

## **Eaux pluviales, eaux usées, ressource en eau : nécessité, pour des nouveaux quartiers, d'une réflexion stratégique sur le cycle complet de l'eau en ville.**

Rain water, waste water, water resource :  
how the whole water cycle tends to change in town.

Bruno Ricard\*, Dirk Esser\*\*, Sophie Lebreton°, Benjamin Berne°°

\* SINBIO Agence Ouest – 1 Av. de la Boule d'Or, 22100 - Lanvallay - France,  
[bruno.ricard@sinbio.fr](mailto:bruno.ricard@sinbio.fr), et réseau Re-sources

\*\* SINT, 5 rue Boyd, 73100 – Aix-les-Bains - France, [dirk.esser@sint.fr](mailto:dirk.esser@sint.fr)

° Re-sources, 8 place Jean-Baptiste Clément, 75018 - PARIS – France,  
[s.lebreton@re-sources.fr](mailto:s.lebreton@re-sources.fr)

°° Toilettes du monde, 15 avenue Paul Laurens, 26110 - NYONS – France,  
[benjamin.berne@tdm.asso.fr](mailto:benjamin.berne@tdm.asso.fr)

### **RÉSUMÉ**

Le cycle urbain de l'eau a traversé plusieurs modèles et évolue encore aujourd'hui. Le modèle classique caractérisé par la séparation des cycles de l'eau (eaux de pluie, eaux usées, adduction d'eau potable) n'est pas immuable et pose de plus en plus de questions sur son efficacité vis-à-vis de la ressource et des milieux naturels, mais aussi et peut être surtout vis-à-vis du coût des infrastructures requises. Ces questions ont généré des innovations dans le domaine des eaux pluviales, dont la valeur est de plus en plus reconnue : ressource, élément de composition, élément contribuant au potentiel écologique de nouvelles zones urbaines, avec des économies attendues sur les infrastructures. C'est aussi ce qui peut conduire à généraliser des innovations, déjà bien visibles dans certains pays, sur les eaux grises. Tout en donnant quelques exemples, nous proposons une série de bilans hydrologiques urbains qui montrent que **des stratégies d'utilisation d'eaux pluviales et de recyclage d'eaux grises peuvent diminuer de moitié les volumes d'eaux annuels à gérer en aval**, ce qui peut diminuer des coûts de fonctionnement voire éviter des renouvellements ou des restructurations d'équipements.

### **ABSTRACT**

Urban water cycle can be designed in several ways. Even if a "classical model" has been based upon separation between rain water, waste water and drinking water, other approaches are possible since this model is not necessarily the most efficient as far as water resource and receiving waters are concerned. It might not be the most efficient neither on the economical point of view, due to treatment plants and networks costs. In the recent years urban storm water value started to be better involved in town planning : rain water reuse, landscape design, ecological design where concerned. And through this approach urban run off costs tend to get lower, further changes are now possible with grey water, that may be recycled, as it already occurs in many countries. In this paper we give a few examples, and propose several hydrologic balances that show that half of the annual water volume can be saved.

### **MOTS CLES**

Cycle urbain de l'eau, Recyclage d'eaux grises,

Grey water recycling, Urban water cycle

## 1 INTRODUCTION

La gestion de l'eau est intimement liée à l'histoire des villes : elle a influencé leurs fondations antiques ou médiévales et contribué à l'organisation de l'espace et des activités urbaines. A partir du 19<sup>e</sup> siècle, l'eau a été, en ville, gérée dans une perspective hygiéniste et de gestion de risques : eaux pluviales, eau potable et eaux usées ont alors été séparées, dans les réseaux, les services, les pratiques.

La gestion des eaux pluviales a, ces 20 dernières années, remis en avant la valeur de l'eau : réouverture de rivières anciennement busées, trame verte/trame bleue, infiltration/réalimentation des nappes, régulation hygrothermique grâce à l'évapotranspiration, utilisation des eaux pluviales pour des usages quotidiens. Plus récemment, l'objectif de protection des milieux récepteurs, la rareté de la ressource, le coût des créations ou mises à niveau d'infrastructures ont fait émerger des techniques et pratiques nouvelles dans le domaine de l'assainissement : apparition de toilettes sans eau, gestion séparée des eaux grises, etc.

Eaux pluviales, ressource, assainissement/eaux grises, c'est donc l'ensemble du cycle urbain de l'eau qui mérite aujourd'hui d'être abordé sous un angle nouveau. Les techniques le permettent et cela devient une nécessité pour certains programmes d'urbanisation incompatibles avec les modèles classiques de potabilisation – épuration – rétention et évacuation des eaux pluviales.

Le document propose un aperçu des questions récentes relatives au cycle urbain de l'eau (partie 2), puis focalise sur la question des eaux grises et des nouveaux modèles d'assainissement (partie 3). La partie 4 propose des simulations de bilans hydrologiques en testant plusieurs stratégies de gestion des eaux pluviales, des eaux grises et de la ressource. Nous proposons ainsi de relier divers domaines techniques en forte évolution, pour aborder de manière globale les questions stratégiques liées au cycle urbain de l'eau.

