

## **Une approche prospective de la diffusion des pratiques d'utilisation de l'eau de pluie en Ile-de-France**

A prospective approach to the dissemination of rainwater use practices in the French département of Ile-de-France

Ali Belmeziti\*, Bernard de Gouvello\*\*

Université Paris Est -Ecole des Ponts Paris Tech-

\* LEESU (Laboratoire Environnement Eau Systèmes Urbains),

\*\* LEESU, CSTB (Centre Scientifique et Technique des Bâtiments).

6 - 8 avenue Blaise Pascal, Cité Descartes -Champs sur Marne-77455 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX. Tél : 01.64.15.36.28

belmezia@cereve.enpc.fr; bernard.degouvello@cereve.enpc.fr

### **RÉSUMÉ**

La pratique de récupération et d'utilisation de l'eau de pluie en milieu urbain est aujourd'hui en plein développement en France comme dans le monde entier. Plusieurs études sont focalisées sur l'échelle de la parcelle (bâtiment) avec l'objectif de démontrer les avantages et les limites de cette pratique. Toutefois, très peu se sont intéressées à une échelle plus grande que celle de la parcelle. Le but de ce papier est d'étudier la récupération et l'utilisation de l'eau de pluie et sa diffusion à l'échelle de la région Ile-de-France. Pour cela, nous proposerons dans un premier temps, une méthodologie basée sur 3 modèles qui se complexifient progressivement. Ensuite, nous détaillerons le premier modèle qui montre un potentiel de récupération de 38% par rapport aux besoins en eau potable de la région. Enfin, nous aborderons le deuxième modèle qui montre la diminution sensible du potentiel précédent dès qu'on installe des cuves de stockage en adéquation avec les caractéristiques des bâtiments de la région.

### **MOTS CLÉS**

Bâtiment, Eau potable, Ile-de-France, Typologie urbaine, Utilisation d'eau de pluie

### **ABSTRACT**

The practice of recovering and using rainwater in urban areas is now growing fast in France as well as across the whole world. Several studies have focused on the scale of this portion (building) with the aim of demonstrating the benefits and limitations of this practice. However, very few have focused on a larger scale than the portion. The purpose of this paper is to study the recovery and use of rainwater and its dissemination across the region of Ile-de-France. For this, we propose as a first step, a methodology based on 3 models that progressively grow in complexity. Then we will provide more detail on the first model that shows a potential recovery of 38% in comparison with the drinking water needs of the region. Finally, we will discuss the second model that shows a visible drop in the potential of the previous one as soon as storage tanks are installed in line with the characteristics of the buildings in the region.

### **KEYWORDS**

Building, drinking water, Ile-de-France, urban typology, use of rainwater

## INTRODUCTION

L'utilisation de d'eau de pluie comme une ressource alternative à l'eau potable est actuellement l'objet d'un intérêt croissant. En effet, l'émergence récente d'une réglementation française spécifique (arrêté du 21 Août 2008) autorisant son utilisation à l'intérieur des bâtiments pour certains usages, le développement de mécanismes d'incitations financières mis en place par les pouvoirs publics (aide financière, crédit d'impôt,...) et la sensibilité environnementale croissante des citoyens, sont des facteurs qui contribuent à valoriser cette ressource.

Objet de nombreux débats dans le monde entier, l'utilisation de l'eau de pluie est présentée par les associations environnementales et les pouvoirs publics comme un moyen de diminuer la consommation de l'eau potable, dans un contexte où l'irrégularité climatique met en évidence l'intérêt de disposer d'une alternative à l'eau potable pour continuer à répondre aux besoins des différents usages. De plus, l'aspect économique est présent, car cette pratique permet de réduire la facture de l'eau des usagers. Enfin l'utilisation de l'eau de pluie est présentée comme une technique pour diminuer la pression sur le réseau d'assainissement par temps de pluie grâce au volume d'eau retenu dans les citernes [Coombes et al 2002 ; Hermann et al 1999].

Cependant, certains acteurs se sont montrés réservés, en pointant notamment les risques sanitaires de cette utilisation si elle n'est pas soumise à un contrôle sérieux de la part d'un service compétent [de Gouvello et al 2005]. D'autres mentionnent aussi l'inégalité sociale à l'accès à un service collectif. [Prevedello 2005]

Ce travail s'inscrit dans un projet plus global nommé « *SR-Util* » (pour Scénarii de Récupération-Utilisation). « Le projet SR-Util vise à élaborer puis à tester auprès des professionnels de la ville en Île-de-France plusieurs scénarii de diffusion possible des installations de récupération et d'utilisation d'eau pluviale. Ces scénarii seront élaborés à travers l'étude de terrains communs représentatifs de différents modes de vie urbaine. Ils intégreront des analyses des enjeux sanitaires, sociétaux et des impacts économiques relatifs au développement des pratiques de récupération et d'utilisation de l'eau pluviale, observables en région francilienne.»<sup>1</sup>.

