier des Trois Rivières, Stains : espace inondable pour la récupération des eaux de pluie

Caractérisation de cette ressource sur le territoire État des lieux

• Disponibilité :

- Ressource aléatoire et disparate en termes de continuité. C'est en effet durant les périodes estivales que cette eau est généralement nécessaire mais moins disponible.
- En moyenne, Paris reçoit des précipitations de l'ordre de 637 mm/an⁽¹⁾.
- Ces eaux sont soit collectées avec les eaux usées dans un réseau unitaire pour être acheminées dans les stations d'épuration, soit dans un réseau séparatif pour être rejetées en milieu naturel. À Paris, les eaux pluviales sont collectées avec les eaux usées à l'exception du quartier Paris rive gauche où le réseau est séparatif.
- Selon une thèse, l'eau de pluie récupérée sur l'agglomération parisienne constitue un potentiel équivalent à 65 % des besoins en eau non potable et à 11 % du volume d'eau potable distribué. De plus, 2/3 du potentiel global de l'eau de pluie provient du secteur résidentiel⁽²⁾.

• Qualité physico chimique et biologique :

- Ces eaux sont principalement polluées par le ruissellement urbain. Ainsi il n'y a pas une qualité mais des qualités car celle-ci diffère grandement en fonction de l'échelle et des types de surface. Celles provenant des terrasses et des toitures sont les moins polluées, mais peuvent l'être par des métaux lourds et des micropolluants organiques. Celles provenant des routes, parkings et caniveaux sont polluées notamment par des résidus divers tels que des huiles, hydrocarbures, métaux lourds etc.
- Des études menées à travers le monde montrent qu'elle est une ressource inadaptée à la consommation humaine. Par contre, elle ne pose pas de réels problèmes pour d'autres usages tels que les usages domestiques (WC) et les usages externes comme l'arrosage et le nettoyage.
- Elles sont plus ou moins polluées par le ruissellement urbain mais leur utilisation peut être adaptée en fonction des usages.

• Réglementation existante :

- « L'eau de pluie collectée en aval des toitures peut être utilisée pour des usages non alimentaires et non liés à l'hygiène corporelle, dès lors que ces usages n'impliquent pas de création d'un double réseau à l'intérieur des bâtiments »⁽³⁾.

(1) Bulletin Météo-France, valeur normale de hauteur de pluie à la station de Paris Montsouris

(2) Ali Belmeziti, Thèse pour l'obtention du titre de Docteur de l'Université Paris-Est : Impact potentiel de l'utilisation de l'eau de pluie dans le bâtiment sur les consommations d'eau potable à l'échelle urbaine – Le cas de l'agglomération parisienne, 2012, p. 5

(3) Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France, Position relative aux enjeux sanitaires liés à l'utilisation d'eau de pluie pour des usages domestiques, Avis du 5 septembre 2006

- L'arrêté du 21 août 2008 fixe les conditions de récupération et d'utilisation des eaux de pluie à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments. Il n'impose pas de limites de qualité pour les usages des eaux pluviales⁽⁴⁾.
- L'eau de pluie, à condition qu'elle soit conforme aux exigences de la directive de la communauté européenne sur les eaux de baignade, peut être classée comme eau d'approvisionnement de la chasse d'eau des toilettes, du lave-linge et du système d'arrosage de jardin⁽⁵⁾.
- La Ville de Paris a élaboré un zonage pluvial qui a pour but de réintégrer les eaux pluviales urbaines dans le grand cycle de l'eau en imposant aux parcelles publiques et privées la réduction des quantités ou des flux d'eau pluviale envoyés vers le réseau d'assainissement. Ces mesures ont pour but de lutter contre les inondations et de réduire les pollutions de la Seine, deux enjeux majeurs identifiés par Paris. Il est prévu que le zonage pluvial soit voté en novembre 2013. À noter que le Plan Local d'Urbanisme de Paris prévoyait déjà certaines des dispositions, comme la limitation du débit de rejet dans le réseau d'assainissement. Les eaux pluviales sont donc appréhendées comme une source de nuisance plus que comme une ressource à valoriser.

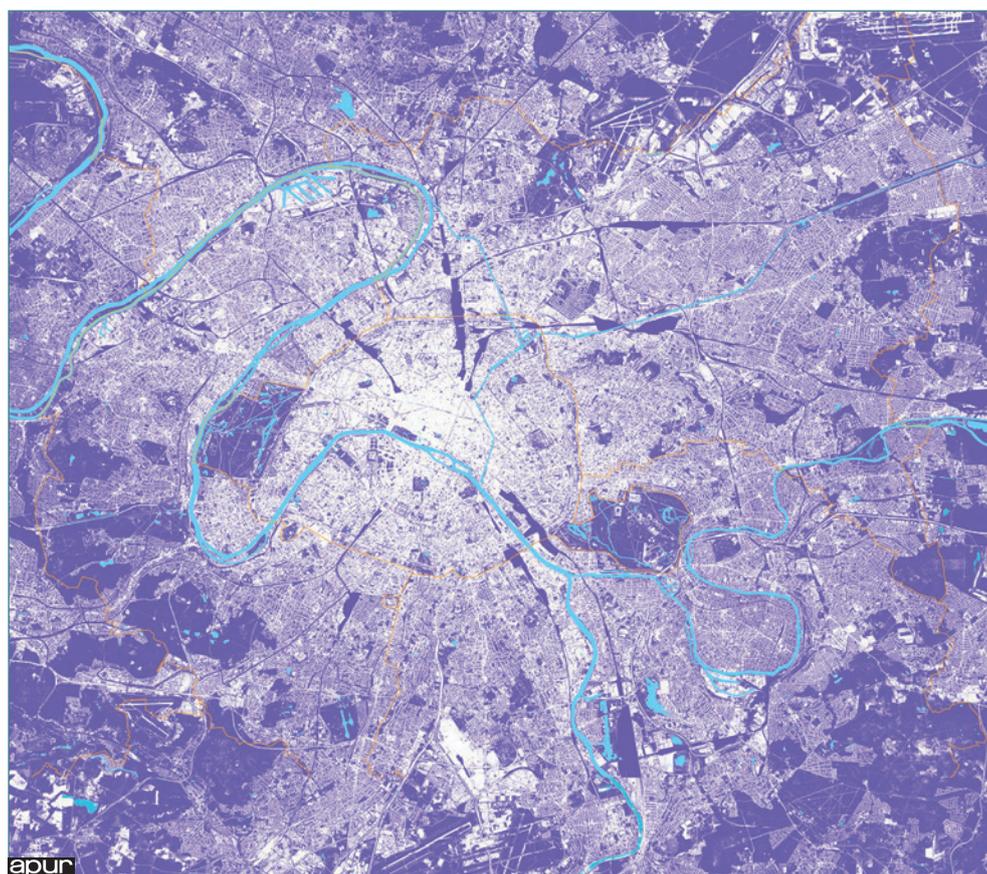
• Usages :

- L'eau pluviale récupérée peut être utilisée pour des usages privés (arrosage des jardins privés, nettoyage des sols, lavage de voitures, de vitres...) ou pour des usages publics et parapublics (arrosage des espaces verts, alimentation de chasses d'eau des sanitaires, nettoyage de voirie, alimentation incendie, fontaines, ou industriels (centrales à béton...)).