## 2 CYCLE URBAIN DE L'EAU : EVOLUTION DES MODELES ET NOUVELLES PISTES

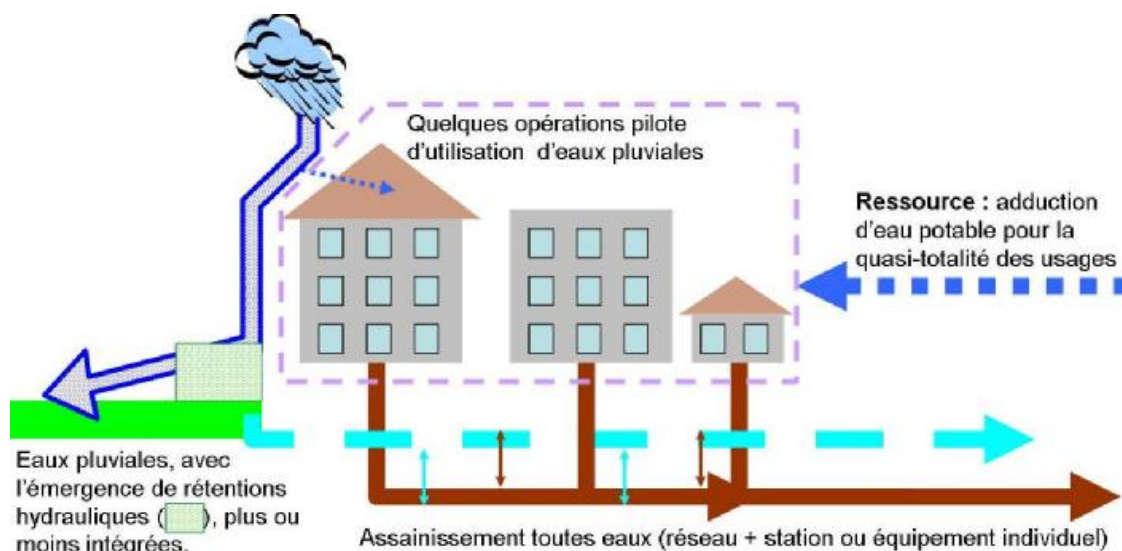
### 2.1 « Modèle classique » puis évolutions sur le pluvial (*de l'après-guerre aux années 2000*)

Le modèle « classique » d'où nous partons est une représentation en trois domaines, issue du modèle hygiéniste : adduction, assainissement des eaux usées, eaux pluviales. Bien que simplifié par rapport aux réalités, ce « référentiel » de départ nous permet de situer les innovations qui vont suivre.

- La *ressource* provient de captages dans les réseaux hydrographiques et les nappes. A quelques exceptions près (*par exemple le double réseau parisien et les utilisations d'eaux pluviales en contextes insulaires*), la totalité de la ressource entrant dans un bâtiment doit être *potable*. Evidence impulsée très logiquement par le poids historique des maladies et pandémies ;
- l'assainissement *collectif* fonctionne sur le schéma réseau + station « toutes eaux usées ». Les usages (*à* eaux ménagères ou « eaux grises ») et les chasses d'eau (*à* urines + eau = « eaux jaunes » ; fèces + eau = « eaux brunes ») fournissent le moyen de transport des effluents. L'assainissement *non collectif* suit le même modèle (chasses d'eau et traitement « toutes eaux ») bien qu'il n'y ait pas de transport à assurer ;
- et les eaux *pluviales* sont évacuées (après rétention, en particulier à partir de 1977 et de l'instruction technique).

Une première évolution de ce modèle apparaît depuis 30 ans dans le domaine du pluvial :

- les modèles purement techniques (« tout tuyau » puis « tout tuyau + bassin ») sont remis en cause ; les approches de « gestion intégrée aux espaces publics » se répandent lentement, portées par des expériences emblématiques (Graie, 1992 - 2009) ;
- à l'amont, les expériences d'utilisation d'eaux pluviales se multiplient dans les pays en développement comme dans les pays les plus avancés (IRCSC 2001). En France, l'utilisation des eaux pluviales pour les chasses d'eau apparaît lentement sur des opérations d'habitat (Pays de Rennes, 2006) et se poursuit malgré les réticences qui aboutissent à la directive de mars 2006 interdisant provisoirement ces pratiques.



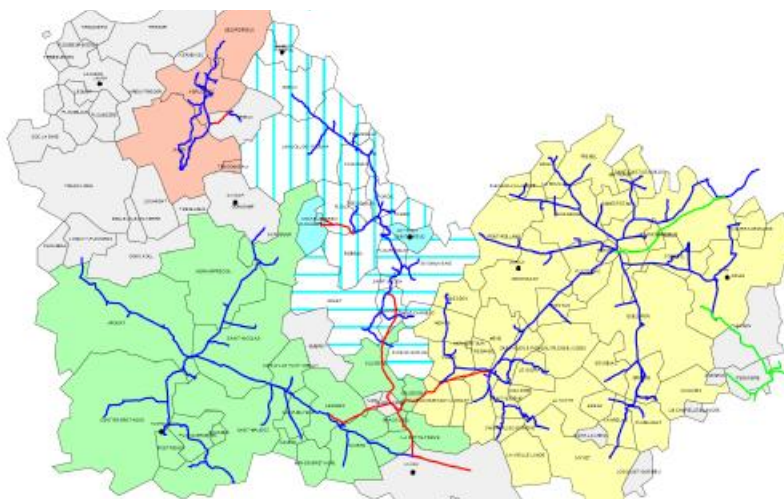
Le modèle classique : adduction - assainissement toutes eaux usées - pluvial, avec l'émergence d'innovations sur les eaux pluviales, mais aussi l'héritage de mauvais branchements eaux usées – eaux pluviales.

## 2.2 Années 2000 : nouvelles questions, nouveaux enjeux, nouvelles pistes

### 2.2.1 Gestion et renouvellement des infrastructures : les limites

Les villes européennes dépensent une moyenne annuelle totale évaluée à 1 milliard d'euros pour la réhabilitation des réseaux d'assainissement (Saegrev et Schilling 2004). En France, le linéaire de réseaux d'assainissement est estimé entre 250 000 et 300 000 km, dont les tronçons les plus âgés ont plus de 60 ans. En Allemagne, Harald Hiesl souligne que 17% (76 000 km) des réseaux d'assainissement seraient à réhabiliter à relativement brève échéance. Il en déduit qu'« *avant de dépenser de telles sommes dans la perpétuation du système traditionnel d'infrastructure centralisée, il convient d'identifier et d'évaluer d'autres options* » (Hiesl, 2003).

Dans le domaine de l'eau potable, le schéma départemental des Côtes-d'Armor illustre bien l'ampleur du patrimoine requis pour distribuer une eau potable pour l'ensemble des usages et dans un contexte rural. Les réseaux sont interconnectés et gérés par 4 syndicats de production (45 millions de m<sup>3</sup> d'eaux annuels pour un territoire de 6.878 km<sup>2</sup> et 576 000 habitants, dont 80% proviennent de ressources superficielles regroupées notamment dans trois grands barrages).



