

Université Mohamed Khider – Biskra
Faculté des Sciences et de la technologie
Département : Génie Civil et Hydraulique
Ref :



جامعة محمد خيضر بسكرة
كلية العلوم و التكنولوجيا
قسم : الهندسة المدنية والري
المرجع:.....

Thèse présentée en vue de l'obtention
Du diplôme de
Doctorat en sciences en : Hydraulique

Spécialité (Option) : Hydraulique

Intitulé

**Approche non conventionnelle (récupération des eaux
de pluie des toits des maisons).**

Présentée par :

Abdelkrim Guebail

Soutenue publiquement le

Devant le jury composé de :

Dr. Djebbar Yassine	Professeur	Président	Université de Souk ahras
Dr. Bouziane Mohamed Tewfik	Professeur	Rapporteur	Université de Biskra
Dr. Mimeche Leila	Maitre de Conférences 'A'	Examineur	Université de Biskra
Dr. Zeghadnia Lotfi	Maitre de Conférences 'A'	Examineur	Université de Souk ahras

Remerciements

J'adresse tout d'abord mes remerciements les plus sincères, au Pr. Bouziane Tewfik, qui a très volontiers accepté d'être le Directeur de cette thèse. Ses aides, ainsi que son expérience, ont joué un rôle important dans la conception de ce travail.

*Je me sentirais coupable d'ingratitude et indigne si je ne remerciais pas de tout mon cœur le Pr. Djebbar Yassine, pour ses précieux conseils, aides, ainsi que pour la lecture critique de ce mémoire.»**The Rain Water Harvesting** " était en premier lieu son idée.*

J'associe volontiers, les Drs. Zeghadnia Lotfi et Saliha Bouranene dans l'expression de ma reconnaissance, pour leurs supports dans l'élaboration de mon Article. Merci Lotfi pour tous vos conseils.

Je remercie également toute l'équipe du Courrier de savoir de Biskra et Monsieur .Salim du Post graduation du Département du Génie Civil Biskra ainsi que toutes les équipes de l'administration et de l'encadrement de l'honorable Université de Biskra.

Dédicace

je Dédie ce travail à:

A la mémoire de mon très chère père Ménaouer qui a voulu me voir ainsi .repose en paix, je suis devenu comme tu as toujours aimer même si que tu me manque et je te pleur .

A ma chère mère Hammada Zahia et j'espère une longue et joyeuse vie pour elle.

A ma femme pour sa patience mes Filles Dyna et Sadjia.

A ma grande famille mon frère et mes sœurs.

A mes amis Raouf et Sofiane et collègues de l'Université de Souk Ahras et de l'Université de Biskra

Résumé

Des experts du secteur hydrique envisagent un scénario alarmant comme conséquence de l'augmentation de la demande en eau dans moyen terme pour le Nord-Africain fondamentalement, L'Algérie. Cette conséquence imminente est dus aux plusieurs causes. Parmi ces dernières, changement climatique, pluviométrie incertaine, un taux élevé d'évaporation des eaux de surface et des pertes impressionnantes dans les réseaux de distribution d'AEP, manque des stratégies alternatives de gestion des ressources en eaux.

Toutefois et comme stratégie gestionnaire dynamique pour une gestion des ressources en eaux, il est indispensable de saisir une opportunité qui se situe dans l'utilisation des méthodes non conventionnelles relatives à l'eau. Parmi ces méthodes on distingue la récupération des eaux pluviales à partir des toits des maisons. Cette alternative qui se présente comme compensatrice aux déficits des ressources en eau demeure très recommandée à travers le monde pour des utilisations dans des domaines d'utilisation des eaux pluviales prédéfinies.

En Algérie, l'application d'un prix dérisoire de m^3 d'eau par rapport à son prix de revient n'encourage pas le développement de l'utilisation de cette solution. Il est nécessaire que les pouvoirs publics conçoivent un système économique relatif à l'eau. Ce dernier rend la récupération une solution de choix par l'application du juste prix de l'eau ou des encouragements financières incitant les citoyens à adopté cette méthode.

Cependant, les différents procédés et méthode de dimensionnement des cuves de récupération d'eau de pluie existant mais, ils se sont limités selon les aspects technologiques (installation et autre), réglementaires, qualitatives et quantitatives. Les dimensionnements sont faits à partir d'un bilan des réserves en eau de pluie annuelles ou saisonnières. Les études les plus récentes ont pris en compte un bilan de réserve mensuelle en précisant les domaines d'utilisation de cette eau tels que l'arrosage et les sanitaires.

Exclusivement, Notre présente approche en question expose une nouvelle méthodologie d'optimisation qui permet d'évaluer les volumes des cuves de récupération des eaux de pluie en tenant en compte de la demande, de la nature du type de la pluviométrie, et le coût total de l'investissement sur la durée de vie de l'ouvrage. Cette approche est simple par l'utilisation des graphs pratiques qui ont aidé à générer un modèle numérique de lecture des volumes des cuves de stockage. Notre méthode est développée à l'aide des programmes de calcul et

d'analyse, avec l'utilisation des différentes séries pluviométriques des régions d'étude (Sfax en Est de la Tunisie, Tébessa et Souk-Ahras au Nord-est de l'Algérie) comme points de contrôle de corrélation linéaire. Cette dernière peut être étendue au-delà de nos zones d'étude (bande géographique) considérées en prenant compte des coûts totaux des cuves, prix de l'eau appliqué pour chaque région, les durées de vies des matières composites des cuves de récupération, pluviométries et les besoins journaliers.

Parallèlement, une nécessité d'évaluer la qualité physico chimique de l'eau de pluie récupérer et stocker (zone de Souk Ahras) se proclame pour aider les pouvoirs publique à engendrer des réglementations promotrices de l'utilisation de cette eau non-conventionnelle.

Enfin, et comme un futur modèle algérien, la récupération des eaux pluviales peut engendrer des conséquences positives telles que la protection contre les inondations par rétention, l'économie certaine de l'eau et des ressources et la préservation d'une matière rare et fragile pour un développement durable en ressources en eau.

Mots clés : augmentation de la demande en eau ; l'Algérie ; récupération des eaux pluviales ; une approche non conventionnelle ; nouvelle méthodologie d'optimisation et coût total des cuves; Souk Ahras ; qualité physico chimique ; futur modèle algérien ; protection contre les inondations par rétention; développement durable.

ملخص

ان خبراء قطاع المياه يرسمون سيناريو مثير للقلق، ذلك نتيجة للزيادة في الطلب على المياه على المدى المتوسط لشمال أفريقيا والجزائر أساسا. هذه النتيجة هي وشيكة الحدوث بسبب عدة أسباب. من هذه الأسباب تغير المناخ، وهطول الأمطار غير المؤكد، وارتفاع معدل تبخر المياه السطحية وتسربات هائلة في شبكات توزيع المياه، مع عدم وجود استراتيجيات بديلة لإدارة الموارد المائية.

من اجل خلق استراتيجية وديناميكية لإدارة الموارد المائية، لا بد من اغتنام الفرصة التي توجد في استخدام مقارنة أساليب غير تقليدية. حيث تتميز واحدة من هذه الطرق وهي حصاد مياه الأمطار من أسطح المنازل. هذا البديل هو لتعويض عجز موارد المياه و هو موصى به في جميع أنحاء العالم، لكن استخدام مياه الأمطار يكون في مجالات محددة مسبقا.