B- Localisation de la ressource en eau pluviale

L'eau de pluie est une ressource disponible sur l'ensemble du territoire qui peut être valorisée de deux manières différentes suivant son point de chute. Si elle tombe sur des espaces perméables, elle s'infiltre pour alimenter la nappe. Si elle tombe sur des espaces imperméables, elle peut être récupérée par tous les usagers mettant en place les installations nécessaires.

Localisation des sols perméables et imperméables



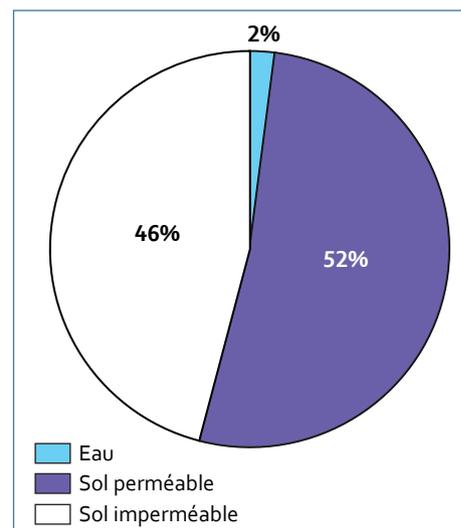
	bâtiments et sols imperméables
	Végétation et sols perméables
	eau

Sources : Apur, Image proche-infrarouge MNE - MNT - 2008 - © InterAtlas

(5) Rémi Velluet, Thèse professionnelle : La politique de l'ENP de la Ville de Paris : aspects réglementaires, sanitaires et environnementaux, 2011-2012, p. 35

(6) Nacima Ould Arezki, rapport de stage sur les perspectives de récupération et de réutilisation des eaux de pluie à la Communauté d'Agglomération, 2006-2007, p. 53

Sur le territoire de Paris et de la Petite Couronne, le sol perméable prédomine. Mais la part de sol imperméable, 46 % du territoire, est également importante à prendre en compte. La récupération de l'eau pluviale devient alors un aspect important pour la gestion des eaux de pluie et notamment sur le sol parisien qui est à près de 60 % imperméable. Paris est une ville dense où les emplacements pour réaliser des stockages sont rares et/ou coûteux. Toutefois, un certain nombre d'espaces de stockage potentiels peut être identifié comme les carrières désaffectées, les infrastructures souterraines inutilisées (réseaux, parkings, caves...), voire les réservoirs de chasse du réseau d'assainissement (cf. fiche ressources complémentaires).



Répartition des sols sur les 4 départements

Descriptif des modes d'utilisation de cette ressource

Le fonctionnement des installations de récupération suit différentes étapes :

- **La collecte** : les surfaces de captage sont généralement des toitures et des sols urbains (parcs et jardins, voirie, parkings...).
- **Le traitement** : trois fonctions élémentaires : dégrillage, traitement amont et aval. Le dégrillage s'effectue en amont des descentes pour y éviter l'intrusion de débris ou de feuilles. Le traitement en amont représente tous les procédés, situés en amont de la cuve, visant à améliorer la qualité de l'eau (Décanteurs, Grilles à mailles fines et filtres autonettoyants). Le traitement en aval vise à améliorer la qualité de l'eau selon les usages visés par des systèmes situés en aval de la cuve (filtres à mailles fines, filtre à tamis, traitement à lampe U-V).
- **Le stockage** : Il existe différents types de stockage :
 - **Stockage aérien** : Installation de types bassin à ciel ouvert à même le sol ou surélevés.
 - **Cuves enterrées** : Installation permettant une récupération importante d'eau de pluie et un stockage limitant la prolifération bactérienne.

Les ouvrages de stockage peuvent avoir des fonctions différentes. Ils peuvent servir à alimenter certains usages, dans ce cas l'objectif est de les maintenir pleins le plus longtemps possible. Dans le cadre de la lutte contre les inondations, ils peuvent aussi servir à réguler les apports au réseau séparatif ou unitaire. Dans ce cas, l'ouvrage se vide dans le réseau avec un débit limité. L'objectif est qu'il se vide suffisamment vite (quelques heures) pour être de nouveau disponible en cas de forte pluie. Lorsqu'il est bien intégré à l'aménagement du site, il peut être support de multiples usages, notamment celui de paysage urbain et de biodiversité.

Enjeux de l'utilisation de cette ressource

Sous l'effet d'un certain nombre de tendances de fond - évolution urbaine des territoires, changements climatiques, dégradation des écosystèmes aquatiques, raréfaction des ressources naturelles, vieillissement des infrastructures - les villes vont devoir s'adapter et se réinventer. Ces adaptations entraînent de nouveaux enjeux pour la gestion conventionnelle des eaux de pluies :

- **Écologique** : Favoriser la création de milieux humides, alimenter le cycle naturel de l'eau (surface et nappes), préserver les ressources en eau, participer à la démarche de développement durable et abaisser le déversement du mélange des eaux pluviales et usées dans le milieu récepteur.
- **Économiques** : La gestion séparée de ces eaux réduit les volumes traités en STEP. Par ailleurs, la réutilisation des eaux pluviales permet d'éviter que des quantités importantes d'eaux potables soient utilisées notamment pour l'arrosage des espaces verts.
- **Urbains et paysagers** : fontaines et jets d'eau, ruisseaux urbains, jardins de pluie, aires de stockage à ciel ouvert lorsqu'elles sont intégrées au dessin des espaces publics.
- **Gestion des risques** : La récupération des eaux pluviales contribue à limiter les risques d'inondation et de pollution dus au ruissellement ainsi que le risque de saturation des réseaux.