## 1 PROBLEMATIQUE ET METHODOLOGIE DE RECHERCHE : VERS UNE GENERALISATION DE LA PRATIQUE DE RECUPERATION ET D'UTILISATION D'EAU DE PLUIE A L'ECHELLE DE LA REGION ILE-DE-FRANCE

Nous expliquons dans cette section, la méthodologie que nous proposons pour élaborer les scénarii de diffusion de l'utilisation de l'eau de pluie dans le contexte francilien.

Pour cela, nous relevons deux problématiques spécifiques à cette étude. Il s'agit de la problématique de *l'articulation entre échelles*, sachant que nous tentons d'élaborer ces scénarii à l'échelle de la région, alors que la récupération de l'eau de pluie est une pratique qui se déroule à l'échelle de la parcelle. Pour y répondre, nous proposons une méthodologie basée sur les différents modes de découpage du tissu urbain de la ville (administratif, urbanistique, historique, fonctionnel), autrement dit nous proposons des échelles intermédiaires entre celle de la parcelle et celle de la région. Notre objectif est d'étudier ce phénomène urbain à l'échelle de la parcelle et de remonter jusqu'à l'échelle de la région à l'aide de ces différentes *échelles intermédiaires*, car un passage direct engendre beaucoup d'erreurs, au regard du grand écart entre eux (la parcelle et la région) et aussi au regard de l'hétérogénéité entre les parcelles de la même région des points de vue fonctionnel (plusieurs fonctions des bâtiments,...), urbain (imbrication des parcelles entre elles,...), et juridique (domaine public, domaine privé,...),....

La deuxième problématique que nous relevons est liée à *la généralisation de la pratique de récupération d'eau de pluie*. En effet, malgré la simplicité de son principe de base, la récupération d'eau de pluie comme phénomène urbain pose un certain nombre d'enjeux en regard de sa généralisation à l'échelle de la région, notamment :

- *au niveau de la production et de la distribution de l'eau potable*. Le producteur de l'eau potable ne dispose pas de l'information précise sur la quantité de l'eau de pluie que va utiliser son abonné, ni la période de cette utilisation.

---

<sup>1</sup> Pour plus d'information : <http://www.r2ds.centre-cired.fr/spip.php?article200>

- *au niveau de la standardisation des systèmes de récupération.* Chaque bâtiment est un exemple unique et donc des caractéristiques spécifiques, ce qui rend la modélisation de ces dispositifs complexe et nous oblige à étudier chaque dispositif à part et selon le contexte urbain où il sera implanté.

- *au niveau de la gestion du système de récupération.* Habituellement, l'usager n'est responsable que de son installation d'eau potable interne au bâtiment, laquelle se résume à un ensemble de tuyaux de distribution, alors qu'avec un dispositif de récupération il doit gérer un mini-système complet d'approvisionnement en eau (récupération, traitement, stockage et distribution).

- *au niveau de l'organisation des acteurs.* Comme toutes les nouvelles pratiques urbaines, la récupération d'eau de pluie nécessite une adaptation de la part des différents acteurs.

Cependant, au regard de la complexité de cette problématique de diffusion de la pratique de récupération et d'utilisation d'eau de pluie (articulation entre échelles, enjeux divers), nous proposons une méthodologie reposée sur plusieurs modèles qui se complexifient au fur et à mesure de l'avancement de notre étude. En effet le grand nombre de facteurs et leur nature hétérogène nous ont guidé à proposer une méthodologie basée sur 3 modèles comme suite :

- *Le premier modèle* décrit le potentiel de récupération d'eau de pluie en l'Ile-de-France. Ce modèle considère la totalité des bâtiments de la région et il ne met aucune contrainte en termes de stockage. Dans ce modèle on s'intéresse à la toiture comme la seule propriété du bâtiment, qui intervient dans l'opération de récupération d'eau de pluie. Il s'agit ici de déterminer le *potentiel pluviométrique de récupération* de l'Ile-de-France. Nous nous basons sur le modèle utilisé par Enedir Ghisi au Brésil et appliqué au secteur résidentiel de 62 villes de la région Santa-Catarina au sud du Brésil [Ghisi et al 2006].