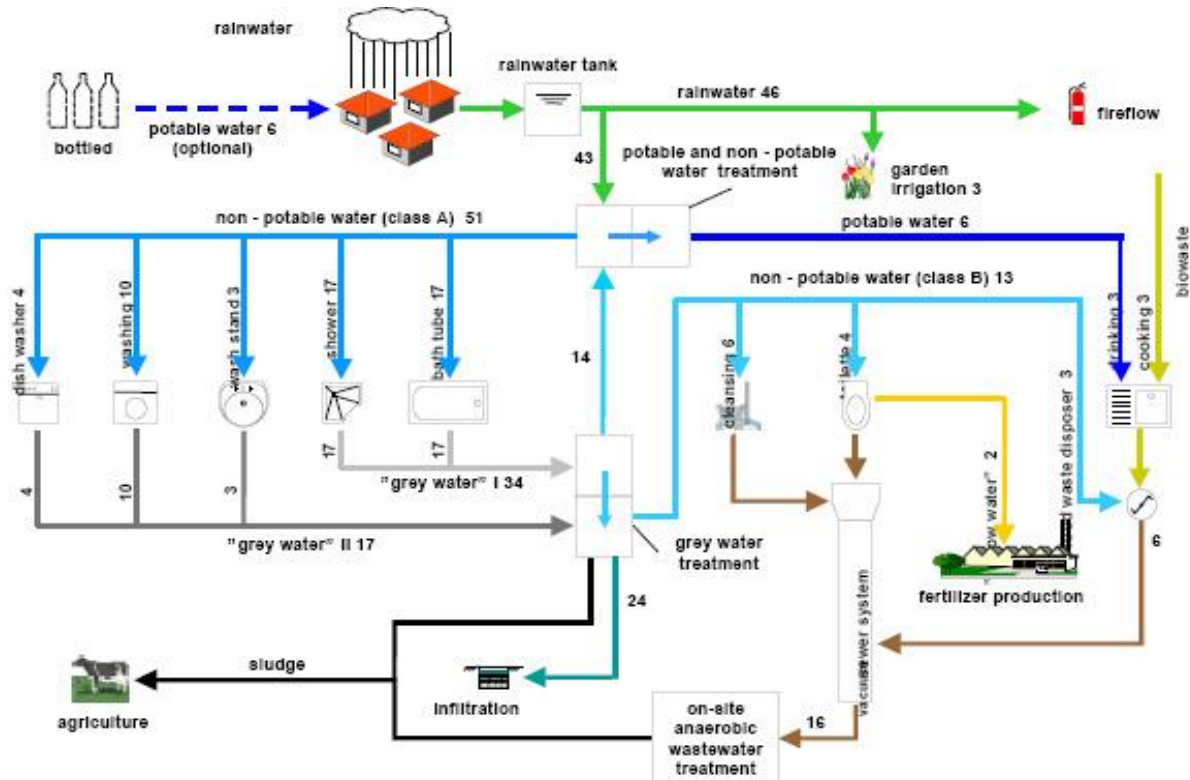
Côtes-d'Armor, extrait du schéma départemental d'alimentation en eau potable (CG 22, 2003).

A la problématique de vieillissement des infrastructures s'ajoute la question de leur mise à niveau ou de leur remplacement lorsque leur capacité doit être augmentée. Avec des effets de seuil : tel lotissement impose de changer un tronçon du réseau d'adduction ; tel autre suppose une augmentation des capacités d'épuration, induisant parfois le remplacement pur et simple de la station. A moins d'imaginer des cycles de l'eau plus courts, en remettant à plat la question des usages.

## 2.2.2 Nouvelles questions sur l'organisation du cycle urbain de l'eau

Pour ce qui concerne l'eau distribuée, l'éventualité de cycles de l'eau plus courts, donc moins gourmands en infrastructures, appelle à se poser la question des usages et des qualités d'eau requises. Depuis plusieurs années l'utilisation d'eau potable dans les chasses d'eau est remise en cause. La question s'étend peu à peu aux eaux de lavages (linge, vaisselle) et suggère, comme Hiessl, une différenciation des eaux et des usages telle que celle-ci :

- « eaux brutes » pour certains process industriels, voire pour de la protection incendie, voire pour des chasses d'eau ;
- « eaux hygiénisées » pour des lavages, voire pour l'hygiène corporelle ;
- « eau potable », dont l'usage deviendrait de facto minimal.



Dans ce schéma proposé par Hiessl, la plupart des usages sont assurés avec une eau non potable (Hiessl, 2003), avec toutefois un distinguo entre « classe B » (chasse d'eau et ménage) et « classe A » (autres usages).

Pour ce qui concerne l'eau utilisée (plutôt que « usée »), un grand nombre de publications soulignent que le mélange des différentes eaux usées n'est pas efficient (Berne 2009) : il génère de fortes consommations d'eau, requise par les chasses ; et les matières fécales contaminent des volumes importants d'eaux peu chargées en bactéries au départ (eaux grises, urines quasi stériles). Ainsi, sur une année, les bactéries contenues dans quelques kg de fèces contaminent quelques centaines de litres d'urines et surtout 15 000 à 30 000 litres d'eaux grises (Jonsson, 2005).

En France, même le modèle d'assainissement non collectif n'a pas résolu ces paradoxes, alors que les réponses sont multiples : toilettes sans eau (en nombre encore très limité en France : quelques milliers de foyers à ce jour) ; gestion différenciée des fèces, des urines (valorisables en irrigation), des eaux grises (plus faciles à épurer que des eaux usées classiques). Nous proposons dans la partie suivante un zoom sur ces nouvelles réponses.