C- Évolutions possibles dans l'utilisation de cette ressource pour l'ensemble des usagers du territoire

Augmenter la disponibilité de la ressource

Les préoccupations environnementales et urbaines dues aux croissances des territoires doivent trouver des traductions concrètes à travers des solutions multiples à explorer en fonction des spécificités territoriales pour :

- Réduire l'imperméabilisation des sols en remplaçant les surfaces imperméables par des surfaces perméables riches de végétation. Une plus grande quantité d'eau de pluie pourra être absorbée, filtrée ainsi qu'emmagasinée dans la nappe pour des usagers futurs. En complément de la restauration de ce cycle naturel de l'eau, des techniques peuvent aussi être recherchées pour favoriser l'alimentation de trame d'eau de surface ou, comme indiqué plus haut, le stockage (bassins, cuves).
- Développer des techniques alternatives aux réseaux d'assainissement
- Mettre en place des réseaux séparatifs
- Mutualiser les installations pour différents usages (cuves ou bassins d'orage désaffectés ou surdimensionnés utilisables pour le stockage permanent : cas du cimetière intercommunal des Joncherolles et du bassin d'orage des Brouillards, parc départemental de La Courneuve Georges Valbon, dont la fonction est aujourd'hui remise en cause...).

Exemples de récupération et d'utilisation de cette ressource

Plusieurs approches sont développées dans différents pays avec des spécificités locales. Même si les termes employés varient, elles se réfèrent toutes à des objectifs et des pratiques similaires. Il s'agit souvent, dans le cadre de démarches environnementales, de considérer une combinaison de pratiques et d'aménagements inspirés de fonctions nouvelles d'infiltration, de rétention et d'épuration mais aussi, de stockage et réutilisation.

Les principes de cette gestion peuvent être résumés ainsi :

- Réduire les quantités des eaux qui atteignent les réseaux d'égout (alléger la charge sur les réseaux et les stations d'épuration), en les stockant temporairement en amont pour ralentir et réguler les débits en aval,
- Diminuer les surverses des déversoirs d'orage
- Infiltrer les eaux non polluées dans le sol, pour réduire les volumes s'écoulant en aval,
- Distinguer et traiter les eaux polluées particulièrement celles qui ruissellent grâce à des stratégies novatrices à faible impact environnemental.

À Paris, la municipalité s'est engagée dans la gestion de ces eaux. Elle élabore un zonage pluvial qui spécifie les principes de gestion des eaux pluviales et les aménagements à mettre en œuvre au niveau du territoire parisien. Parmi ces techniques de gestion, nous retrouvons les toitures végétalisées avec un objectif de sept nouveaux hectares d'ici 2020, les jardins inondables, les noues urbaines, les jardinières et les bassins d'infiltrations. Le zonage pluvial doit être voté en novembre 2013. Sur le territoire de Paris, des techniques de gestion des eaux pluviales sont déjà intégrées au dessin des espaces publics et privés de nombreuses opérations et aménagement.

Dans le bois de Boulogne, un dispositif alternatif unique à Paris est en place depuis 1998. Située Pelouse de la Muette, à proximité de la place de Colombie, la lagune de Colombie a été créée pour recevoir et traiter des eaux de voiries (empruntées chaque jour par 22 000 véhicules), qui auparavant étaient rejetées directement dans le lac Inférieur. Trois bassins successifs plantés de végétaux permettent de décanter et de dépolluer les eaux. Chaque bassin est séparé par un pavage de grosses pierres cassant le débit. À la sortie de la lagune, les eaux traitées sont rejetées dans le lac Inférieur.



Lagune de la pelouse de la Muette - bois de Boulogne

L'étanchéité, assurée à l'origine par une simple bâche, s'est avérée trop fragile. Les récents travaux ont permis d'améliorer l'ouvrage en l'équipant d'un système dit de « terretanche ». Il est composé de deux géo-membranes renfermant de l'argile gonflante qui colmate les trous en cas de fuite. La pose de 20 cm de terre végétale sur le géotextile permet la plantation des végétaux. Une alimentation en eau non potable a été installée pour permettre un apport d'eau complémentaire en cas de sécheresse. Des analyses de la pollution des eaux rejetées dans le lac avaient été réalisées par la DEVE au démarrage du dispositif et les résultats se sont révélés très positifs.

Dans le bois de Boulogne, des systèmes de récupération des eaux des toitures pour l'arrosage ont été installés depuis deux ans sur l'une des serres d'Auteuil. Ils ont permis des économies en eau potable de l'ordre de 80 %. D'autres réalisations ont été mises en œuvre dans le bois. L'eau pluviale est récupérée sur l'abri n° 1 et stockée dans une cuve de 20 m³ enterrée, reprise d'une ancienne cuve à huile existante, ce qui permet d'alimenter les tonnes à eau pour l'arrosage. L'eau est également récupérée sur l'abri n° 9 et sur un bâtiment du Tir aux Pigeons (stockage dans une cuve de 8 m³).

Un projet de récupération des eaux de pluie est à l'étude sur un des grands entrepôts de la circonscription de la DEVE dans le bois de Boulogne, pour le nettoyage des engins.

Dans la ZAC Gare de Rungis (13^e arrondissement de Paris) est prévue la récupération des eaux pluviales et notamment des eaux de toitures dans des cuves de 30 à 100 m³. La Ville de Paris et la SEMAPA, chargée de l'aménagement, imposent cette récupération. Cette eau sera réutilisée pour l'arrosage des espaces verts de proximité et, sous réserve de la dérogation de la DASS, pour les réseaux sanitaires de trois types de bâtiment : les immeubles de bureaux, les résidences étudiantes et l'équipement destiné aux personnes âgées dépendantes. Avec ce programme de récupération d'eau pluviale, il serait possible d'économiser jusqu'à 30 % de l'eau consommée sur la ZAC⁽⁶⁾.

Dans le jardin des Batignolles (17^e arrondissement de Paris) l'eau de pluie est conduite par gravitation jusqu'à un fossé rectiligne de 5 m de largeur par des caniveaux parcourant l'ensemble du parc. Une cuve souterraine d'une capacité de stockage de 900 m³ d'eau, située à l'extrémité nord de ce fossé, permet l'approvisionnement pour l'arrosage du jardin et alimente en surface un bassin biotope. En complément de l'eau pluviale, le bassin est également alimenté par le réseau ENP. Ce bassin, par la présence de plantes spécifiques permet une épuration naturelle de l'eau qui sera également utilisée pour l'arrosage du parc. En période sèche, l'eau du bassin biotope est pompée par une éolienne pour alimenter le fossé humide afin qu'il conserve son humidité.



Fossé humide - Jardin des Batignolles

Le département de Seine-Saint-Denis a été précurseur des techniques « alternatives » en permettant l'infiltration ou le stockage de la pluie. Sur le territoire de Plaine Commune, nous retrouvons par exemple :

- **Île-Saint-Denis** : Eco quartier fluvial : Projet de quartier qui prévoit la gestion de 100 % des eaux pluviales sur site dans le cadre d'un circuit « naturel » à travers la mise en place d'une organisation séquencée de cette gestion : toits, stockages, noues, mares, bassins... L'eau pluviale assurera le plus possible la couverture des besoins en eau non potable : arrosage des espaces verts, propreté des espaces extérieurs...
- **Villetaneuse** :
 - Mise en place à proximité de la future ligne Tangentielle légère Nord d'une noue composée de bassins de débordement permettant de récupérer les eaux provenant de la chaussée. Chaque bassin contient des roseaux qui permettent d'abattre toutes sortes de pollution dont les hydrocarbures.
 - Mise en place d'un parvis inondable devant le collège Lucie Aubrac pour récupérer les eaux de chaussées et du parvis.