- *Le deuxième modèle* décrit la capacité de récupération envisageable. On envisage dans ce modèle d'équiper chaque type de bâtiment par la solution technique de récupération adéquate. Autrement dit, nous déterminons les volumes et les types de cuves de récupération en fonction des caractéristiques de chaque type de bâtiment (les besoins en eau de pluie, le nombre d'usagers, ...).

- *Le troisième modèle* décrit le niveau de diffusion de cette pratique de récupération d'eau de pluie. Et cela en ajoutant d'autres paramètres économiques et sociaux (retour sur investissement, niveau socio-économique, ...) qui conditionnent la diffusion de cette technique urbaine. Pour ce modèle, il s'agit de chercher les causes réelles qui poussent un décideur d'équiper son bâtiment par un système de récupération d'eau de pluie.

Dans cet article, nous détaillerons le premier modèle, qui consiste à déterminer le potentiel pluviométrique de récupération d'eau de pluie à l'échelle de la région Ile-de-France. Ensuite nous aborderons le deuxième modèle qui consiste à déterminer la cuve de stockage selon les caractéristiques du bâtiment.

## 2 POTENTIEL PLUVIOMETRIQUE DE RECUPERATION EN ILE-DE-FRANCE : CALCUL ET COMPARAISON (MODELE I)

### 2.1 Calcul du potentiel pluviométrique de récupération

Nous calculons ici, la quantité maximale (potentiel pluviométrique de récupération) d'eau de pluie récupérable en Ile-de-France. Ce modèle est basé sur la formule suivante :

$$\text{Le potentiel (m}^3\text{)} = \text{la surface des toitures (m}^2\text{)} \times \text{la pluviométrie (mm)} / 1000$$

\* *Le potentiel* : il s'agit de calculer la quantité de l'eau de pluie qui tombe sur toutes les toitures des bâtiments de la région « Ile-de-France ». Dans ce modèle nous faisons les hypothèses suivantes :

- tous les bâtiments de la région sont aptes à récupérer l'eau de pluie qui tombe sur leurs toitures.
- nous avons les moyens (cuves de stockage) nécessaires pour stocker toute l'eau de pluie récupérée.

\* *la surface des toitures* : il s'agit de la somme de toutes les toitures des bâtiments de la région Ile-de-France (cette surfaces est estimée à 468 790 000 m<sup>2</sup>)<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Cette donnée est disponible sur le site : <http://eider.ifen.fr/Eider/tables.do#>. Il s'agit de l'enquête "Utilisation du territoire - TERUTI-LUCAS". Producteur : Ministère chargé de l'Agriculture

\* *la pluviométrie* : on utilise la moyenne de 30 années (1976-2005) de données quotidiennes de précipitation sur Paris-Montsouris.

Les résultats de l'application de ce modèle ramené à l'échelle d'une année (644 mm/an en moyenne) sont les suivants :

Au niveau de la région, un potentiel pluviométrique de plus de 300 millions m<sup>3</sup>/an est possible grâce à la récupération de l'eau de pluie. En comparaison avec la consommation en eau potable qui dépasse les 790 millions m<sup>3</sup>/an, la région francilienne serait capable de couvrir 38% de ses besoins en eau grâce à l'utilisation de la totalité de son eau de pluie qui tombe sur les toitures de ses bâtiments. Cette situation générant une baisse de prélèvement de 31% d'eau destinée à l'usage domestique.

## 2.2 Comparaison entre le potentiel pluviométrique de récupération et les besoins en eau non potable

Dans cette section, nous comparons le potentiel pluviométrique de récupération précédent et les besoins en eau non potable de la région «Ile-de-France». Pour notre étude, nous considérons comme besoins en eau non potable, les besoins d'arrosage des jardins et les besoins en alimentation des chasses d'eau des toilettes (WC).

- *Besoin d'arrosage* : il s'agit des jardins associés aux bâtiments. En raison d'absence de ce type d'information, nous avons considéré comme surface à arroser celle de la parcelle sans la surface d'emprise au sol du bâtiment (surface à arroser = la surface de la parcelle – la surface d'emprise au sol du bâtiment)<sup>3</sup>. Pour cela, nous avons utilisé un outil de simulation mis au point par la Direction de l'eau du conseil général Hauts-de-Seine (92). Les besoins d'arrosage dans cet outil sont déterminés sur la base de l'arrosage quotidien (pour une période de 5 mois : entre Mai et Septembre) théorique du gazon (en utilisant leur coefficient de l'évapotranspiration potentielle) et de 30 années (1976-2005) de données quotidiennes de précipitation et d'ETP sur Paris. [Guillon et al 2008]

- *Besoin d'alimentation des chasses d'eau des toilettes (WC)* : il s'agit des besoins sanitaires utilisés pour le rinçage des toilettes. Le calcul a été fait sur la base de 28 L/jour/habitant (selon C.I.Eau)<sup>4</sup>.