في الجزائر، وبتطبيق سعر متدني الم³ للمياه مقارنة بسعر تكلفتها لا يشجع على انتشار استخدام هذا الحل. ومن الضروري أن تبتكر الحكومة نظاما اقتصاديا خاص بالماء. وهذا يجعل حل حصاد المياه اختيارا من خلال تطبيق أسعار المياه الصحيحة أو حوافز مالية لتشجيع المواطنين على تبني هذا الأسلوب.

ان وجود عمليات وطرق مختلفة لتصميم خزانات جمع مياه الأمطار الحالية، تبقى محدودة اعتمادا على الجوانب التكنولوجية (التركيب وغير ذلك) والتنظيمية والجودة والكمية. مصنوعة من حسابات من مراجعة احتياطات سنوية أو موسمية مياه الأمطار. وقد اتخذت أحدث الدراسات في الاعتبار الرصيد الاحتياطي الشهري مع تحديد مجالات استخدام المياه كالري والصرف الصحي....

حصريا، وفي هذه الاطروحة نقدم منهجية جديدة لتقييم حجم خزانات جمع مياه الأمطار، مع الأخذ بعين الاعتبار الطلب، وطبيعة مياه الأمطار، والتكلفة الإجمالية للاستثمار مع هدة حياة هيكل الخزان. هذا النهج هو بسيط من خلال استخدام الرسوم البيانية سهلة الاستعمال و التي ساعدت على انجاز نموذج رقمي لقراءة حجم صهاريج التخزين المختلفة. تم تطوير أسلوبنا باستخدام برامج الحساب والتحليل، مع استخدام سلسلة تساقط الأمطار من مختلف مناطق الدراسة (صفاقس في شرق تونس، تبسة وسوق أهراس شمال شرق الجزائر)، و ذلك عبر علاقة خطية وفق 03 جغرافية النقاط السابقة الذكر. حيث يمكن تمديد هذا النموذج الرقمي للقراءة خارج هذه المناطق (قطاع جغرافي) مع مراعاة التكاليف الإجمالية لصهاريج التخزين وعمرها، وسعر المياه المطبقة في كل منطقة، هطول الأمطار والاحتياجات اليومية.

وفي الوقت نفسه وفي هذه الاطروحة نقدم تقييم جودة الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه الأمطار والمخزنة بعد حصادها (منطقة سوق أهراس) ذلك لمساعدة السلطات العمومية لخلق أنظمة لترويج استخدام هذه المياه غير التقليدية.

وأخيرا نقترح نموذج مستقبلي جزائري لحصاد مياه الأمطار قد تكون له عواقب إيجابية مثل الحماية ضد الفيضانات والحفاظ واقتصاد على الموارد المائية من اجل المحافظة على موارد نادرة في اطار التنمية المستدامة.

الكلمات المفتاحية : زيادة الطلب على المياه الجزائر. حصاد مياه الأمطار. مقارنة غير تقليدية. والتكلفة الإجمالية للاستثمار. منطقة سوق أهراس. الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه الأمطار. الحماية ضد الفيضانات. التنمية المستدامة.

Abstract

Experts of the water's resource sector are considering an alarming scenario for the North African basically, Algeria as a consequence of the increase in water demands in the medium term. This pending consequence is caused by, the change of climate, uncertain rainfall, high evaporation rate of water of surface and impressive losses in the water distribution networks, lack of alternative water resources management strategies.

However, the dynamic management strategy for water resources management is essential to be by seizing an opportunity that lies in the use of unconventional water-related methods. Among these methods is the water harvesting from the roofs of houses. This alternative, which compensates for water resource shortfalls, remains highly recommended throughout the world for uses in pre-defined rainwater use areas.

In Algeria, the application of a poor price of m³ of water compared to its cost price does not encourage the development of the use of this solution. Some needs for government to design a water-related economic system. The recovery is a solution of choice by applying the right price of water or financial incentives encouraging citizens to adopt this method.

However, the different devices and method of sizing the tanks of water harvesting exist, but, they were limited according to technological (installation and other), regulatory, qualitative and quantitative aspects. The sizing is done on the basis of an assessment of annual or seasonal rainwater reserves. The most recent studies have taken into account a monthly reserves balance sheet, specifying the areas of use of this water, such as watering and sanitation.

Exclusively, this approach presents a new optimization methodology for estimating the volumes of rainwater harvesting tanks taking into account the demand, the nature of rainfall and the total cost of the investment over the life of the structure. This approach is simple by using practical graphs that have helped to generate a numerical model for reading storage tank volumes. Our method is developed with using computational and analytical programs, with using the different rainfall series of study regions (Sfax in eastern Tunisia, Tebessa and Souk-Ahras in the Northeast of the country) Algeria) as linear correlation control points. The latter can be extended beyond our study areas (geographic band) considered by taking into account the total costs of the tanks, the water prices applied for each region, the lifetimes of the composite materials of the recovery tanks, Rainfall and daily requirements.

At the same time, a need to assess the physico-chemical quality of rainwater recovered and stored (Souk Ahras zone) proclaims itself to help the public authorities to create regulations promoting the use of this unconventional water.

Finally, as a future Algerian model commits, rainwater harvesting can generate a positive consequences such as protection against flooding by retaining the certain economy of water and resources and the preservation of a rare and fragile material for Sustainable development of water resources.

Key words : increase in water demands ; Algeria; water harvesting; unconventional water; investment; Souk Ahras; physico-chemical quality; protection against flooding; Sustainable development

INTRODUCTION GENERALE

En Algérie, l'eau devient une ressource rare, fragile, et inégalement répartie sur les différentes zones. A cause de la croissance économique et humaine, la demande en eau est continuellement en augmentation. L'université Johns Hopkins, (USA) (Boukhari et al., 2008), affirme que la quantité annuelle d'eau par personne en Algérie y sera inférieure à 1000 m³ en 2025. Les pouvoirs publics ont déployés tous les moyens matériels et législatifs pour la promotion et la préservation de cette ressource. D'où, une nécessité de chercher des ressources nouvelles de substitution ou de complément par les spécialistes est dument obligatoire. Les ressources non conventionnelles se positionnent bien comme des solutions possibles et moins coûteuses. Parmi celles-ci on cite les suivantes:

- Recharge des nappes phréatiques ;
- Dessalement de l'eau de mer ;
- Recyclage des eaux et réutilisation des eaux usées traitées ;
- Récupération et réutilisation des eaux de pluie (RREP).

La récupération des eaux de pluie, qui est le sujet de notre présente thèse est une méthode millénaire appliquée presque partout dans le monde. Elle est appliquée d'une manière traditionnelle dans certaines régions du Monde, comme exemple « Le Madjel » en Tunisie. Elle attire de plus en plus d'attention dans plusieurs pays comme une partie de bonne pratique de gestion durable des ressources en eau. Cette méthode fait gagner quelques quantités d'eau souvent oubliée ou abandonnée, en créant par fois, une source de contraintes sur les réseaux d'assainissements unitaires projetés par des inondations lors des averses à courtes durée.