**La question du risque sanitaire**, maîtrisée avec la potabilisation systématique, ré-émerge bien sûr avec ces nouveaux modèles. L'effet de pendule constaté sur les eaux pluviales (*opérations pilotes au cas par cas – puis interdiction en mars 2006 – puis autorisation en août 2008*) révèle l'embaras, légitime, des administrations. Mais un équilibre satisfaisant entre innovation et vigilance doit pouvoir être trouvé. Par exemple, la différenciation des réseaux entre eaux pluviales recyclées et eau potable, aujourd'hui pratiquée sans risque de retours d'eaux pluviales dans le réseau d'adduction, doit pouvoir

être étendue aux eaux grises traitées avec le même niveau de sûreté. Il convient aussi d'observer ces risques à l'aune des autres aspects de la vie quotidienne : une poignée de porte ou des pièces de monnaie présentent à l'évidence un risque de contact avec des bactéries pathogènes plus élevé que des eaux grises traitées épandues en souterrain.

### 3 APRES LES EAUX PLUVIALES, LES EAUX GRISES ET L'ASSAINISSEMENT ALTERNATIF

Bien que la réglementation française ne permette pas encore le recyclage d'eaux grises dans les bâtiments, les pratiques (à l'étranger) et les recherches (en France) montrent les potentialités et la faisabilité de ce recyclage. Or, là où il est appliqué, il nécessite un nouveau modèle d'assainissement, basé sur une séparation à la source.

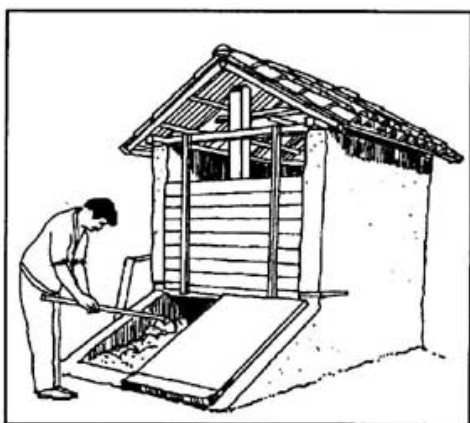
#### 3.1 Recherches en cours sur les eaux grises en France

La qualité intrinsèque de certaines eaux grises (salles de bains en particuliers) et les solutions technologiques de traitement disponibles permettent d'obtenir des qualités d'eau compatibles avec certains usages. Comme pour les eaux pluviales, les risques de retours d'eaux dans les réseaux d'adduction peuvent être maîtrisés. Plusieurs organismes participent actuellement au programme de recherche CYCLEAUX-1 dont l'objectif est de mettre en œuvre des solutions technologiques innovantes dans le traitement des eaux grises, avec deux applications : les bâtiments et les navires de croisières. **Pour les bâtiments, l'objectif est de remplacer au maximum l'eau potable utilisée dans les toilettes par des eaux grises traitées.** En mai 2009 l'Association Scientifique Européenne pour L'Eau et la Santé (ASEES) a organisé un colloque sur ces questions. Deux exposés notamment illustrent la portée des recherches sur le sujet (Chaillou K., 2009 ; Hourlier F., 2009)

#### 3.2 Assainissement différencié : quelques repères.

Pour recycler les eaux grises, il faut les séparer à la source des urines et surtout des fèces pour éviter qu'elles ne soient contaminées. L'assainissement « toutes eaux » est donc dans ce cas remplacé par un assainissement séparatif.

De multiples techniques existent, qu'il est possible de classer sur une échelle allant du « low tech » au « high tech » (Esser, 2008). Les techniques « low tech » comprennent notamment des toilettes sans eau avec dessiccation solaire de la matière fécale (répandu en climat ensoleillé) ou compostage (avec ajout de matière carbonée telle que copeaux de bois ou paille, en plus ou moins grande quantité selon que les urines sont séparées ou non) ; les techniques « high tech » incluent par exemple les toilettes et réseaux sous vide et les digesteurs à biogaz gérant aussi des déchets de cuisine et de tonte et assurant une production d'énergie.



« Low tech » : toilettes à dessiccation solaire, à séparation d'urines (Esrey 1998) ;  
« high tech » : station sous vide pour collecte des eaux de toilettes (Esser 2008).

#### 3.3 Projet pilote pour la Halle Pajol à Paris

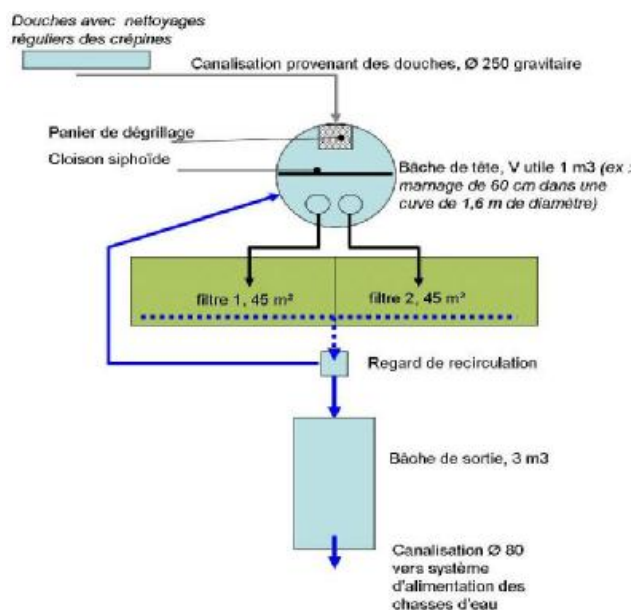
L'équipe de Maîtrise d'œuvre de ce projet, conduite par Jourda Architecte, associe le cabinet In Situ en tant que paysagiste, Sol Paysage pour un projet d'épandage souterrain gravitaire sous le jardin et SINBIO pour un projet de filtres plantés de roseaux. Ce filtre serait dédié au traitement des eaux



grises des salles de bains de l'auberge de jeunesse, et intégré au jardin attenant. Compte tenu de l'emprise disponible, il a été décidé de laisser de côté les eaux de cuisines, trop chargées. Faute de pouvoir à ce jour être autorisées dans le bâtiment, les eaux grises traitées rejoindront l'épandage souterrain, contribuant ainsi aux apports hydriques du jardin (SINBIO, 2009).