(6) <http://www.parisgarederungis.fr/>, consulté en avril 2013

Le département des Hauts-de-Seine a mis en place des actions permettant une amélioration de la gestion des eaux pluviales :

- Limitation des débits d'eaux de ruissellement issues des parcelles se raccordant au réseau départemental d'assainissement ;
- Contractualisation avec les communes afin qu'elles adoptent des pratiques de gestion de l'assainissement similaires à celles du Département ;
- Aides financières pour inciter les particuliers et les collectivités à bien gérer les eaux de pluie
- Sensibilisation et communication sur les techniques alternatives de gestion des eaux de pluie

Des aménagements de récupération de l'eau pluviale y sont également mis en place comme dans le square des impressionnistes d'Asnières-sur-Seine ou le parc des Chenevreaux à Nanterre.

Dans le square des impressionnistes, les végétaux sont arrosés avec des eaux de toitures des immeubles bordant le square. Le square comprend 5 000 m² de toitures récupérables, 2 800 m² de parc paysager et 1 800 m² d'espaces verts. En 2007, 85 % des eaux de pluies ont été réutilisées pour l'arrosage du parc (857 m³) mais également pour le remplissage des balayeuses (2 210 m³)⁽⁷⁾.

D'après des données du conseil général des Hauts-de-Seine, le parc des Chenevreaux, d'une superficie de 4,6 ha, possède différents ouvrages de stockage de l'eau pluviale (prairie d'infiltration, bassin écologique, noues...) dispersés sur l'ensemble du parc et permettant un volume total de rétention de 923 m³. La circulation des eaux est entièrement gravitaire et à ciel ouvert. Un dispositif de filtration permet la récupération des eaux de ruissellements chargées en hydrocarbures.

Dans le Val-de-Marne, des dispositifs de récupération et réutilisation de l'eau pluviale sont également recensés. Par exemple, la maison de l'enfance Aimé Césaire à Créteil possède des cuves d'une cuve capacité totale de 40 m³⁽⁸⁾. Cette eau est ensuite réutilisée pour l'arrosage des espaces verts. À Vincennes, de nombreux bâtiments municipaux sont équipés de toitures végétalisées permettant de freiner la restitution des eaux pluviales dans les réseaux. Le Val-de-Marne a également encouragé l'utilisation de l'eau pluviale pour l'arrosage avec l'installation de 175 bacs de récupération chez des particuliers.

En France, la commune de Saint Gilles, en Ile-et-Vilaine, a installé deux cuves de 125 m³ pour récupérer les eaux de toitures de leur complexe sportif (vestiaires et boulodrome notamment) afin d'arroser deux terrains de foot enherbés. Elles assurent une autonomie de 4 semaines d'arrosage et permettent une économie d'environ 2 000 m³ d'eau potable par an⁽⁹⁾.

L'usine de traitement des déchets dangereux de Limay, dans les Yvelines, récupère et réemploie l'eau de pluie pour le traitement des déchets. En 2010, 35 000 m³ d'eau pluviale ont été réutilisés⁽¹⁰⁾.

Au Château de Versailles, 244 m³ d'eaux pluviales des toitures du hangar des services des jardins sont récupérées, filtrées, stockées et utilisées pour l'arrosage des plantes et des espaces verts.

À San Francisco, le nouveau bâtiment « San Francisco Public Utilities Commission » récupère l'eau pluviale avec une capacité de stockage de 95 m³. Cette eau, qui est mélangée avec de l'eau usée recyclée, est utilisée pour l'alimentation des toilettes et l'arrosage.

Au Japon, l'eau pluviale des toitures du Dôme de Tokyo est collectée et stockée dans des réservoirs souterrains. Elle est utilisée pour les toilettes (hors eau de lavage des mains) ainsi que dans les systèmes de lutte incendie (1 000 m³ d'eau).

En Belgique, il est obligatoire d'équiper les maisons neuves d'un système de récupération et de réutilisation de l'eau de pluie.

(7) Funke groupe, Aire Conseil, EGM Groupe Botanica, Les structures alvéolaires ultra légères (SAUL) pour le stockage et l'emploi des eaux pluviales pour l'arrosage - Retour d'expérience : Le Square des Impressionnistes, 2e forum national sur la gestion durable des eaux pluviales, 25-26 mars 2009.

(8) Ville de Créteil, Rapport Développement Durable, 2011, p. 45

(9) IFEP eau de pluie, Exemple d'installation d'un système de récupération d'eau de pluie pour les collectivités, vidéo publiée le 12 avril 2012

(10) La lettre territoriale de confluence, Agence de l'Eau Seine-Normandie, décembre 2011

Des usagers potentiels

Les différentes utilisations possibles de l'eau pluviale (animation et valorisation d'un paysage, alimentation des espaces verts, nettoyage des surfaces des villes...) peuvent servir plus largement ou intéresser de nouveaux usagers :

- Les services des Parcs et Jardins ;
- Les services de propreté ;
- Les bailleurs sociaux ;
- Les Datacenter ;
- Les pompiers ;
- Les habitats privés : stockage, toitures végétalisées ;
- Les commerces de types : nettoyage, blanchisserie de gros, commerces de détail de fleurs, entretien et réparation d'automobiles et motocycles, travaux de maçonnerie générale et gros œuvre de bâtiment.

De plus, les eaux pluviales pourraient être conduites par des bouches avaloirs vers les réservoirs de chasse. Ce système fonctionnerait seulement lors des épisodes pluvieux et permettrait le remplissage d'une chasse. Dans l'hypothèse où les 2 700 réservoirs de chasse encore en service à Paris seraient remplis, cela représenterait un volume total de 13 500 m³/j. (cf. fiche ressources complémentaires).

Estimation des volumes exploitables :

Le territoire de Paris et la Petite Couronne représente une surface de 760 km² (76 000 ha). Les quatre départements ne recevant pas la même quantité de précipitations, nous prendrons pour l'ensemble des départements une précipitation moyenne de 700 mm. À l'échelle des quatre départements, le cumul annuel des eaux pluviales peut s'évaluer à 532 000 000 m³. En estimant une récupération directe de 5 % du cumul annuel, nous pourrions disposer de 26 600 000 m³, soit 72 877 m³/j.