L'eau de pluie comme une eau saine, Bio et précieuse, ruisselle à partir des toits des maisons et prend son chemin sur des surfaces viabilisées pour s'évaporer dans la nature, ou engendrer un surplus pour le réseau d'assainissement créant, au temps des pluies intenses, des nuisances aux systèmes de drainage et aux stations de traitement. La pluie qui tombe sur la toiture de la maison qui est forcément perdue dans la nature, peut, à travers la récupération, être canalisée par des gouttières vers une cuve de stockage. Cette eau sera utilisée aux (sanitaires, appareils ménagers, nettoyage, jardinage, ... etc.) .Dans certains cas, avec éventuel prétraitement, elle peut être utilisée comme une eau potable ou para potable (Guebail et al., 2017).

Les réservoirs peuvent être construits en différents matériaux tels que le béton, Polypropylène, Polyéthylène, fibre de verre, métal, ...etc (Guebail et al., 2011) Si nécessaire, une pompe est installée pour acheminer l'eau collectée vers les niveaux supérieurs.

Les pays innovateurs de la RREP ont déployés les moyens financiers, technologiques d'une façon scientifique, pour prescrire des textes législatifs encadrant l'utilisation de cette méthode non-conventionnelle. A notre avis, ces textes ont bien valorisé la RREP vis à vis aux citoyens. Pour ces derniers, elle est devenue une pratique appartenant à leur culture dans le secteur de l'eau. A nos jours, l'apparition des travaux de recherches scientifiques liés à ce secteur dans les voles quantitatives et qualitatives argumente pour l'utilité et l'opportunité de la RREP.

La récupération des eaux de pluie a plusieurs avantages y inclus (Guebail et al., 2011) :

- L'eau récupérée est, en général, "potable" et biologiquement conseillée ;
- Le pourcentage du calcaire est pratiquement nul ce qui présente un avantage non négligeable pour les installations électroménagères ;
- l'adoucisseur est dispensé dans certaines installations électroménagères comme la chaufferie, ballon d'eau chaude, etc.... ;
- Le système contribue à la protection contre l'inondation dans la mesure où il fera office de rétention d'eau pendant les orages en abaissant le débit de ruissellement ;
- La RREP peut être aussi utilisée comme moyen de lutte contre les inondations ou encore comme réserve incendie (Datar, 2006) et, (Konig, 2000).

Généralement dans le contexte hydraulique, la notion d'eau de pluie est toujours liée aux réseaux d'assainissement. Ces derniers sont apparus sous la forme actuelle au 19ème siècle. À l'origine, ils sont été créés pour évacuer les eaux pluviales et les eaux usées souvent souillées d'excréments humains ou animaux, sources de maladies. La solution appelé « tout-à-l'égout » a consisté à installer des canalisations souterraines ayant pour fonction d'évacuer ces eaux hors de la ville. Au début, cette solution technique a connu une large réussite en évitant toute forme de contact avec les eaux souillées (Andrieu et al., 2010). Mais, au cours du 20ème siècle cette solution a entraîné des inconvénients qui se sont révélés de plus en plus insupportables. En rejetant les eaux usées et les eaux pluviales directement dans le milieu

naturel, celui-ci s'est dégradé en effet. La nécessité d'assainir les eaux usées des villes avant leur restitution au milieu naturel a donc fini par s'imposer. En passant donc, d'une logique de L'éloignement de l'eau à une logique de collecte et de traitement de cette eau (Triantafillou, 1987).

Aujourd'hui, le réseau d'assainissement centralisé est remis en question pour diverses raisons. En effet, les problèmes de capacité du réseau d'assainissement engendrés par l'urbanisation rapide et les changements climatiques se heurtent au coût des interventions (redimensionnement, traitement,...) que ces problèmes appellent. De plus, des inquiétudes environnementales croissantes favorisent le recyclage, et la réutilisation au détriment de l'évacuation pure et simple (Le Bris et Coutard 2008).

La gestion de l'eau en milieu urbain, comme une problématique vient de se montrer en 20ème et 21ème siècles. Il s'agit de la question environnementale qui touche profondément le domaine de l'eau, vu qu'il s'agit d'une ressource vitale non remplaçable soumise à une dégradation continue. A l'échelle mondiale, l'UNESCO dresse ainsi un portrait alarmant de la situation en matière d'eau douce. L'organisation rappelle qu'aujourd'hui près de 1.2 milliard de personnes n'ont pas accès à l'eau potable saine, soit 20 % de la population mondiale et estime que plus de 5 milliards de personnes ne disposeront pas d'accès à des installations sanitaires décentes en 2030 (soit 67% de la population mondiale) (UNESCO, 2010).

Dans ce présent travail, et en argumentant comme su citer, on va essayer d'exposer la RREP selon plusieurs aspects. Et ceci en focalisant une zone d'étude en Algérie. Cette thèse pourrait être une intromission pour inciter les pouvoirs publique, les chercheurs scientifiques et les acteurs liés au secteur de l'eau en Algérie à promenoir la RREP d'une manière plus structurée fondée sur des résultats à base des recherches scientifiques.

Les aspects pré proposés seront abordés comme suit :

- Points de vue technologiques et règlementaires relatives au RREP;
- Points de vue qualités physico-chimiques de l'eau issue de la RREP ;
- Points de vue dimensionnement, économie et avantages engendrés par la RREP.

Pour bien illustrer la RREP d'une manière fondée et consolidée un état de l'art doit être énoncé puis, converti selon un modèle Algérien selon les aspects suscités comme conclusion.

PARTIE I :

ETAT DE L'ART

Introduction

La récupération et la réutilisation des eaux pluviales récupérées, est pratiquée depuis l'antiquité. (Jue Jue et al., 2012), elle existe dès l'époque des premiers Romains. Aujourd'hui, elle est considérablement évoluée avec l'introduction des technologies avancées. Cependant, la récolte des eaux de pluie de toits de maisons est plus populaire dans les pays européens, comme l'Allemagne et l'Angleterre que les États-Unis, où la plupart des adoptants sont des habitants des zones rurales loin des réseaux d'AEP.

La RREP est idéale pour les grands bâtiments commerciaux, industriels et particuliers. Une conception industrielle de l'eau de pluie commence par drainage du toit, ce qui est moins coûteux à installer par rapport aux méthodes traditionnelles. L'eau de pluie est déviée depuis le toit plat vers un réservoir de stockage (s) ou d'un étang sur place. L'eau stockée est ensuite détournée à l'intérieur comme à l'extérieur pour être recyclé pour le rinçage des toilettes, lavage, nettoyage des installations et de l'irrigation.

Non seulement, On provient à économiser les coûts de consommation d'eau, mais il permet également de réduire le ruissellement des eaux pluviales sur les sites adjacentes.

La RREP est une approche durable à y parvenir, tout en fournissant une source d'eau. Agissant de manière proactive à protéger l'environnement et la conservation des ressources, est bénéfique aujourd'hui et de demain (Virginia Rainwater Harvesting Manual, 2007).

Au regard de la littérature importante concernant les techniques alternatives en assainissement, Belmeziti (2012) rapporte que, les techniques alternatives au réseau d'eau potable (dont la RREP faite partie) sont assez peu abordées dans la production scientifique. Ceci peut être expliqué en partie, par la résistance du modèle du réseau d'eau potable et aussi, par le fait que les techniques alternatives en assainissement ont débuté il y a longtemps, alors que les techniques alternatives à l'eau potable sont plus récentes (ou considérées comme une pratique marginale). Mais, la RREP se caractérise actuellement au monde par une dynamique réglementaire, normative spécifique et technologies innovantes.