Les résultats de cette comparaison (potentiel pluviométrique et les besoins non potable) sont représentés dans le tableau suivant :

	Potentiel pluviométrique de récupération (m <sup>3</sup> /an)	Besoins en eau non potable : Arrosage + WC		
		Besoins réels en eau non potable (m <sup>3</sup> /an)	Potentiel relatif au besoin (arrosage + WC) (m <sup>3</sup> /an)	Taux de recouvrement
<b>Ile-de-France</b>	<b>301 853 881</b>	<b>460 872 503</b>	<b>301 436 900</b>	<b>65 %</b>
Paris (75)	19 265 488	31 903 024	19 264 348	60 %
Hauts-de-Seine (92)	24 893 174	36 892 239	24 888 185	67 %
Seine-Saint-Denis (93)	32 304 463	45 224 875	32 282 229	71 %
Val-de-Marne (94)	34 042 993	38 627 748	33 995 707	88 %
Seine-et-Marne (77)	67 068 624	98 803 439	66 863 179	67 %
Yvelines (78)	40 449 798	83 641 086	40 381 519	48 %
Essonne (91)	44 680 221	70 834 919	44 573 984	62 %
Val-d'Oise (95)	39 149 120	55 067 070	39 065 488	70 %

Tableau 1. Comparaison entre le potentiel pluviométrique de récupération et les besoins en eau non potable à l'échelle de l'Ile-de-France et ses départements.

<sup>3</sup> Cette hypothèse est majorante.

<sup>4</sup> <http://www.cieau.com/toutpubl/sommaire/texte/6/f61.htm>

Grâce à l'eau de pluie récupérée, on pourrait satisfaire 65% des besoins de la région «Ile-de-France» en arrosage des jardins et alimentation des chasses d'eau des toilettes.

A l'échelle des départements, Paris et Yvelines, présentent des taux de recouvrement les plus faibles. En effet les deux départements présentent des tissus urbains différents : la majorité du tissu urbain de Paris est un habitat collectif, alors le taux de recouvrement en eau de pluie est relativement faible par rapport aux besoins d'alimentation des chasses d'eau des toilettes, car un bâtiment collectif se caractérise par sa faible surface de collecte en comparaison avec la grande consommation en eau destinée à l'alimentation des chasses d'eau des toilettes. En revanche le tissu urbain de Yvelines est composé essentiellement de l'habitat individuel, qui se caractérise par une grande surface de jardin à arroser, donc un taux de recouvrement relativement faible par rapport aux besoins d'arrosage.

### Conclusion partielle

Bien que ce premier modèle nous a donné une idée générale de la capacité de l'Ile-de-France en récupération d'eau de pluie, ce modèle est loin d'être réaliste. En effet, les bâtiments de la région ne sont pas tous aptes à récupérer l'eau de pluie, de plus ils n'ont pas les mêmes capacités de récupération ni les mêmes besoins en eau non potable et enfin les décideurs ne sont pas tous prêts à installer une cuve de récupération dans leur bâtiment.

Pour toutes ces raisons, il nous semble nécessaire d'améliorer ce modèle par une approche spécifique qui prend en compte plus de paramètres. Nous allons intégrer certains de ces paramètres (de nature technique) dans un deuxième modèle qui fera l'objet de la partie suivante.

## 3 LE CHOIX DU VOLUME SELON LES CARACTERISTIQUES DU BATIMENT : APPLICATION RESTREINTE (LE MODELE II)

Pour ce modèle, il s'agit de définir le volume de la cuve le plus adapté par rapport aux caractéristiques techniques (surface de toitures, besoins en eau non potable,...) et urbaines (type et fonction) du bâtiment.

### 3.1 Première approche « la même cuve pour toutes les typologies de bâtiments » : application sur la région Ile-de-France.

Dans cette section, nous calculons le potentiel de récupération d'eau de pluie à l'échelle de la région Ile-de-France, mais cette fois en prenant en compte *la présence de cuves de stockage*. Ce calcul a pour objectif, en préalable à l'élaboration du second modèle à proprement parler de disposer d'une première appréciation de l'écart entre le potentiel *pluviométrique* de récupération d'eau de pluie (où toute l'eau collectée serait utilisable) et le potentiel *technique* de récupération (c'est le potentiel où seule l'eau stockée dans des cuves serait utilisable).