Pour chacun des départements composant cœur de la métropole, les résultats sont les suivants :

	Paris et Petite Couronne			
	75	92	93	94
Surface (km ²)	105	175	236	244
Ressources en EP reçues (m ³)	73 500 000	122 500 000	165 200 000	170 800 000
	532 000 000			
Ressources en EP exploitables directement (m ³ /j)	10 068 ⁽¹¹⁾	16 781	22 630	23 397
	72 877			

(11) Nous trouvons ici un volume différent de celui calculé dans la fiche « Autres Ressources » car nous utilisons ici une précipitation moyenne aux quatre départements et non la valeur normale de hauteur de pluie à la station de Paris Montsouris.

5- Autres ressources potentielles : les eaux de piscines et de centres nautiques

A- État des lieux et estimation des usages et des volumes exploitables



© Mairie de Paris - Deborah Lesage

Piscine Édouard Pailleron - Paris 19^e

Pendant longtemps, les eaux de piscines rejetées chaque jour au réseau ne préoccupaient que très peu de monde au regard de la ressource qu'elles représentaient. Aujourd'hui, le point de vue évolue du fait des réflexions engagées sur la ressource en eau en milieu urbain.

Les eaux de piscines offrent un potentiel intéressant grâce aux vidanges bi annuel, aux eaux de recyclage des filtres, aux eaux de renouvellements et aux recyclages de l'eau des douches. Les eaux de vidanges sont des ressources ponctuelles qui peuvent être récupérées avec ou sans stockage. Les eaux de recyclage des filtres sont des ressources journalières qui ne peuvent pas être récupérées immédiatement. En effet, le nettoyage des filtres se déclenche seul en fonction de son encrassement. L'eau de renouvellement et l'eau de recyclage des douches sont également des ressources journalières.

Sur le secteur de l'agglomération parisienne et notamment sur la petite couronne, ces eaux « propres » sont rejetées au réseau unitaire et sont acheminées en station d'épuration ce qui ne semble aujourd'hui pas vraiment optimal au regard d'un système de gestion de l'eau en milieu urbain.

Cette eau provenant des piscines permet, sans traitement, un usage d'arrosage par exemple, puisque le chlore s'annule automatiquement lorsque l'eau est à ciel ouvert pendant un laps de temps assez court (une heure à deux heures). Dans une cuve, au bout de deux jours, le taux de chlore de l'eau est proche du taux de chlore de l'eau potable. Les autres pollutions sont des pollutions organiques tout à fait compatibles voire bénéfiques pour un usage d'arrosage.

Exemple de récupération et d'utilisation de cette ressource :

Pour faire face à l'arrêt de sécheresse, à la présence d'étoirneau (dégât de leurs fientes) et à la nécessité de baisser les consommations d'eau potable, la ville de Rennes réutilise ses eaux de vidanges de piscines pour nettoyer le centre-ville. La récupération se réalise en immergeant les pompes dans les différentes piscines (4 sur le territoire rennais) et en déroulant un tuyau jusqu'à la zone de stationnement de la laveuse. L'ensemble d'eau mobilisable représente un apport de 12 000 m³ soit 33 m³/jour. Cependant avec les systèmes actuels (pompes à faibles débits), seulement 500 m³ ont été récupérées en 2011. Cette eau n'est pas stockée, elle est réutilisée directement pour nettoyer les rues. Une étude est en cours pour récupérer les eaux pluviales et les eaux de lavage des filtres.



© Ville de Rennes

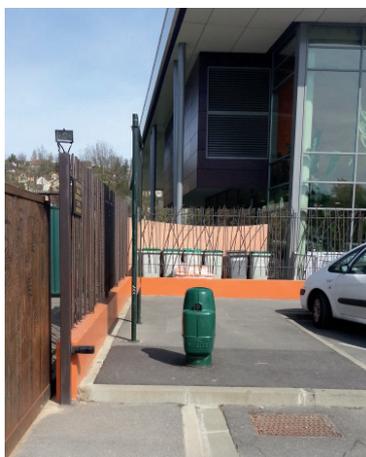
Laveuse municipale - Ville de Rennes

La piscine municipale de la Ville d'Yerres possède un équipement permettant recycler les eaux des douches. L'eau grise est récupérée dans un réseau particulier puis est ramenée dans des cuves permettant de filtrer (les particules collectées sont renvoyées dans les égouts), traiter et désinfecter (lampe UV) l'eau des douches. L'eau est stockée dans des bacs puis est pompée jusqu'à une borne en surface d'où peuvent se brancher les services techniques des espaces verts et de la propreté. Ce procédé permet la réutilisation de 20 m³/jour. Cependant, la piscine étant mal située, son rayon d'action n'est pas optimal et le trop-plein des eaux de douches recyclées retourne en égout.



© Communauté d'Agglomération du Val d'Yerres

Cuve de traitement



© Communauté d'Agglomération du Val d'Yerres

Borne de surface

La piscine du Plessis-Robinson a pour projet de récupérer ses eaux de vidange. Au cours d'une année, deux vidanges de 1 400 l seront effectuées soit une quantité de 2,8 m³/an. Ce faible volume suffit au besoin pour l'arrosage hebdomadaire des espaces verts et le nettoyage des voies aux alentours de la piscine. Les eaux récupérées seront collectées dans une cuve accolée au bâtiment où les services pourront venir se raccorder.

La Ville du Havre a installé en été 2012 une cuve de stockage de 30 m³ pour stocker l'eau de renouvellement, 10 à 15 m³/j, de la piscine de Caucrauville avec également un apport complémentaire d'eau de pluie des toitures, quelques centaines de m³/an. L'eau reste quelques jours dans la cuve pour éliminer le chlore. Une pompe immergée dans la cuve, située à proximité de la piscine dessert le bâtiment des espaces verts et propreté à proximité (150 mètres) avec une pression similaire au réseau d'eau potable. L'eau de la piscine sert ensuite principalement à

remplir les véhicules de nettoyage. Elle est utilisée également pour remplir les tonnes à eau des espaces verts et pour laver les véhicules des deux services. Les besoins estimés des deux services étaient de 2 500 m³/an.

Estimation des volumes exploitables :

D'après l'article 3 de l'arrêté du 7 avril 1981 fixant les dispositions techniques applicables aux piscines, l'eau des piscines doit être renouvelée à hauteur de 0,03 m³/jour/baigneur. En estimant une fréquentation moyenne de 450 baigneurs par jour par piscine, 13,5 m³/j peuvent être réutilisables. À cela, pourraient être ajoutés les rejets de nettoyage des filtres, de l'ordre de 10 à 20 m³ par piscine et les eaux de vidanges. Sans prendre en compte les eaux de vidanges, des dispositifs simples pourraient permettre de récupérer environ 25 m³/jour par piscine.