CHAPITRE 1 :

Technologies et mise en

œuvre

Introduction

Un dispositif de RREP, peut se varier entre une simple cuve mise en dessous d'une gouttière, où l'eau de pluie stockée est utilisée pour l'arrosage de la pelouse généralement et un ensemble d'appareils (cuve, filtre, pompe,...) plus compliqués, couramment synonyme d'un usage à l'intérieur du bâtiment, tel que l'alimentation des chasses d'eau des toilettes et/ou le lave-linge (Roebuck, 2007). Toutefois, et d'après (Gould et Nissen-Peterson, 1999) tous les dispositifs de RREP partagent au moins les composants suivants:

- La surface de récupération : la toiture qui permet de capter l'eau de pluie ;
- Le filtre : pour séparer l'eau des grains solides transportés ;
- La gouttière : pour transporter l'eau entre la surface de récupération et la cuve ;
- La cuve de stockage : l'espace de stockage de l'eau récupérée ;
- Un dispositif de sortie de l'eau : qui achemine l'eau vers les points d'usages ;
- Un trop plein : afin d'évacuer l'eau de pluie lorsque la cuve est pleine.

Il convient de signaler, que jusqu'au début du 20^{ème} siècle, les dispositifs de RREP étaient utilisés dans les zones dépourvues de toutes formes d'approvisionnement en eau, ainsi que dans les zones arides et semi arides (Krishana et al., 2005).

Historiquement, toutes les études ont montrés que la RREP est une pratique très ancienne. Plusieurs auteurs ont affirmés qu'il n'y a pas une origine déterminée à cette pratique. Néanmoins, des preuves ont été trouvées partout dans le monde (Agawal et Narain , 1997) :

- Au Moyen-Orient et depuis 2000 avant J.C, le ruissellement des collines a été collecté et stocké dans des citernes pour des usages agricoles et domestiques ;
- En Inde, des pierres ont été creusées depuis 3000 avant J.C pour stocker l'eau de pluie de ruissellement ;
- Il y a aussi des preuves dans la région méditerranéenne de l'existence des dispositifs de RUEP dans les palais et les maisons des personnes riches ;
- Dans les maisons de la Rome antique il se trouvait des bassins nommés «impluvium » utilisés pour récupérer l'eau de pluie ;
- En France, des fermes à Saint-Saturnin-d'Apt dans le Vaucluse (Nord-est) étaient alimentées par une citerne creusée dans la roche calcaire et alimentée en eau de pluie.

D'autres preuves de l'usage des dispositifs de RREP pour s'approvisionner en eau ont été retrouvées également en : Afrique du nord, Turquie, Japon, Pakistan, le monde Islamique, Afrique subsaharienne, Australie, Amérique du nord et du sud (Shata 1982).

En Algérie, on a constaté qu'ils existent des fermes de l'époque coloniale l'exemple de (Ferme Botoz) à Souk Ahras à l'Est du pays utilisant la RREP voir la figure 1.1.



Figure 1.1: cuve de stockage des eaux de pluie abandonnée
Ferme Botoz à Souk-Ahras.

Par ailleurs, dans le contexte actuel les dispositifs de RREP sont largement diffusés dans certaines zones rurales, où la réalisation du réseau d'eau potable demeure coûteux et peu rentable (avec des investissements colossaux). Au début des années 80, S. Perrens a estimé qu'il y avait un million de cuves de stockage d'eau de pluie dans les zones rurales d'Australie (Perrens, 1982). Dans la même perception, A. Fewkes a relevé que l'utilisation de l'eau de pluie à des fins non potables dans les zones urbaines a nettement augmenté au cours des 20 dernières années (Fewkes, 2006). Des études effectuées entre la fin du 20^{ème} siècle et le début du 21^{ème} siècle ont montré que le nombre des dispositifs de RREP installés est variable d'un pays à un autre. En Allemagne, T. Hermann a estimé qu'en 1999, environ 100 000 dispositifs existaient et offraient un volume de stockage de plus 600 000 m³ (Herrmann et Schmida, 1999). En Allemagne toujours, K.W. König a estimé de son côté qu'entre 50 000 à 100 000 dispositifs de RREP sont fabriqués et installés chaque année par les professionnels et les spécialistes du domaine (König, 2001).



Figure 1.2 : Exemple d'un système de collection des eaux de pluie (Texas Water Development Board, 2005)



Figure 1.3 : Dispositif de puisement de l'eau de pluie collectée dans un Majel dans une villa moderne de Sfax (Verdeil, 2007)

Le principe général de la pratique de RREP est schématisé ci-dessous :



Figure. 1.4 : Le principe général de RREP

. Comment procéder à la RREP ?

Le procédé est simple. Il consiste à récupérer les eaux pluviales passant à travers une gouttière équipée d'un filtre, en général par le biais de la toiture, puis à les stocker dans des cuves enterrés ou non, plutôt que de les rejeter directement vers le réseau d'assainissement, ou la nature pour y être évaporées. Cette eau gratuite serait remonté à la surface de la maison par une mini pompe ou paisiblement par un seau, c'est le cas de la ville de Sfax en Tunisie où on spécifie dans la figure 1.2, des réservoirs en béton banché enterrés sous l'habitation. Ces réservoirs appelé « Majels », qui sont devenus une affinité pour les habitations en (Tunisie).

D'après Belmeziti (2012) l'eau de pluvial débouché de la phase précédente passe par un dispositif de « déviation » (voir figure 1.5) utilisé pour mouiller la surface de récupération et

pour éviter de stocker et d'utiliser les premières pluies après une longue période sèche. En conséquence, après une telle période les surfaces de récupération deviennent infectées par des polluants atmosphériques, tel que : fientes d'oiseaux, feuilles des arbres et autres débris (Cunliffe, 1998) et (Fewkes, 2006). C'est-à-dire que, quand il pleut une grande partie de ces contaminants est transportée avec l'eau de pluie qui rince les toitures. C. Wu a constaté que la première vague de ruissellement est plus polluée que les flux ultérieurs et que la concentration des contaminants est décroissante dans le temps au cours d'un même événement pluviométrique et croît avec le temps séparant deux événements successifs (Wu et al., 2003).

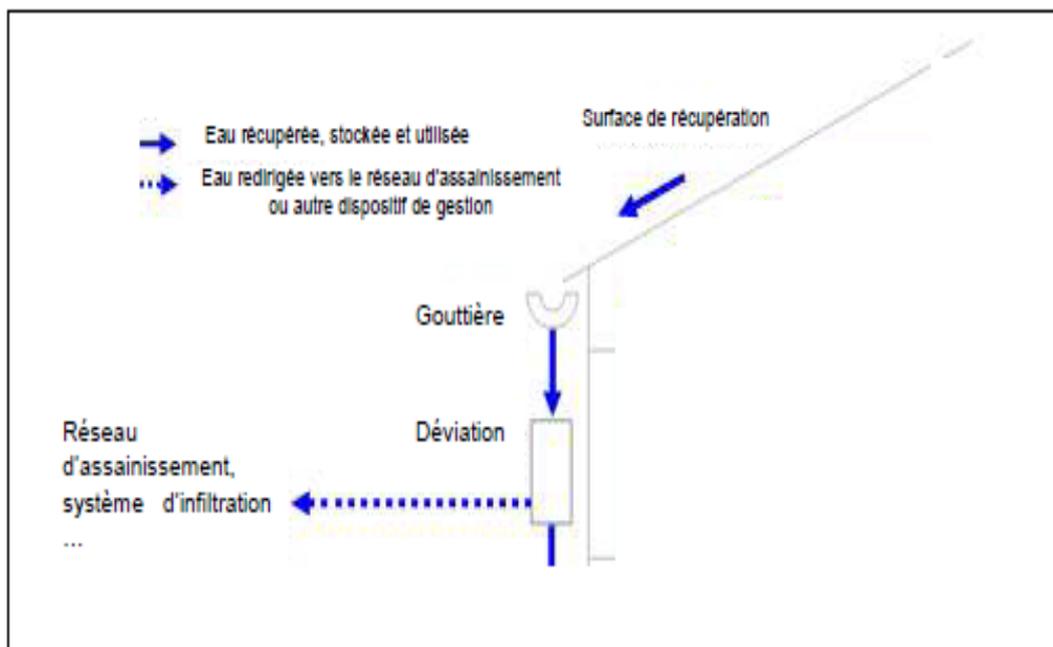


Figure 1.5 : Le composant de rinçage (déviation). Source : adapté de (Roebuck 2007).