#### 4 VERS UN CYCLE DE L'EAU PLUS EFFICACE SUR DES NOUVEAUX QUARTIERS ?

Comme on l'a vu précédemment, rendre le cycle de l'eau plus efficace peut être une réponse à la rareté de la ressource, mais aussi et peut-être surtout aux coûts des infrastructures. La France est sans doute davantage concernée par ce second point que par le premier. Les zones restant à urbaniser sont souvent difficiles à connecter à *coût acceptable* aux infrastructures centralisées, et imposent parfois des renouvellements coûteux sur le patrimoine existant.



##### 4.1 Un exemple d'enjeux forts sur le thème de l'eau : le plateau de SACLAY

Le plateau de Saclay est un cas emblématique **d'impact pratiquement ingérable de l'urbanisation dans le domaine de l'eau, si l'approche reste classique** :

- le plateau domine des vallées déjà très urbanisées et très sensibles aux risques d'inondation ; il est quasi impossible d'y renvoyer des eaux pluviales. Même une régulation à faible débit (3 voire 1 l/s/ha) est remise en cause par les collectivités situées en aval. De fait, la régulation de débit écrête les hydrogrammes mais, en contrepartie, elle prolonge artificiellement les rejets après la pluie. Ces nouveaux « petits ruisseaux » post-pluies peuvent faire de grandes rivières ; en hiver, les pluies se succèdent et, pour chacune, une multitude de petits débits régulés se prolongent et s'additionnent : dans certaines configurations, le risque de crue est paradoxalement accentué (Chocat, 2007). La solution implique donc de limiter les *débits*, mais aussi les *volumes cumulés* ;
- or, l'infiltration des eaux pluviales est délicate : la pédologie du plateau est peu favorable et l'infiltration jusqu'aux sables de Fontainebleau peut générer des résurgences sur les coteaux urbanisés ;
- les eaux usées ne peuvent pas être renvoyées dans les vallées non plus. Ou alors elles rejoindront des réseaux unitaires déjà surchargés, accentuant les risques de surverses dans des cours d'eau déjà pollués et aboutissant à des stations d'épuration déjà très sollicitées.

Ainsi l'urbanisation ne pourra se faire qu'avec de nouvelles approches, sur la base de bilans globaux entre besoins et ressources, y compris, pour ces dernières, la pluie voire les eaux grises : de tels principes, proches des scénarios 2 et 3 ci-après, ont été proposés lors d'une mission de conseil auprès de la Communauté d'agglomération du plateau de Saclay (Re-sources 2009).

##### 4.2 Bilans hydrologiques pour différents modèles de cycle urbain de l'eau

###### 4.2.1 Portée des simulations proposées à ce stade

Les scénarios et calculs ci-après visent à mesurer les enjeux, *en grandes tendances*, à partir d'un cas d'urbanisation fictif. Les scénarios testés restent volontairement simples, dans le but d'être utilisés lors d'ateliers de travail associant des acteurs d'horizons différents, techniciens, élus, etc. Nous restons à ce stade sur une échelle de temps longue (l'année) ; il faut donc bien comprendre la portée et la limite des simulations proposées :

- les événements de pluie intenses et brefs ne sont pas pris en compte par ces simulations à l'année. Des cuves de recyclage d'eaux pluviales ne remplacent pas les bassins de rétention requis pour des pluies courtes et intenses, qui nécessitent les calculs *ad hoc* habituels ;
- pour autant, comme on l'a vu ci-dessus (§ 4.1) la lutte contre les surverses unitaires et contre les

crues de cours d'eau impose de limiter les *volumes totaux*, et pas seulement les débits de pointes à le recyclage d'eaux pluviales entre ici en jeu dans le bilan hydrologique, sur le même mode que l'infiltration ou l'évapotranspiration : pas d'impact sur les fortes pluies, mais effet cumulatif intéressant, en diminuant les *volumes* à gérer en aval.

#### 4.2.2 Méthode et description des scénarios

Les bilans « entrée – sortie » ci-après sont calculés pour un quartier fictif présentant les caractéristiques suivantes : emprise de 100 ha, surface active de 50 ha ; 800 mm de pluie par an dont 20% de pertes ; 40 logements à l'hectare et 2,5 habitants par logement soit 10 000 habitants ; besoins en eau de 100 litres par habitant et par jour (scénarios 0,1, 2), ou 75 litres sans les chasses d'eau (scénario 3). Les scénarios proposés sont les suivants :

- scénario 0 : le scénario classique ;
- scénario 1 : utilisation d'eaux pluviales ;
- scénario 2 : recyclage d'eaux grises, l'avantage étant de disposer d'une ressource plus régulière, mais faisant appel à des techniques plus poussées ;
- scénario 3 : recyclage d'eaux grises, utilisation d'eaux pluviales hygiénisées pour la totalité des besoins en dehors de la consommation et suppression des chasses d'eau. Dans ce scénario, les eaux excédentaires (pluviales et grises) sont envoyées dans des espaces d'infiltration et évapotranspiration (saulaies par exemples), permettant de réduire encore les volumes à gérer en aval et fournissant d'autres potentialités (énergie en bois – plaquettes, parcs forestiers etc.).

#### 4.2.3 Volumes d'eaux pluviales produits et estimation des besoins

la pluie		Les besoins 10000 habitants					
Surface active	50 ha						
Préc. Annuelle	800 mm	volume chasse d'eaux	volume laves linge + lave vaisselle + arrosages	total	salle de bain	cuisine	total
pertes	20%	25 l/j/EH	23 l/j/EH	48 l/j/EH	40 l/j/EH	12 l/j/EH	52 l/j/EH
scénario 0	320 000 m3/an	91 250 m3/an	83 950 m3/an	175 200 m3/an	146 000 m3/an	43 800 m3/an	189 800 m3/an
scénario 1							
scénario 2							
scénario 3							