Avec des installations plus lourdes, il est envisageable de récupérer les eaux pluviales et les eaux de recyclage des douches. La piscine d'Yerres, par exemple, réutilise 20 m³/j d'eau issue du recyclage des douches. Au total, il serait possible d'atteindre environ 50 m³ par jour et par piscine.

En restant sur des dispositifs simples, les 143 piscines municipales, présentes sur le territoire de Paris et de la Petite Couronne, représentent un volume d'eau potentiel de 3 575 m³/j, soit 1 304 875 m³/an. En recyclant les eaux de lavages des filtres, de vidange, il serait possible d'atteindre 7 150 m³/j, soit 2 609 750 m³/an.

Pour chacun des départements composant le cœur de la métropole, les résultats sont les suivants :

	Paris + Petite Couronne			
	75	92	93	94
Nombre de piscines ⁽¹⁾	38	33	36	36
	143			
Volume minimum réutilisable (m ³ /j)	950	825	900	900
	3 575			
Volume maximum réutilisable (m ³ /j)	1 900	1 650	1 800	1 800
	7 150			

(1) <http://www.nageurs.com/piscines-Paris> et <http://www.guide-piscine.fr>, consulté le 12/04/2013

Synthèse des ressources disponibles sur le territoire de Paris et de la petite couronne

Ressources	Qualité	Estimation de volumes exploitables	Usages recensés en eau brute	Armature technique	Usagers potentiels d'eau brute
Eaux de surface	Seine	1 920 m ³ /j (limite de prise d'eau ne nécessitant pas de demande auprès de la Police de l'Eau) Période d'étiage: 3.5 Mm ³ /j (ordre de grandeur) Hautes eaux d'hiver: 42 Mm ³ /j (ordre de grandeur)	Alimentation des réservoirs de chasses, nettoyage des espaces publics, arrosage des espaces verts, alimentation des trames d'eau des bois et parcs	Installations de récupérations des eaux de surface permettant le pompage (stations de pompage), le stockage (réservoirs), et la distribution (sous réseaux). En fonction de la disponibilité et de la qualité de la ressource, création de réseaux spécifiques ou de points d'alimentations ponctuels (BR, BL)	Services publics (propriété, assainissement, parcs et jardins, bailleurs sociaux...), usagers privés (activités, industries, particuliers...)
	Marne	4 Mm ³ /j (ordre de grandeur)	Paysagers et urbains		
	Bièvre	34-500 m ³ /j au niveau du Parc des Près			
Eaux souterraines	Canaux parisiens	30 000 à 50 000 m ³ /j	alimentation des réservoirs de chasses, nettoyage des espaces publics, arrosage des espaces verts, alimentation des trames d'eau des bois et parcs		
	Vieille Mer	4 000 m ³ /jour à l'aval du cours d'eau, sur le secteur de la confluence	En partie paysager et urbain		
	Ru d'Arras	A déterminer à l'aval des jardins familiaux de Villetaneuse	Arrosage des jardins familiaux de Villetaneuse		
Eaux d'exhaures	Yerres	Volumes faibles	En partie paysager et urbain		
	Nappe du calcaire de Saint-Ouen	Volumes disponibles : 38 Mm ³ (Paris + Petite Couronne) Volumes exploitables : 72 876 m ³ /j (Paris + Petite Couronne)	Paysagers et urbains, alimentation d'une rivière artificielle à Sèvres	Dispositifs de relevage	
	Eaux d'exhaures	Paris : 27 400 m ³ /j (Parkings + RATP) Petite Couronne : 5 500 m ³ /j (RATP)	Arrosage des espaces verts, des plateformes tramway, nettoyage de la voirie, des quais et véhicule, alimentation de groupes froids, soutien d'étiage de rivière	Cuves tampon, pompes	
Eaux pluviales	Leurs qualités diffèrent suivant les lieux où elles se trouvent. Majoritairement, elles sont de bonne qualité, non-nocives pour les milieux récepteurs naturels	Ressources reçues : 1.5 Mm ³ /jour (Paris + Petite Couronne) Ressources exploitables : 72 877 m ³ /j (Paris + Petite Couronne)	Arrosage des espaces verts, alimentation de bassins, de WC, propreté des espaces extérieurs, traitement des déchets	Cuves de récupération, toitures végétalisées, dispositifs de filtration pour la récupération des eaux chargées en hydrocarbures, noues et bassins de surface Cuves de stockage, pompes immergées	
Eaux de piscines et centres nautiques	Leurs qualités diffèrent en fonction de l'échelle et des types de surfaces de ruissellement	Volume minimum réutilisable (dispositifs simples) : 3 575 m ³ /j (Paris + Petite Couronne) Volume maximum réutilisable (installations plus lourdes) : 71 500 m ³ /j (Paris + Petite Couronne)	Arrosage d'espaces verts, nettoyage de la voirie, lavage de véhicules	Cuves permettant de filtrer, traiter et désinfecter l'eau des douches, Dispositifs de récupération des eaux pluviales	

6- Qualité des ressources en eau (annexes)

A- Les paramètres majeurs de la qualité d'eau

Pour déterminer la qualité d'une eau, un grand nombre de paramètres peuvent être pris en compte. Néanmoins, certains paramètres dits majeurs permettent d'avoir une idée générale de la qualité. On distingue deux types différents : les paramètres physico-chimiques et les paramètres microbiologiques.

Les paramètres physico-chimiques :

Ils permettent de mesurer des caractéristiques physiques et des composés chimiques présents dans l'eau.

Les paramètres simples

- **Température**

La température intervient dans les caractéristiques microbiologiques de l'eau. Elle influence la survie des micro-organismes. Une eau de température élevée peut par exemple favoriser la prolifération de bactéries telles que les légionnelles.

- **pH (potentiel Hydrogène)**

Le pH mesure l'acidité ($0 < \text{pH} < 7$) ou la basicité ($7 < \text{pH} < 14$) de l'eau. Le pH est dit neutre quand il est égal à 7. Celui-ci n'a pas d'effet direct sur la santé mais il présente certains inconvénients : Une eau trop acide et agressive corrode les parties métalliques des canalisations de distribution (libération de métaux) ce qui entraîne un risque sanitaire. Une eau basique ou alcaline diminue l'efficacité de la désinfection au chlore. Au-dessus de 9, son contact avec la peau peut provoquer des irritations oculaires et une aggravation des affections cutanées.

- **Sulfates (SO₄²⁻)**

Les sulfates sont trouvés dans presque toutes les eaux naturelles. Ils permettent de fabriquer les protéines, ces molécules qui construisent l'organisme. À des concentrations supérieures à 500 mg/L, le sulfate peut modifier le goût de l'eau. À des concentrations supérieures à 1 000 mg/L, le sulfate peut avoir un effet laxatif. Les minéraux sulfatés peuvent également favoriser la corrosion de la plomberie.