Techniquement, il existe plusieurs appareils pour éviter que l'eau de pluie issue de la première pluie soit pas acheminée vers les systèmes de stockage soit pas stockée dans la cuve. Dans la figure ci-dessous, on expose quelques exemples de ces appareils (équipements).

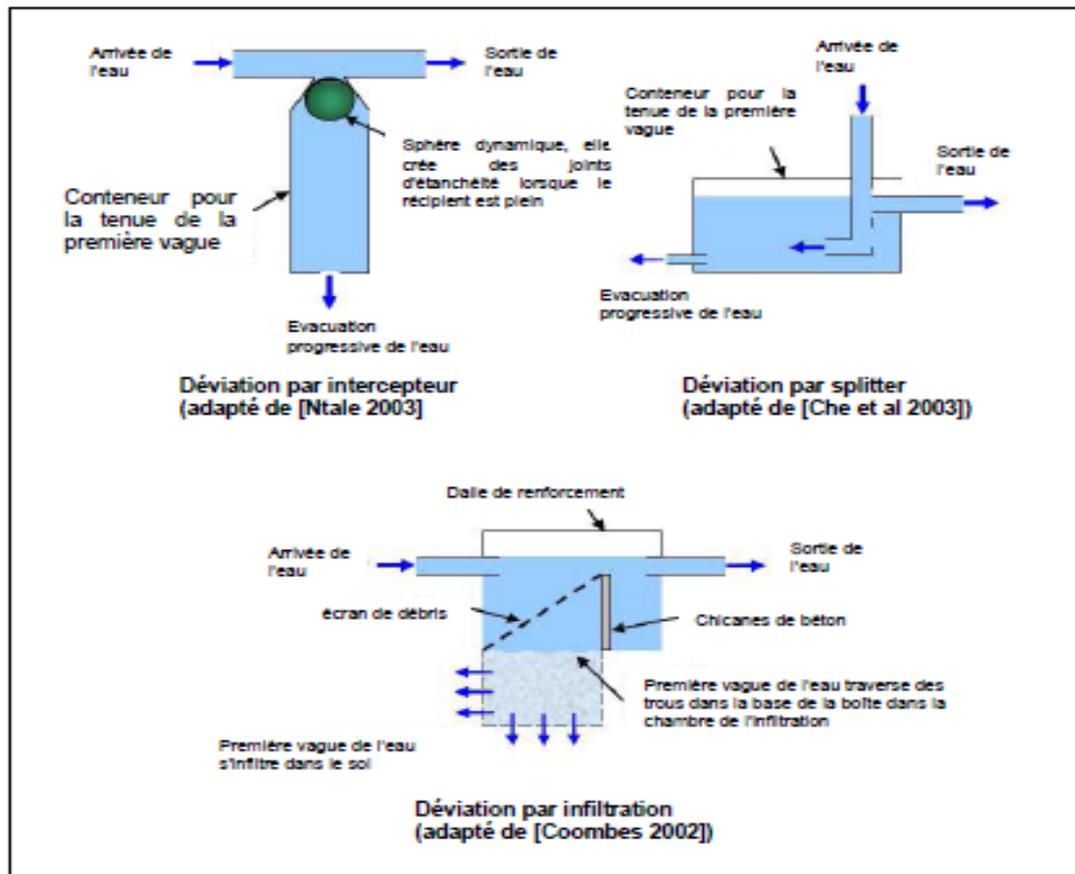


Figure 1.6 : Déviation par infiltration. Source : adapté de (Coombes, 2002).

Un dispositif de RREP peut prendre plusieurs formes. Et ceci selon la nature du bâtiment qui adapte l'utilisation le dispositif, les usages visés des eaux récupérés et le degré de complexité et de sophistication souhaité. Cependant, entre une simple cuve mise de manière artisanale et des composants plus sophistiqués, le même principe général est conservé.

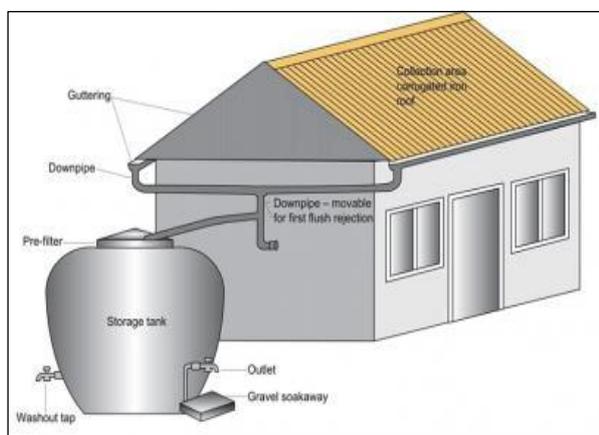


Figure 1.7: Rainwater Harvesting System with Roof Catchment Connecting Pipes and Storage Tank (Jue Jue et al., 2012)



Figure 1.8: Aboveground Tank (Jue Jue et al., 2012)

Les composants d'un dispositif de RREP peuvent être classés en deux catégories :

- Les composants propres au bâtiment. Ils caractérisent le bâtiment, mais ils sont nécessaires au fonctionnement du dispositif de RREP. Il s'agit de la surface de collecte, de la gouttière et les points alimentés par l'eau de pluie ;
- Les composants propres au dispositif. Ils sont des composants qui s'ajoutent au bâtiment si nous désirons l'équiper d'un dispositif de RREP. Comme nous l'avons dit plus haut, ces composants sont différents selon plusieurs paramètres et considérations (nature du bâtiment, usages visés, niveau de sophistication, qualité de l'eau de pluie souhaitée,...).

Les réservoirs sont aujourd'hui disponibles sous une grande variété de formes, de placement et de matériaux. Le plus répandu Les matériaux de réservoir d'eau de pluie sont en acier galvanisé, en béton et en plastique. Tous ont des avantages ainsi que des inconvénients. Le réservoir droit pour un logement donné dépendra alors, aux différents facteurs, tels que le financement, l'espace disponible qui peut être occupé par la quantité d'eau collectée requise, durée de vie prévue du réservoir et niveau de qualité de l'eau Et le goût souhaité.

La cuve est utilisée comme espace de stockage, elle varie selon deux critères : de son matériau de construction et de son endroit.