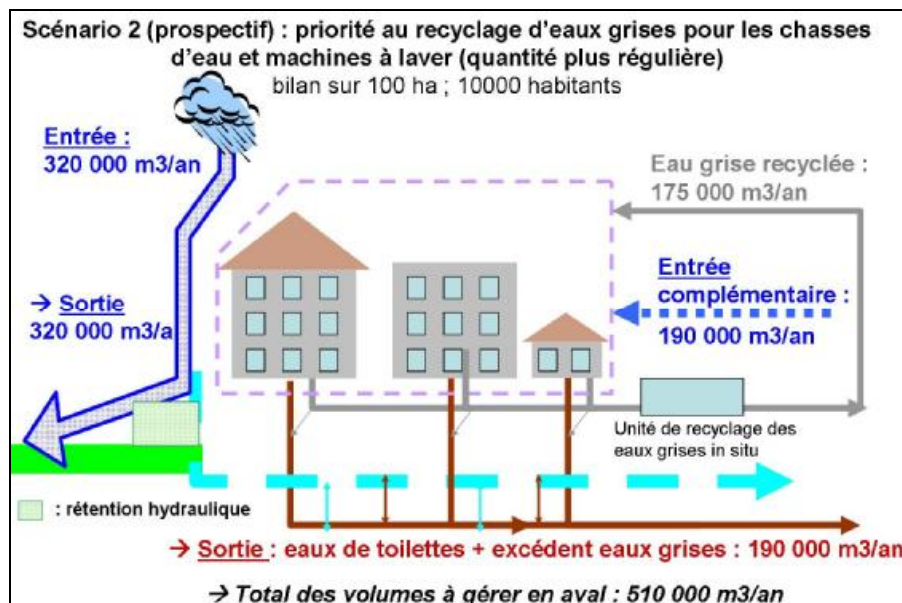
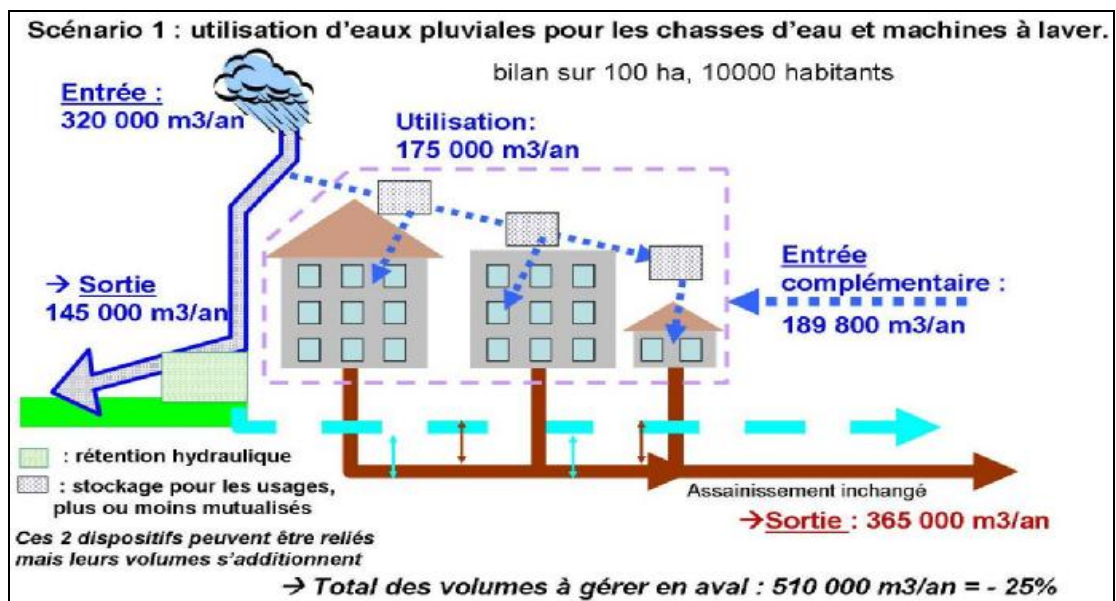
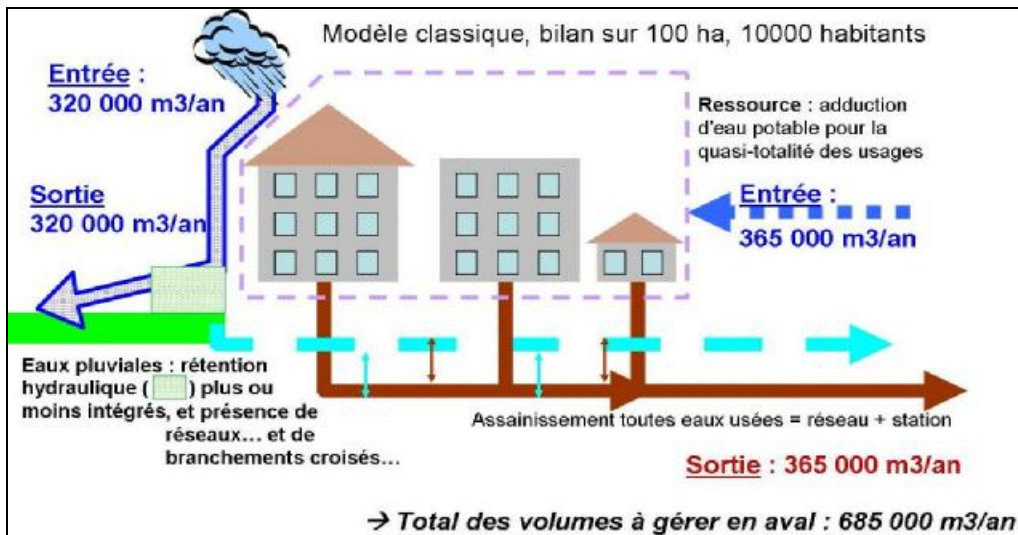
#### 4.2.4 Synthèse des résultats

volume entrée				volume sortie		
Volume EP utilisé	Volume eaux grises recyclable	Volume eaux grises recyclé (sauf sdb cuisine)	complément adduction	PLUIE excédentaire	EAUX DOMESTIQUES excédentaires	TOTAL
0 m3/an	0 m3/an	0 m3/an	365 000 m3/an	320 000 m3/an	365 000 m3/an	685 000 m3/an
175 200 m3/an	0 m3/an	0 m3/an	min 189 800 m3/an	144 800 m3/an	365 000 m3/an	509 800 m3/an
			max 360 000 m3/an			
0 m3/an	273 750 m3/an	175 200 m3/an	189 800 m3/an	320 000 m3/an	189 800 m3/an	509 800 m3/an
189 800 m3/an	273 750 m3/an	83 950 m3/an	faible	130 200 m3/an	189 800 m3/an	320 000 m3/an

La colonne de droite montre que les scénarios 1 et 2 diminuent de 25% les volumes d'eau à gérer en « sortie » ; le scénario 3 les diminue de 50%, tout en rendant le quartier « autosuffisant » (faibles besoins en adduction dans des régions à pluviométrie régulière). Le scénario 3 peut réduire davantage les volumes sortants en fonction des capacités d'infiltration et d'évapotranspiration in situ.