- **Nitrites (NO₂⁻)**

Les nitrites sont des composés azotés solubles dans l'eau. Ils sont présents dans l'eau dans les régions densément habitées ou d'agriculture intensive. La présence de nitrites en quantité importante dans le sang empêche l'hémoglobine de fixer convenablement l'oxygène (source d'empoisonnement).

- **Nitrates (NO₃⁻)**

Les nitrates sont des composés d'azote et d'oxygène, et sont indispensables aux développements des végétaux. La plupart des eaux naturelles contiennent des nitrates à des doses faibles (quelques milligrammes par litre). Cependant de nombreuses eaux souterraines et de surfaces ont une concentration élevée en nitrate du fait de l'enrichissement des sols par les engrais ou par les rejets d'eaux usées domestiques ou industrielles. Le nitrate en lui-même n'est pas toxique. Sa toxicité vient de la chaîne de réaction qu'il subit dans l'organisme. Le nitrate est réduit par des enzymes en nitrite.

- **Ammonium (NH₄⁺, NH₃)**

L'ammonium peut avoir pour origine naturelle la décomposition des déchets végétaux et animaux. Il est susceptible de se transformer assez rapidement en nitrates et nitrites par oxydation, sa teneur dans les eaux de surface est normalement faible (inférieure à 0,2 mg/l). L'oxydation biologique de celui-ci peut provoquer la corrosion de certaines parties du réseau (surtout s'il est en cuivre). Il peut également servir de nutriment pour des micro-organismes, responsables de saveurs et d'odeurs désagréables.

Les paramètres multiples

Il existe plusieurs mesures qui permettent de déterminer et caractériser un même paramètre.

Caractérisation de la Matière organique (DBO, DCO, COT)

Les composés organiques sont d'une part les protéines, les lipides, les glucides et les substances humiques (décomposition de débris végétaux) et d'autre part, les substances organiques carbonées élaborées ou utilisées par l'industrie chimique, pharmaceutique, pétrolière...

- **DBO (Demande Biochimique en Oxygène)**

La Demande Biochimique en Oxygène sur 5 jours exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau par le développement de micro-organisme.

- **DCO (Demande Chimique en Oxygène)**

La Demande Chimique en Oxygène mesure la concentration de la matière organique. Cette mesure représente la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder toutes les matières organiques contenues dans l'eau.

- **COT (Carbone Organique Total)**

La mesure du carbone organique total permet de donner une indication directe de la charge organique d'une eau.

Caractérisation de la Dureté (Th, Conductivité)

La dureté de l'eau se caractérise par la conductivité et le Th et exprime sa concentration en sels minéraux. Les eaux dures ne présentent pas de risque pour la santé mais constituent des inconvénients liés à l'entartrage (beaucoup de calcaire) des canalisations. Les risques pour la santé proviennent des eaux trop douces qui deviennent agressives et sont susceptibles de corroder les matériaux à leur contact.

- **Th (Titre Hydrotimétrique)**

Le degré hydrotimétrique est un indicateur de la minéralisation de l'eau. Il s'exprime en degré français (°F). Un degré français correspond à la dureté d'une solution contenant 10 mg/l de CaCO₃ (calcaire).

- Valeur comprise entre 0 et 10 °F = eau très douce
- Valeur comprise entre 10 et 20 °F = eau douce
- Valeur comprise entre 20 et 30 °F = eau moyennement dure
- Valeur comprise entre 30 et 40 °F = eau dure
- Valeur supérieure à 40 °F = eau très dure

- **Conductivité**

La conductivité détermine l'ensemble des minéraux présents dans l'eau (son caractère plus ou moins salin). Une eau douce accusera généralement une conductivité basse et au contraire une eau dite dure affichera une conductivité élevée.

Caractérisation de la Transparence (Turbidité, MES)

- **Turbidité**

La turbidité est un paramètre qui permet d'évaluer la teneur de solides en suspension dans l'eau (débris organiques ou organismes microscopiques...). Elle permet de mesurer la concentration en composés qui rendent l'eau trouble.

- **MES (Matières En Suspension)**

La notion de matières en suspension se réfère à la masse de particules par unité de volume présente dans l'eau.

Les paramètres bactériologiques

Ils permettent de caractériser la présence de micro-organismes (virus, bactéries,...) pouvant induire un risque sanitaire plus ou moins grand.

- **Entérocoques intestinaux**

Les entérocoques sont des bactéries pathogènes opportunistes pouvant provoquer des maladies telles que des septicémies, des infections urinaires...

- **Escherichia coli**

L'Escherichia coli est un germe de la famille des coliformes fécaux, indicateur d'une contamination de l'eau par des excréments. Celle-ci peut provoquer des maladies telles que des gastro-entérites, infections urinaires, méningites...

- **Légionnelles**

Les légionnelles sont des bactéries responsables d'une maladie respiratoire, la légionellose. Elles colonisent fréquemment les réseaux d'eau, notamment d'eau chaude sanitaire et les installations de climatisation. Elles prolifèrent principalement dans les eaux chaudes (25 à 45 °C) en présence de tartre ou de résidus métalliques.

- **Salmonelles**

Les salmonelles sont des bactéries provoquant des maladies telles que la fièvre typhoïde, la fièvre paratyphoïde ou des infections alimentaires telles que la salmonellose.

- **Amibes**

Les Amibes sont des organismes unicellulaires, parfois parasites de l'homme. La contamination s'effectue par inhalation. Les symptômes les plus courants sont des maux de tête, des malaises, des convulsions, une somnolence et parfois une agitation anormale. La maladie est très rare mais peut être mortelle en l'absence de diagnostic.

Cette liste de paramètres majeurs pour déterminer une qualité d'eau ne constitue pas une liste exhaustive. Ces paramètres sont les plus couramment utilisés pour déterminer une qualité d'eau, bien qu'ils ne soient pas forcément faits de manière systématique dans toutes les analyses de qualités.

B- Les normes les plus couramment utilisées en France

Eau potable (Arrêté du 11 janvier 2007)

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Afin de définir précisément cette eau, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présentes. Le fait qu'une eau soit conforme à ces normes ne signifie donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur.

Eau brute propre à la potabilisation (Arrêté du 11 janvier 2007)

Les eaux douces superficielles doivent respecter des limites de qualité pour être destinées à la consommation humaine.

Eau de baignade (2006/7/CE)

Une eau de baignade est une eau de surface dans laquelle un grand nombre de baigneurs est attendu et où la baignade n'est pas interdite ou déconseillée de manière permanente.

La norme eau de baignade concerne exclusivement deux paramètres microbiologiques : Escherichia coli et Entérocoques.

Une eau peut posséder des paramètres physico-chimiques dangereux pour l'homme et pourtant respecter la norme en Escherichia coli et Entérocoques.