Selon le premier critère (matériaux de conception) la cuve de stockage peut être fabriquée en :

- PEHD (Polyéthylène haute densité) ;
- Béton Armé ou Banché (préfabriquée ou construite in-situ) ;
- Acier galvanisé ;
- Bois.

Et selon le second critère (emplacement) elle peut être :

- Aérienne extérieure ;
- Aérienne intérieure ;
- Enterrée.

Voici un aperçu des différents matériaux de réservoir et de leurs spécificités :

Cuves en plastique (PEHD) (Figure 1.9)

Ce sont des cuves qui permettent d'être installées d'une manière facile moins chère (figure 1.9). Elle ne nécessite qu'un filtre, gouttière et robinet. La durée de vie de ces citernes qui peuvent être enterrés ou non, ainsi que leurs accessoires ne dépasse pas quelques années. Cette courte vie est due essentiellement de l'influence des matières de constitution sur la qualité de l'eau y magasiné (voir chapitre 05 partie contribution) .



Figure 1.9: Plastic Rainwater Harvesting Tanks source Southern Arizona Rain Gutters Southern (source: Arizona Rain Gutters)

Cuves en béton (Figure 1.10 et 1.11)

Ces des cuves conçus en béton armé ou banché .elle est souvent enterrée. Deux cas de figure sont possibles : le modèle Préfabriqué ou celui fabriqué sur place, il est destiné surtout pour de grande capacité. Ces types de cuves durent très longtemps (voir la durée de vie de celle du bâtiment). Ces types de cuves ont un effet extraordinaire et significatif sur l'amélioration des qualités physico-chimique des eaux y stockés (voir chapitre 05, partie II).



Figure 1.10: First rain water harvesting concrete tank source: installation

www.afrinspire.org.uk



Figure 1.11: Photo of water concert tank (Robert Harding, 2005)

Cuve en métal (Figure 1.12)

Les cuves en métal peuvent être en acier galvanisé ou autre alliage non contaminables .elles sont souvent enterrée. Son utilisation est généralement destiné aux grosses capacités (50 m3 et plus) .Ces types de cuves font l'objet des durée de vie très importantes.

L'acier galvanisé était le matériau le plus courant dans la fabrication de l'eau de pluie.

Des chars, et est aussi généralement le moins cher sur le marché. L'acier n'est pas résistant à la corrosion mais La corrosion initiale conduit à la production d'un revêtement mince sur la

surface intérieure qui le protège contre toute corrosion ultérieure. Sinon, il est possible d'utiliser des revêtements résistant à la rouille. Donc, leurs durées de vie sont courtes et les domaines de l'utilisation de leurs eaux y stockés sont bien réglementés ;



Figure1.12: Metal-tank source: <http://rainwaterharvesting.tamu.edu>

Cuve en bois (Figure 1.13)

Ils existent des cuves conçu en bois généralement pour stocker des eaux pluviales pour garder une qualité exigier inchangeable, mais à notre avis, pour le non durabilité du matériau de conception et fabrication sa durée de vie et les capacités d'emmagasinement sont très limités.



Figure 1.13 Wood-Tank source:

<http://www.rainwaterresources.com/sites/>

D'autres types de cuves existent, elles ne sont pas aussi diffusées aujourd'hui, car elles répondent à des besoins spécifiques (manque d'espace, ...). Par exemple, les cuves souples qui peuvent être installées dans un espace étroit (vide sanitaire...) ou encore les cuves de type « Murdeau » ou dites « Slim » qui peuvent être intégrées comme revêtement mural.

Accessoires

Filtres (Figure 1.14,1.15 et 1.6)

les filtres qui sont traversés par l'eau de pluie captés ont pour but de d'enlever les débris comme les feuilles des arbres, le sable, la mousse et la terre ou autre qui s'échappent tout de même de la phase de déviation Ces filtres sont à nettoyer par l'utilisateur du dispositif de RREP ou de type autonettoyant (de Gouvello, 2010).



Figure 1.14 : Filtrante-eau-de-pluie source :

<http://hybridcreation.com/maquette/aqua/wp-content/uploads/2012/>

A la distribution de l'eau stockée et avant son arrivée aux points d'utilisation, elle peut porter de nouveau un traitement. Deux types d'appareils sont recommandés pour assurer cette mission : le filtre interne et l'appareil UV.



Figure 1.15 : Filtre interne « micro-filtre – bobine- » source : Eaux de france

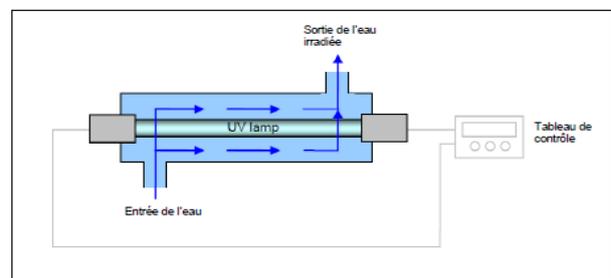


Figure 1.16 : Schéma du traitement de l'eau par UV. Source : adapté de (Leggett et al., 2001)

Pompe de distribution.

Elle a pour rôle rendre l'eau stockée en pression dans le but de l'acheminer vers les points d'usages en charge plus élevées. Cependant, cette phase de réutilisation peut être assurée de deux manières : par gravité (dans le cas d'un réservoir de tête) ou par pompe de distribution.

B. de Gouvello a proposé 4 types de pompes : pompe manuelle, pompe émergée, pompe de surface et pompe sur-presseur (de Gouvello, 2010).

La disponibilité de l'espace pour la mise en place de la cuve de stockage

Avant de décider d'installer une cuve de stockage d'un certain volume, il faut réfléchir à sa mise en place. En effet, selon son volume et son emplacement la cuve de stockage occupe un espace important soit à l'intérieur ou à l'extérieur des bâtisses, en surface ou enterré. Il convient au futur utilisateur de vérifier s'il a assez d'espace libre pour la cuve de la RREP.

En absence des normes qui régies l'espace nécessaire pour la mise en place d'une cuve de stockage de l'eau de pluviale, nous nous référant sur les manières utilisée en nos jours par les installateurs de ce type de cuves, notamment, les cuves utilisées dans l'assainissement individuel (Guide pratique, 2010). Cette méthode prévoit un espace minimal nécessaire avec des dimensions équivalents à ceux de la cuve en plus une marge, dans le but d'assurer la sécurité de la cuve dans le cas d'une installation en surface et permettant de manipuler la cuve en cas d'une installation souterraine. Le tableau suivant résume les règles de calcul de l'espace minimal nécessaire pour la mise en place selon le type de la cuve.

type de la cuve	les dimensions de l'espace		
	longueur (lon)	largeur (lar)	hauteur (hau)
cuve type (aérien extérieur)	$lon_{\text{espace}} \geq lon_{\text{cuve}} + lon_{\text{marge}}$	$lan_{\text{espace}} \geq lan_{\text{cuve}} + lan_{\text{marge}}$	Il n'y a pas d'exigence particulière, cas la cuve est installée à l'air libre
cuve type (aérien intérieur)	$lon_{\text{espace}} \geq lon_{\text{cuve}} + lon_{\text{marge}}$	$lan_{\text{espace}} \geq lan_{\text{cuve}} + lan_{\text{marge}}$	$lon_{\text{espace}} \leq lon_{\text{cuve}} - lon_{\text{marge}}$
cuve type (enterré)	$lon_{\text{espace}} \geq lon_{\text{cuve}} + lon_{\text{marge}}$	$lan_{\text{espace}} \geq lan_{\text{cuve}} + lan_{\text{marge}}$	Il n'y a pas d'exigence particulière, cas la cuve est enterrée