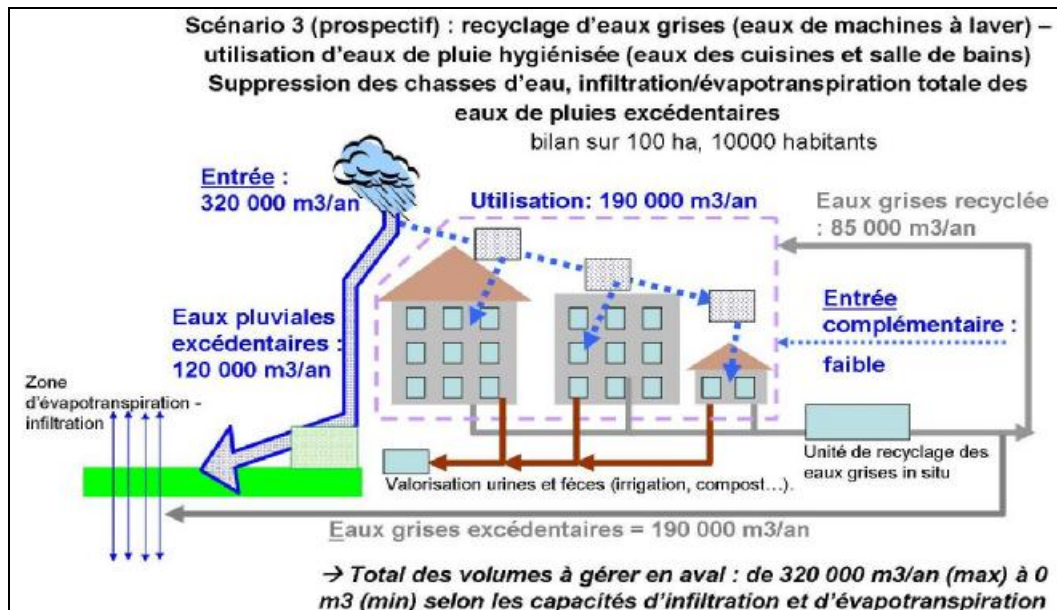
#### 4.2.5 Schémas de synthèse des scénarios

Dans les schémas qui suivent, on visualise d'une part les entrées : eaux de pluie à gauche, adduction à droite (pointillé), eaux grises éventuellement recyclées ; d'autre part les sorties : eaux de pluies infiltrées ou gérées dans l'espace public à gauche (à défaut vers les réseaux en bleu ou gris clair pointillé), eaux usées (brun ou gris foncé continu), eaux grises (gris clair continu).



Scénarios 0, 1, 2, tendance sur une année : avec les scénarios 1 et 2, le volume d'adduction diminue de moitié et les volumes globaux à gérer en aval (pluvial + eaux usées) diminuent de 25%. Le recyclage d'eaux grises (scénario 2) fournit une ressource plus régulière que le recyclage d'eaux pluviales (scénario 1).





Scénario 3 : les apports d'eau potable et les volumes globaux annuels à gérer en aval sont réduits de plus de 50% par rapport au scénario 0, grâce au double recyclage : eaux grises + eaux pluviales.

Dans le cas du scénario 3, le projet tend à être autosuffisant. Au-delà de son caractère prospectif, la faisabilité d'un tel scénario doit bien sûr être vérifiée au cas par cas, notamment sur trois aspects :

- la simulation plus fine de séries de pluies, pour calibrer les volumes de stockage d'eaux pluviales dédiés à la réutilisation. Ces volumes sont d'autant plus réduits que la pluviométrie est répartie sur l'année, comme en climat océanique ; ils deviennent plus difficiles à rentabiliser sous des régimes pluviométriques plus contrastés, présentant des périodes sèches longues, et pour lesquels le recyclage d'eaux grises représente dès lors un enjeu plus important (scénario 2) ;
- les bilans hydrologiques des dispositifs d'évapotranspiration – infiltration (cf. § 4.3), qui doivent là aussi être travaillés sur des séries historiques de pluie dans la mesure où les petites pluies et les périodes sèches entre les pluies ont autant d'importance que les pluies fortes ;
- le calcul, selon les méthodes habituelles, des volumes-tampons *hydrauliques* requis pour les fortes pluies en amont des dispositifs d'évapotranspiration – infiltration.

#### 4.3 Destinations finales des eaux

Les schémas ci-dessus récapitulent les volumes à gérer « en aval » des opérations. Dans le scénario 3, ces volumes sont diminués de plus de la moitié par rapport au scénario 0. Il est donc envisageable d'étudier des scénarios de restitution par irrigation – évapotranspiration – infiltration : irrigation agricole si des exploitations sont suffisamment proches, arrosages d'espaces publics, irrigations *ad hoc* de saulaies... Ces dernières peuvent offrir une source d'énergie en bois – plaquettes, comme on le voit aujourd'hui pour des eaux épurées lorsque ces eaux ne sont pas acceptables par les cours d'eau (SINBIO 2010). Dans le scénario 3 ci-dessus, une zone irriguée de 10 ha (10% des 100 ha bâtis) permet d'évapotranspirer le volume d'eau excédentaire sur les 6 mois d'été hydrologique (sans compter la contribution de l'infiltration). En hiver, sauf pédologie très favorable, des exutoires de surface restent nécessaires.