Pour faire ce calcul, nous avons élaboré les hypothèses suivantes :

- Une cuve de récupération est installée pour chaque parcelle bâtie de la région.
- Tous les bâtiments de la région sont aptes à récupérer l'eau de pluie.
- Tous les bâtiments ont besoin d'une même cuve de récupération (à chaque fois, on teste le même volume de la cuve pour tous les bâtiments).

Nous utilisons de nouveau les 30 années de données quotidiennes de précipitation sur Paris (1976-2005).

Plusieurs simulations ont été réalisées à partir des 7 valeurs différentes de stockage proposées par de Gouvello dans le cadre d'une étude portant sur la récupération d'eau de pluie à l'échelle d'un lotissement [de Gouvello et al 2008]. Ces valeurs correspondent, d'une part, à une analyse du marché et de l'existant, et d'autre part, aux deux types d'usage facilement envisageables au regard de la réglementation existante :

- l'arrosage du jardin uniquement, correspondant à des cuves de petite taille (500L, 1000L, 1500L),
- l'ensemble arrosage + WC, correspondant à des cuves de tailles plus importantes (2000L, 3000L, 4000L, 5000L).

Les résultats de l'application de ce modèle sont synthétisés dans le tableau suivant : celui-ci indique le potentiel technique de récupération d'eau de pluie à l'échelle de la région Ile-de-France pour chacun des différents volumes de cuves testés.

<b>Région Ile-de-France</b>			
	Besoin en eau de pluie (m <sup>3</sup> /an)	Potentiel avec cuves de stockage (m <sup>3</sup> /an)	Taux de recouvrement
Une cuve de 500 L « pour arrosage »	343 349 011	24 541 930	07 %
Une cuve de 1000 L « pour arrosage »	343 349 011	37 795 616	11 %
Une cuve de 1500 L « pour arrosage »	343 349 011	46 885 568	14 %
Une cuve de 2000 L « pour arrosage +WC »	460 872 503	128 480 359	28 %
Une cuve de 3000 L « pour arrosage +WC »	460 872 503	141 643 190	31 %
Une cuve de 4000 L « pour arrosage +WC »	460 872 503	150 973 602	33%
Une cuve de 5000 L « pour arrosage +WC »	460 872 503	158 639 752	34 %

Tableau 2. Comparaison entre les besoins en eau non potable et le potentiel de récupération à l'échelle de l'Ile-de-France «le cas de la même cuve pour tous les bâtiments»

Dans le cas de cuves destinés à l'arrosage seul, le taux de recouvrement varie entre 7 et 13% selon le volume de la cuve considérée. En cas d'usages combinés (arrosage + WC), ce taux de recouvrement varie entre 27 et 34% selon le volume de la cuve considérée.

Nous constatons le grand écart entre les taux de recouvrement fourni par le premier modèle basé sur l'hypothèse de stocker toute l'eau de pluie qui tombe sur les toitures des bâtiments de la région, et le calcul ci-dessus basé sur la mise en place de cuves. Dans le cas du premier modèle, le taux de recouvrement est très élevé (jusqu'à 65% de taux de recouvrement par rapport aux besoins d'arrosage et WC de l'Ile-de-France). Par contre, ce taux est relativement faible dans le cas d'installation des cuves de stockage (il ne dépasse pas 35% dans le cas d'installation des cuves de 5m<sup>3</sup> dans toutes les parcelles bâties de l'Ile-de-France). Cet écart s'explique par le trop plein des cuves, négligé dans le premier modèle mais pris en compte dans le second calcul (l'eau débordant des cuves ne peut pas être utilisée).

Cependant, la fourchette de valeur pour le taux de recouvrement obtenu par ce second calcul (7 à 34% selon la taille de la cuve), si elle est indicative, doit être considérée avec précaution. En effet, les volumes de cuves sélectionnés pour les simulations ont été établis pour de l'«habitat individuel» seulement, alors que la région est constituée d'un mélange hétérogène de types d'urbanisation. L'extension des volumes adaptés à l'habitat individuel aux autres types d'urbanisation constitue donc une approximation. Celle-ci apparaît acceptable en première instance en raison de la domination de ce type (l'habitat individuel représente 57% de la surface urbaine construite de la région Ile-de-France), par rapport aux autres (13% pour chaque autre typologie dans les meilleurs cas).

### **3.2 Deuxième approche « le bâtiment détermine sa cuve de stockage » : application sur une zone limitée**

Nous tentons dans cette section de prendre en compte la spécificité de chaque typologie de bâtiments dans le calcul du volume de la cuve de stockage. Nous avons choisi dans un premier temps une petite zone urbaine, car l'application de ce modèle sur toute l'Ile-de-France exige l'utilisation d'une méthodologie spécifique nommée « approche par zone » qui fera l'objet d'un autre papier.