Tableau 1.1 : Les règles qui permettent le calcul de l'espace nécessaire à la mise en œuvre de la cuve. Belmeziti (2012)

Maintenant, nous supposons que le futur utilisateur ne dispose pas suffisamment d'espace pour mettre en place la cuve choisie. Devant une telle condition, deux solutions sont envisageables : soit, changer les dimensions de la cuve en gardant le même volume, car il existe une large gamme de cuves sur le marché qui ont le même volume mais pas les mêmes dimensions (en jouant sur la longueur, la largeur et la hauteur), mais dans certains cas cette solution ne suffit pas et le futur utilisateur est obligé dans ce cas de choisir une autre cuve avec un volume de stockage inférieur à celui de son premier choix ce qui engendre la réduction des dimensions de l'espace nécessaire à son installation. Il existe aujourd'hui sur le marché des cuves de stockage de l'eau de pluie avec des volumes étagés en 100 litres. Cet intervalle peut être utilisé par le maître d'ouvrage pour choisir le volume de la cuve en fonction de l'espace disponible. (belmeziti, 2012).

Conclusion

Le réservoir de stockage des eaux pluviales récupérées peut être construit en différents matériaux, tels que le béton, Polypropylène, Polyéthylène, fibre de verre, métal, etc... . Toutefois des accessoires accompagnatrices sont facultativement exigés. Comme on rapporte précédemment, ces concepts sont régis à partir de plusieurs paramètres et critères tel que :

- Budget initial ou financement (aides des pouvoirs publics) débité pour l'utilisation de la RREP aux niveaux des maisons (voir chapitre 04, partie II);
- Qualité d'eau qui doit être réutilisée après stockage (voir chapitre 05, partie II) ;
- Surface et volume disposés pour y installer ces cuves.

D'autre part, des réglementations et des recherches aux niveaux des pays pionniers le domaine de la RREP et leurs évolutions dans l'espace des années ont bien maîtrisé les technologies de conceptions, la fabrication, l'installation, et le suivi adéquat.

Pour l'Algérie, il suffit d'évoquer qu'on a construit des milliers de logements ruraux sans même à penser d'installer la RREP en béton ou béton banché .il est temps d'agir !!!.

CHAPITRE 2 :

Domaine d'utilisation, Réglementations et Programmes relatives à la RREP à travers le monde

Domaine d'utilisation

L'eau de pluie n'est pas dans les plus par des cas (voir chapitre 05, partie II) une eau potable : elle a été en contact avec des surfaces pouvant être polluées et contient souvent des débris végétaux, animaux ou minéraux, des micro-organismes, des métaux (zinc issu des gouttières par exemple) et différents aérosols provenant de l'atmosphère. Toute fois A. Fewkes classe les usages de l'eau pluie comme suit (Fewkes, 1999):

- Eau potable ou son complément (dans les pays en voie de développement) ;
- Complément à l'eau potable (dans les pays développés).

Après filtration, elle peut donc être employée pour des usages ne réclamant pas une eau potable : l'alimentation des toilettes et du lave-linge, l'arrosage des jardins, les nettoyages extérieurs et le lavage de véhicules. Une valorisation à plus grande échelle est également possible pour les espaces verts publics ou privés et pour certaines industries. La pollution dont peut souffrir l'eau de pluie n'est pas gênante pour ces utilisations et souvent son élimination ne requiert que des filtres ou un traitement léger.(Hassan KEDDAL,2007)

Les eaux de pluie ainsi captées et stockées servent le plus souvent à l'alimentation des chasses d'eau, à l'arrosage des espaces verts, et aux nettoyages des voiries et des véhicules ou encore à l'industrie et l'élevage. Cette pratique se répand de plus en plus aussi bien chez des particuliers que des entreprises.(Hassan KEDDAL,2007)

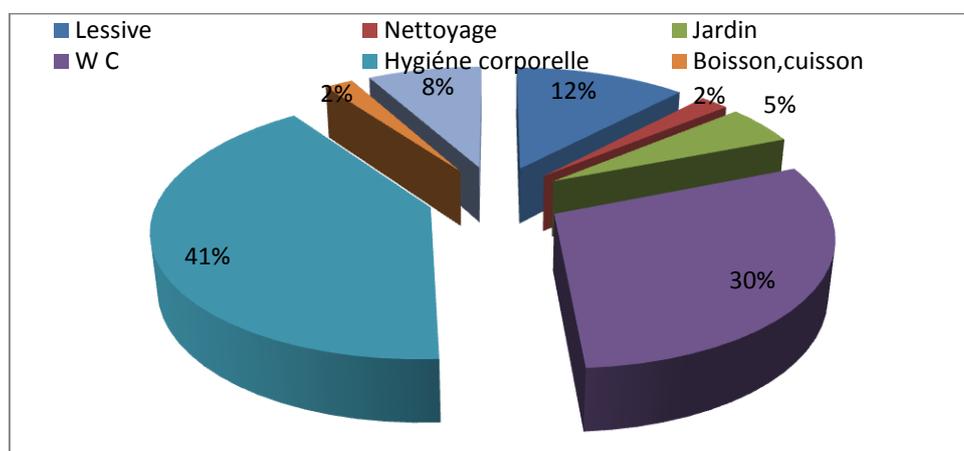


Figure 2.1. Ventilation de la consommation d'eau en fonction des usages (cas de la France)

Source : http://fr.wikipedia.org/wiki/Eau_pluviale

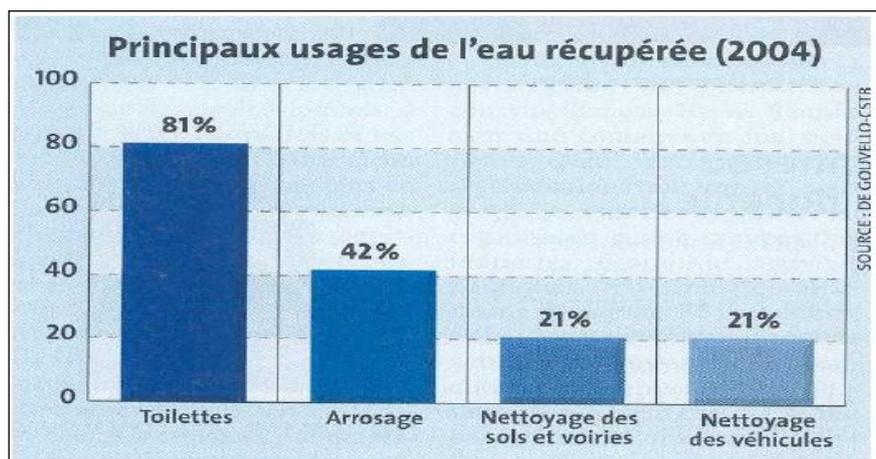


Figure 2.2 : La réutilisation des eaux pluviales en milieu urbain(de Gouvello, 2004).

(Chéron, 2004) (Soroczan, 2002).