### 5 CONCLUSION - PERSPECTIVE

Dans ce qui précède, nous interrogeons le cycle urbain de l'eau, avec un point d'entrée particulier. L'enjeu que nous mettons en avant est en effet le renouvellement et la mise à niveau des équipements requis par le « cycle urbain de l'eau classique ». Plus que la question de la ressource, c'est cette question du coût des équipements qui impose de nouvelles approches. Il sera donc de plus en plus nécessaire, y compris en France et à l'image de ce qui se fait aujourd'hui dans de nombreux pays, de coupler les différents types d'eaux et d'usages, avec toute la maîtrise technique et l'organisation que cela implique. Le cas du plateau de Saclay est emblématique puisqu'il fait partie des secteurs de développement de la métropole parisienne ; or, même si la ressource elle-même n'y fait pas défaut, son **urbanisation semble impossible sans une approche alternative de**

***l'ensemble du cycle de l'eau.*** Des simulations sur une année montrent que l'utilisation d'eaux pluviales et d'eaux grises traitées peuvent diminuer de 50% les volumes d'eau à gérer en aval des villes. De plus, ce volume restant peut être en partie géré in situ en arrosage – irrigation.

Un autre domaine est concerné *de facto* par cette approche : celui du cycle de la matière organique et des nutriments. Ce cycle peut en effet être lui aussi « raccourci » (voir notamment Vinneras, 2001). Les boues d'épuration de grandes agglomérations parcourent des dizaines de kilomètres dans les réseaux et y sont contaminées par des métaux lourds issus du ruissellement ; des cycles plus courts évitent ces contaminations, rendent possibles une valorisation des nutriments (compost) et réduisent le bilan carbone. Séparées à la source et utilisées en irrigation, les urines, stériles, échappent aussi aux kilomètres de réseaux et sont valorisées pour leurs nutriments. Le domaine de l'eau se trouve ainsi couplé à celui des matières solides... et de l'énergie, comme on l'a vu avec l'exemple du saule en bois-plaquette. L'ensemble « cycle de l'eau – cycle des matières – énergie » peut être un tremplin pour diminuer les coûts et réduire l'empreinte écologique globale de nouveaux quartiers.

## BIBLIOGRAPHIE

- IRCSA (International Rainwater Catchments System Association) (2001). International Rainwater Catchments System Conferences. 10<sup>e</sup> conférence à Mannheim, 10 – 14 septembre 2001
- Pays de Rennes (2006), Guide de l'Urbanisme et de l'habitat durables, Pays de Rennes, fiches de cas sur des projets d'utilisation d'eaux pluviales lancés à Chantepie dès 2001, Vezin le Coquet en 2002, Langouët en 2003.
- Graie (1992 – 2009) Cycles de conférences sur les eaux pluviales et l'aménagement urbain et conférences Novatech.
- Saegrev S. et Schilling W. (2004) Computer Aided Rehabilitation for Sewer and Storm Water Networks (CARES), In : 2nd International Congress on advanced management of urban drainage, Barcelone, 2004.
- Hiesl, H., Toussaint D., Becker M., Dybusch A., Geisler S., Herbst H., Prager J. U. (2003): Alternativen der kommunalen Wasserversorgung und Abwasserentsorgung – AKWA 2100. Physica-Verlag Heidelberg, 2003.
- Conseil Général des Cotes d'Armor (2003), Schéma d'Alimentation en Eau potable des Cotes d'Armor
- Jost G., Gaulmé E., Ricard B., Lanthier S., Jaquinet A., Valorisation environnementale d'un dispositif de gestion des eaux pluviales sur une opération de 172 hectares (Reims) - Analyse de la genèse du projet, Novatech 2010.
- Berne B., (2009) Cycle de formations sur l'assainissement alternatif, documents supports des formations, Association toilettes du monde.
- Jonsson H., Baky A., Jeppsson U., Hellstrom D., Karrman E., (2005) Composition of urine, faeces, greywater and biowaste, report 2005:6, Chalmers University of Technology, Sweden.
- Chaillou K., Wolbert D., Le Coent D., Jaglin J-L., Vincent E., Gerente C., Aandres Y. (2009) Caractérisation des eaux grises de salle de bains et leur réutilisation à usage sanitaire, In : colloque de l'Association Scientifique Européenne pour L'Eau et la Santé, Aix en Provence, Mai 2009
- Chocat B. (2006). Conférence sur la gestion des eaux pluviales - réunion de la Commission Locale de l'Eau du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux de la Baie de Saint Briec - Mercredi 22 novembre 2006
- Hourlier F., Masse A., Jaouen P., Lakel A., Gerente C., Faur C., Le Cloirec. P. (2009) Nanofiltration des eaux grises en vue de leur réutilisation à l'intérieur du bâtiment, In : colloque de l'Association Scientifique Européenne pour L'Eau et la Santé, Aix en Provence, Mai 2009
- Esser D. (2008), Assainissement du complexe hôtelier et de logement de Las Casas Olmecas au Mexique, étude de scénarios. Exposé power point, 2008
- Esrey et al. (1998) Ecological Sanitation, SIDA
- SINBIO, (2009). Phase Projet – Halle Pajol – épuration d'eaux grises par filtres plantés de roseaux.
- Re-sources, (2009). Assistance à Maîtrise d'Ouvrage "développement durable" auprès de la CAPS pour les projets d'urbanisation des secteurs Est du plateau, quartier Camille Claudel.
- Vinneras, B. (2001) Faecal separation and urine diversion for nutrient management of household biodegradation of waste and wastewater, report 244, Swedish university of agriculture sciences, Department of Agricultural Engineering
- Mehlhart G., Zwerenz A., Bernhardt H-G., Büst B., Büttner R., Kimmich S., Nolde E., Weber B., Zeisel J. (2005) Greywater recycling, fbr – Information Sheet H 201, Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V. (fbr), Darmstadt, 2005
- SINBIO, (2010). Saint Sulpice la Forêt – 35, station d'épuration par filtres plantés de roseaux pour 2000 habitants suivie d'une saulaie de 1,2 ha, mise en service en mars 2010. Mémoire explicatif.