Ces normes ne constituent pas une liste exhaustive des législations en vigueur, mais, apparaissent comme les plus couramment utilisées et comme références pour la qualité d'eau.

Qualités sanitaires des eaux usées traitées pour être réutilisées (arrêté du 2 août 2010)

Cet Arrêté fixe les conditions d'utilisation (prescriptions sanitaires et techniques applicables) des eaux usées traitées pour l'arrosage et l'irrigation. Seules les irrigations gravitaires et localisées (goutte à goutte) sont pour l'instant autorisées. Les autres utilisations possibles (lavage des voiries) ne disposent pas de réglementations spécifiques.

7- Qualité des eaux de baignade (annexes)

Paramètres	Guide	Impérative	Fréquence d'échantillonnage minimale	Méthode d'analyse ou d'inspection	
Microbiologiques :					
1	coliformes totaux/100 ml	500	10 000	bimensuelle (1)	Fermentation en tubes multiples. Repiquage des tubes positifs sur milieu de confirmation Dénombrement selon NPP (nombre le plus probable)
2	coliformes fécaux/100 ml	100	2 000	bimensuelle (1)	ou filtration sur membrane et culture sur milieu approprié tel que gélose lactosé au tergitol, gélose d'endo, bouillon au teepol 0,4 %, repiquage et identification des colonies suspectes Pour les points 1 et 2, température d'incubation variable, selon que l'on recherche les coliformes totaux ou les coliformes fécaux.
3	Streptocoques fécaux /100 ml	100	-	(2)	Méthode de Litsky Dénombrement selon NPP (nombre le plus probable) ou filtration sur membrane. Culture sur un milieu approprié.
4	Salmonelles /l	-	0	(2)	Concentration par filtration sur membrane. Inoculation sur milieu type. Enrichissement, repiquage sur gélose d'isolement, identification.
5	Enterovirus PFU /10 l	-	0	(2)	Concentration par filtration par floculation ou par centrifugation et confirmation.
Physico-chimiques :					
6	pH	-	6-9 (0)	(2)	Électrométrie avec calibration aux pH 7 et 9
7	Coloration	-	pas de changement anormal de la couleur (0)	bimensuelle (1)	Inspection visuelle
		-	-	(2)	ou photométrie aux étalons de l'échelle Pr.Co
8	Huiles minérales mg/l	-	pas de film visible à la surface de l'eau et absence d'odeur	bimensuelle (1)	Inspection visuelle et olfactive
		< ou = 0,3	-	(2)	ou extraction sur un volume suffisant et pesée du résidu sec
9	Substances tensioactives réagissant au bleu de méthylène mg/l (laurylsulfate)	-	pas de mousse persistante	bimensuelle (1)	Inspection visuelle
		< ou = 0,3	-	(2)	ou spectrophotométrie d'absorption au bleu de méthylène
10	Phénols (indice phénols) mg/l C ₆ H ₅ OH	-	aucune odeur spécifique	bimensuelle (1)	Vérification de l'absence d'odeur spécifique due au phénol
		< ou = 0,005	< ou = 0,05	(2)	ou spectrophotométrie d'absorption. Méthode à la 4-aminoantipyrine (4-A.A.P.)
11	transparence m	2	1 (0)	bimensuelle (1)	Disque de Secchi
12	Oxygène dissous % saturation O ₂	80-120	-	(2)	Méthode de Winkler ou méthode électrométrique (oxygène-mètre)

13	Résidus goudronneux et matières flottantes telles que bois, plastiques, bouteilles, récipients en verre, en plastique, en caoutchouc et en toute autre matière. Débris ou éclats	absence		bimensuelle (1)	Inspection visuelle
14	Ammoniaque mg/l NH ₄			(3)	Spectrophotométrie d'absorption, réactif de Nessler, ou méthode au bleu indophénol
15	Azote Kjeldahl mg/l N			(3)	Méthode de Kjeldahl
Autres substances considérées comme indices de pollution :					
16	Pesticides (parathion ; HCH, dieldrine) mg/l			(2)	Extraction par solvants appropriés et détermination chromatographique
17	Métaux lourds tels que : Arsenic, Cadmium ; ChromeVI, Plomb I, Mercure			(2)	Absorption atomique éventuellement précédée d'une extraction
18	Cyanures mg/l			(2)	Spectrophotométrie d'absorption à l'aide de réactif spécifique
19	Nitrates et Phosphates mg/l NO ₃ et PO ₄			(3)	Spectrophotométrie d'absorption à l'aide d'un réactif spécifique

(0) Dépassement des limites prévues en cas de conditions géographiques ou météorologiques exceptionnelles.

(1) Lorsqu'un échantillonnage effectué au cours des années précédentes a donné des résultats sensiblement plus favorables que ceux prévus à la présente annexe et lorsqu'aucune condition susceptible d'avoir diminué la qualité des eaux n'est intervenue, la fréquence d'échantillonnage peut être réduite d'un facteur 2 par les autorités compétentes.

(2) Teneur à vérifier par les autorités compétentes lorsqu'une enquête effectuée dans la zone de baignade en révèle la présence possible ou une détérioration de la qualité des eaux.

(3) Ces paramètres doivent être vérifiés par les autorités compétentes lorsqu'il y a tendance à l'eutrophisation des eaux.

Du réseau d'eau non potable à l'optimisation de la ressource en eau

Le présent rapport correspond à une première étape de l'étude sur le réseau non potable et l'optimisation de la ressource en eau. Inscrite au programme partenarial de l'Apur, elle bénéficie du soutien de la DPE et d'Eau de Paris. Engagée en avril 2012, pour une durée de deux ans, cette étude prolonge et approfondie les travaux menés en 2010 et 2011 sur le devenir du réseau d'eau non potable.

Trois grands thèmes structurent l'approche en cours :

- L'étude d'un possible « cocktail » d'eau pour le réseau d'ENP concerne l'identification et la caractérisation des ressources en termes de volumes, de qualités, de disponibilités et de localisation.
- La valorisation de la ressource en eau non potable en ville porte sur la trame verte et bleue, le confort urbain, les grands services urbains et les plaisirs de l'eau
- L'extension du réseau d'ENP dans la métropole vise à identifier les usages et les territoires à desservir, les moyens d'extension et la capacité du réseau à satisfaire des usages métropolitains

Ce rapport d'étape vise également à proposer une série de d'orientations et d'expérimentations possibles qui concernent aussi bien la valorisation de la ressource en eau brute que les moyens techniques à mettre en œuvre et les différents types d'eau susceptibles d'y contribuer.

Il privilégie à ce stade l'approfondissement de la notion de « cocktail » d'eau qui permet de dresser un état des ressources et des moyens de les valoriser.