La zone choisie pour cette application est située dans l'un des quartiers de la commune de Champigny-sur-Marne, nommé « le village parisien ». Le quartier se compose essentiellement de pavillons avec des jardins, et se caractérise aussi par un coefficient d'emprise au sol du bâti de 40% et un coefficient d'occupation du sol de 50%.

Notre zone d'étude est située au milieu de ce quartier et elle comporte :

- un collège « Paul Vaillant-Couturier », d'environ 650 élèves et personnels permanents.
- un bâtiment collectif de 6 logements.



souhaitons allouer des volumes de stockage ne prenant en compte *que* les caractéristiques techniques du bâtiment. Aucune logique économique (retour sur investissement,...) ou humaine (la prise de la décision,...) ne doit entrer en compte. Or, ces dernières ont tendances à réduire le volume effectivement en œuvre au regard de celui répondant à la seule logique technique. C'est pourquoi nous considérons que les volumes issus des retours d'expérience sont réduits par rapport à l'objectif de ce modèle II (adéquation bâtiment et volume de la cuve de stockage basé sur un critère essentiellement technique). Dans ce modèle, nous faisons le choix d'appliquer un coefficient de sécurité de 2 par rapport aux volumes observés dans les opérations de retour d'expérience afin de déterminer ce que nous nommons le *volume acceptable*.

Nous avons déterminé ces volumes de stockage selon la fonction, la taille et les caractéristiques techniques de chaque typologie urbaine du bâtiment comme suit :

- l'habitat individuel : pour les maisons pavillonnaires, les plus grosses cuves de stockages proposés aujourd'hui par les fabricants sont entre 5 et 8 m<sup>3</sup>. Pour notre zone d'étude, nous avons choisi une cuve de 10 m<sup>3</sup> pour les maisons avec toiture qui ne dépasse pas 150 m<sup>2</sup>, et une cuve de 16 m<sup>3</sup> pour ceux avec toiture qui dépasse les 150 m<sup>2</sup> (les deux volumes proposés sont multipliés par le coefficient de sécurité de 2).
- l'habitat collectif : nous nous sommes appuyés sur le retour d'expérience de 4 opérations :
  - o L'opération (Rex HQE de Petit-Quevilly) menée à Seine-Maritime : une cuve de 20 m<sup>3</sup> a été installée pour une surface de toiture de 1206 m<sup>2</sup>.
  - o L'opération de 64 logements à Saint-Ouen : une cuve de 80 m<sup>3</sup> pour 1450 m<sup>2</sup> de toiture.
  - o L'opération de Meillonas à Ain : une cuve de 15 m<sup>3</sup> pour 458 m<sup>2</sup> de toiture.
  - o L'opération de la résidence universitaire à Rosières-Prés-Troyes : une cuve de 46 m<sup>3</sup> pour une toiture de 800 m<sup>2</sup>.

Le rapport entre le volume de la cuve et la surface de toiture se situe dans la fourchette 0.017-0.058, c'est pourquoi nous avons fixé ce rapport à 0.046 (la moyenne). En considérant la valeur de cuve correspond au bâtiment collectif de notre zone d'étude est de 20 m<sup>3</sup>. Compte tenu du coefficient de sécurité choisi (de valeur égale à 2), le volume acceptable de ce bâtiment est de 40 m<sup>3</sup>.

- établissement scolaire : la seule opération de retour d'expérience dont nous disposons aujourd'hui est le suivi mené par le CSTB sur le collège Sonia Delaunay dans le département de l'Essonne. Ce collège est doté d'un système de récupération d'eau pluie, avec une cuve de 145 m<sup>3</sup>, mais le suivi montre qu'une cuve de 50 m<sup>3</sup> aurait suffi pour assurer l'autonomie par rapport à l'alimentation des chasses d'eau des toilettes [Berthineau et al 2005]. Pour le collège de notre zone d'étude nous avons choisi une cuve de 100 m<sup>3</sup> (le volume observé multiplié par le coefficient 2).

- *Volume raisonnable* : d'après notre calcul du volume maximal de récupération (volume nécessaire pour atteindre le taux de recouvrement maximal), nous avons constaté que les derniers 5% de ce volume sont difficilement à atteindre dans le sens où il faut ajouter beaucoup du volume de cuve pour stocker ces derniers 5% du volume maximal. Alors que, en termes de besoins en eau ce pourcentage pourrait être négligeable. Nous avons donc décidé de définir la notion du *volume raisonnable* de récupération comme étant la valeur correspondante à 95% du volume maximal atteignable. Le volume obtenu grâce à ce calcul sera appelé le *volume raisonnable*.

Le *volume affecté* à chacun des bâtiments est calculé de la façon suivante :

**Volume effectué = minimum (volume acceptable, volume raisonnable).**

Nous avons exclu le *volume maximal*, car il est toujours supérieur au volume acceptable et au volume raisonnable.

Pour notre zone d'étude, la synthèse des résultats est présentée dans le tableau suivant :



	Modèle I			Modèle II		
	Taux de recouvrement moyen	Volume global des cuves stockage (m <sup>3</sup> )	Volume annuel récupéré (m <sup>3</sup> )	Taux de recouvrement moyen	Volume global des cuves de stockage (m <sup>3</sup> ) <sup>6</sup>	Volume annuel récupéré (m <sup>3</sup> )
<b>Zone complète</b>	<b>75 %</b>	<b>2 576</b>	<b>4 769</b>	<b>50 %</b>	<b>437</b>	<b>3173</b>
H. individuel	40 %	696	1332	38 %	297	1241
H. collectif	45 %	130	290	40 %	40	265
Collège	98 %	1750	3149	65 %	100	1666

Tableau 3. Résultats de la simulation des modèles I et II.

D'une manière globale, nous relevons un changement significatif entre les résultats de simulations des deux modèles. Nous constatons que les trois indicateurs (taux de recouvrement moyen, volume global des cuves de stockage et le volume annuel récupéré) du modèle II sont en baisse par rapport ces mêmes indicateurs du modèle I, nous expliquons cette différence par les nouvelles exigences du modèle II qui a introduit le bâtiment et ses caractéristiques technique comme un élément central dans le calcul des volumes récupérable et les taux de recouvrements.

En passant du modèle I au modèle II, nous avons relevé :

Au niveau de la zone d'étude, nous constatons que le taux de recouvrement passe de 75% à 50% soit une perte d'un tiers du taux du modèle I, cette baisse s'explique par les volumes de stockage dédiés, soit 2576 m<sup>3</sup> de volume de stockage pour le modèle I, contre 437 m<sup>3</sup> pour le modèle II. Donc contre cette baisse de taux de recouvrement nous avons économisé 87% de volume de stockage.

Pour l'habitat individuel, nous constatons une légère baisse où le taux de recouvrement passe de 40% à 38%, par contre le volume de stockage passe de 696 m<sup>3</sup> dans le cas du modèle I à 297 m<sup>3</sup> avec le modèle II, soit une économie de 58% de ce volume de stockage. Le volume annuel d'eau récupérée est passé de 1331 m<sup>3</sup>/an à 1241 m<sup>3</sup>/an, soit une perte de 7 %. Cela confirme notre hypothèse que les derniers pourcentages de taux de recouvrement maximal sont difficiles à atteindre et nécessite l'ajout de plusieurs m<sup>3</sup> de stockage pour atteindre ce taux maximal (du modèle I).

En ce qui concerne l'habitat collectif représenté par le bâtiment de 6 logements, nous constatons le même résultat global de la catégorie précédente. Le taux de recouvrement passe de 45% à 40% et le volume de stockage passe de 130 m<sup>3</sup> à 40 m<sup>3</sup>, soit une économie de 69 % du volume de stockage.

Pour l'établissement scolaire représenté par le collège, nous signalons tout d'abord l'énorme volume de stockage (1750 m<sup>3</sup>) nécessaire pour atteindre le taux de recouvrement maximal. Son taux de recouvrement passe de 98% à 65 % soit une perte d'un tiers, par contre le volume de stockage passe de 1750 m<sup>3</sup> à 100 m<sup>3</sup> de volume de stockage. En termes de volume récupéré, celui-là passe 3148 m<sup>3</sup>/an à 1666 m<sup>3</sup>/an, soit une perte de 45% de cette eau de pluie.

### Conclusion partielle

La différence entre les deux modèles proposés réside dans la prise en compte des volumes de cuves. Le modèle I considère que ce volume pourrait s'adapter avec le volume maximal de l'eau de pluie récupérée. Au contraire, le modèle II est basé sur le choix de la cuve de stockage adaptée avec la typologie de bâtiments en question. Pour le moment, nous avons basé sur deux critères pour vérifier l'adaptation « cuve/bâtiment » :

- le retour d'expérience (les opérations déjà réalisées comme référence)
- le volume de récupération raisonnable (un volume moins important que le volume maximal).

<sup>6</sup> Pour la typologie «l'habitat individuel», les volumes de cuves retenus sont variés entre 7 et 10 m<sup>3</sup> pour chaque bâtiment avec une toiture de moins de 150 m<sup>2</sup>, sauf le bâtiment DG 171 qui présente une toiture de plus 150 m<sup>2</sup>, donc une cuve de 15 m<sup>3</sup> a été affecté à ce bâtiment.

## 4 CONCLUSION GENERALE

Dans cet article, nous avons étudié la pratique de récupération d'eau de pluie à l'échelle de la région Ile-de-France. Au regard du grand nombre de paramètres qui conditionne cette diffusion, et aussi à leur nature hétérogène, nous avons proposé une méthodologie qui se repose sur plusieurs modèles, où l'intégration de ces paramètres se fera progressivement.

Le premier modèle s'intéresse à deux grandeurs (surface de toitures et la pluviométrie). Celui-ci à pour objectif d'évaluer la quantité maximal qu'on peut récupérer à l'échelle de l'Ile-de-France. Grâce à ce premier modèle, nous avons pu constater que :

- La région Ile-de-France présente un potentiel pluviométrique de récupération d'eau de pluie important (qui représente 38% par rapport aux besoins en eau potable de cette région).
- En matière des besoins en eau non potables (l'arrosage des jardins et d'alimentation des chasses d'eau des toilettes), l'Ile-de-France serait capable de répondre à 65% de ces besoins grâce à ce potentiel pluviométrique de récupération.

Le deuxième modèle a fait intervenir le bâtiment et ses caractéristiques (fonction, taille, usages, nombre d'habitat,...). En effet le bâtiment est un élément déterminant dans la diffusion de la pratique de récupération d'eau de pluie dans la mesure où à travers ses caractéristiques, on détermine le volume de la cuve à installer.

Même si les résultats de l'application de ce modèle à l'échelle de la région Ile-de-France ne sont pas abordés dans cet article, car cela nécessite une méthodologie spécifique. Son application (le deuxième modèle) à l'échelle d'une petite zone montre l'important écart entre le potentiel pluviométrique de récupération abordé dans le premier modèle et la quantité qu'on peut la récupérer en se basant sur plus de caractéristiques du bâtiment.

Bien que ces deux modèles tentent d'appréhender la pratique de récupération d'eau de pluies et sa diffusion à l'échelle de la région Ile-de-France, mais cela nécessite l'intégration du reste de paramètres (économique, humains,...) qui feront l'objet d'un troisième modèle qui sera plus complet par rapport à ces deux précédents modèles.

### Remerciement

Ce travail est réalisé dans le cadre du projet SR-Util financé par la région Ile de France (réseau R2DS), en collaboration entre le Laboratoire Eaux, Environnement, Systèmes Urbains (LEESU) et le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB).

### BIBLIOGRAPHIE

- Berthineau B., François Cl., de Gouvello B., 2005, Récupération et utilisation de l'eau pluviale au Collège Sonia Delaunay de Grigny (Essonne) : suivi métrologique, Rapport CSTB pour CG 91, 27 p
- Coombes P.J., Kuczera G., et al, 2002, "An evaluation of the benefits of source control measures at the regional scale." Urban Water vol. 4(Issue 4): p 307-320.
- de Gouvello B., Berthineau B., et al, 2005, « L'utilisation de l'eau de pluie dans le bâtiment. Les résultats d'opérations expérimentales en France » ANNALES du BTP. Vol 3 (ISSN 1270-9840)
- de Gouvello B., Noeuveglise M., 2007, « récupération et utilisation de l'eau de pluie dans les opérations de construction -Retour d'expériences et recommandations-». Etude ARENE-CSTB, Avril 2007. Document téléchargeable sur le site des ARENE Ile-de-France : [www.arenedf.org](http://www.arenedf.org)
- de Gouvello B., Deutsch J-C., Décembre 2008, Impacts de l'utilisation de l'eau pluviale sur les services d'eau et d'assainissement. Présentation de scenarii au niveau d'un pavillon et d'un lotissement, CEREVE-FP2.
- EGhisi E., Montibeller A., et al, 2006 (a), "Potential for potable water savings by using rainwater: An analysis over 62 cities in southern Brazil." Building and Environment Vol. 41(Issue 2): p 204-210
- Guillon A., Kovacs Y., et al, 2008, "Rain water reusing for watering purposes: what storage capacity is needed and what benefits for the sewer networks?". 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK.
- HerrmannT., Uwe S., 1999, "Rainwater utilisation in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects." Urban Water Vol. 1(Issue 4): p 307-316.
- Prevedello C., 2005, "L'utilisation de l'eau de pluie comme substitut à l'eau de distribution par les ménages en région Wallonne de Belgique. Etat des lieux et impacts actuels.". European Journal of water quality, tome 38, fasc2 : p 131-142.