Principalement et à notre avis, les domaines de la réutilisation de l'eau de pluie issu de la RREP ont des paramètres et des contraintes selon :

- L'aridité du climat et le non régularité des pluviométries ;
- Les habitudes des citoyens et leurs convictions vis-à-vis la RREP ;
- Qualité physico-chimique des eaux de pluie et pollution des zones où a été récolté ces de ces eaux (chapitre 05 contribution);
- La disponibilité de l'eau pour tous usages durant l'année ;
- Le prix d'un m³ et les encouragements fiscaux des pouvoirs publics.

Réglementations et Programmes relatifs à la RREP à travers le monde

Introduction

Pour bien comparer et étudier l'utilité de cette méthode, on doit se repérer aux besoins, aux enthousiasmes, et aux opportunités présentée chez les nations et les politiques de leurs états vis à vis l'eau, notamment sa disponibilité et sa gestion durable. Tout cela génère une dynamique des volontés permanente, qui accompagne et génère des législations régularisant l'utilisation de la récupération de l'eau de pluie. Tout cela, malgré que cette méthode de récupération soit d'ordre non-conventionnel, pour des domaines d'utilisations bien précises.

D'une manière comparative et explicite, on a jugé utile d'exposer quelques lois et décrets réglementaires concernant l'utilisation de la récupération de l'eau de pluie par rapport à l'urbanisme et le développement durable. Ces lois préconisent les domaines d'utilisation de

cette eau. Ces réglementations d'une manière générale concernent certains pays où ils ont mené les pertes des réseaux d'AEP au minimum. On a essayé de présenter quelques réglementations qui enveloppent les pluparts régions du monde.

En Europe

D'après Micheau (2007), pour la récupération et la valorisation des eaux de pluie, *l'Allemagne* fait figure de pionnière en favorisant l'utilisation générale de systèmes de captage des eaux de pluie pour des usages résidentiels et autres. L'intérêt manifeste à l'endroit du captage des eaux de pluie est pivot principalement sur les usages non potables, l'irrigation, chasse d'eau des toilettes et eau de lessive. L'Allemagne, toutefois, ne possède pas de mesures législatives exhaustives ou ordonnées. Les mesures législatives régissant la collecte des eaux de pluie sont entravées par l'existence d'une obligation générale de se raccorder aux conduites d'eau du fournisseur local. (Office International de l'Eau, 2008).

D'après l'Office International de l'Eau (2008), quatre critères doivent prévaloir lors de la mise en place d'un système de récupération des eaux pluviales dans un édifice :

- Sécurité sanitaire : l'installation ne doit pas être une source de risque pour l'hygiène ;
- Pas de perte de confort : l'installation ne doit pas occasionner d'odeurs, de dépôts sur les installations (céramique...), de colmatage du réseau ou des filtres ;
- Tolérance environnementale : le système ne doit pas impliquer l'utilisation de produits chimiques comme le chlore ou la consommation excessive d'énergie ;
- Les coûts d'exploitation (énergie, maintenance, surveillance) doivent être inférieurs au coût des services d'eau potable et d'assainissement, et les coûts d'investissement doivent pouvoir être amortis. Ensuite, des précautions doivent être prises pour éviter tout accident :
- L'eau de pluie doit être seulement réservée à un usage non-potable ;
- Les systèmes d'eau pluviale et d'eau potable doivent être complètement séparés au niveau hydraulique (réseaux indépendants) ;
- Il faut protéger les installations de récupération de l'eau de pluie contre la pénétration des eaux sales (par exemple citerne avec un trop-plein équipé d'un dispositif anti retour d'eau usée). Les installations de récupération d'eau pluviale doivent également

garantir la sécurité de l'évacuation des eaux pluviales excédentaires et le drainage des bâtiments.

En 2002, le DIN (Deutsches Institut für Normung), chargé des normes dans tous les secteurs et la DVGW (Fédération Allemande du Secteur du Gaz et de l'Eau) ont élaboré des normes encadrant les installations domestiques d'eau pluviale :

- Norme DIN 1989 : Systèmes d'utilisation des eaux pluviales ;
- Norme technique DVGW W 555 : Utilisation d'eau de pluie - eau de ruissellement des toitures - dans le domaine familial.

Par ailleurs, en **Belgique**, les mesures législatives nationales et des campagnes incitant à économiser l'eau et ont favorisé le recours à la réutilisation des eaux pluviales requièrent que toute nouvelle construction soit pourvue d'une installation de captage des eaux pluviales aux fins de chasse des eaux des toilettes et à l'utilisation de l'eau à l'extérieur (Chéron, 2004) et (Soroczan, 2002)... Ces mesures ont un double objet :

- Réduire la demande en eau traitée et freiner l'agrandissement des réseaux de distribution d'eau;
- Capturer et réutiliser les eaux pluviales au lieu de surcharger les réseaux d'égouts, une opportunité pour la protection contre les inondations.

L'article 90 de la loi de finances pour 2005 (n° 2004 -1484 du 30 décembre 2004) modifié par l'article 83 de la loi de finances pour 2006 (n° 2005-1719 du 30 décembre 2005) a mis en place un crédit d'impôt sur le revenu pour dépenses d'équipement de l'habitation principale en faveur des économies d'énergie et du développement durable, codifié sous l'article 200 du code général des impôts. L'article 49 de la loi sur l'eau et les milieux aquatiques (n° 2006-1772 du 30 décembre 2006) étend le champ d'application de ce crédit d'impôt au coût des équipements de récupération et de traitement des eaux pluviales.

Les dépenses relatives à cette nouvelle catégorie d'équipements ouvrent droit à un crédit d'impôt égal à 25% du montant de celles-ci (plafonné à 8000 € pour 1 personne..). L'arrêté en date du 4 mai 2007, publié au Journal officiel (n° 105 du 5 mai 2007), fixe la liste des équipements éligibles au crédit d'impôts. Ces nouvelles dispositions s'appliquent aux dépenses payées entre le 1er janvier 2007 et le 31 décembre 2009.

En France, la RREP été très répandue jusqu'au 19ème siècle. Néanmoins, dès l'arrivée du réseau public d'eau potable, elle a presque disparue, sauf dans certains endroits isolés où l'eau du réseau n'est pas encore parvenue.

Le CSTB a effectué en 2004 un recensement des dispositifs de RREP en France, il s'est intéressé notamment aux bâtiments à usage collectif. Ce recensement a permis d'identifier environ 70 projets de RREP distribués sur 25 départements majoritairement du nord, de l'est et de la Bretagne. L'étude a révélé également qu'une grande variété de bâtiments à usage collectif sont concernés (établissements scolaires, immeubles de logements, immeubles de bureaux, espaces culturels,...) (de Gouvello et al., 2004).

En 2009 et selon une enquête du C.I.Eau, 15% des français seraient équipés d'un dispositif de la RREP, ce taux augmente à 25% pour ceux qui habitent dans des maisons individuelles (C.I.Eau, 2009). K.W. König a expliqué que ces dispositifs sont souvent simples, de type «cuve aérienne extérieure» utilisée principalement pour l'arrosage du jardin et que les dispositifs compliqués qui utilisent l'eau de pluie à l'intérieur du bâtiment (rinçage des toilettes et/ou lave-linge) sont presque inexistantes en France (König, 2001). Des mesures fiscales sur les énergies et les ressources renouvelables ou les économies d'énergie existent déjà, mais il n'existe pas encore d'incitation fiscale concernant la gestion de l'eau domestique. L'enjeu de la récupération de l'eau de pluie est tant écologique, qu'économique.

En effet, la RREP permet à la fois de préserver les ressources en eau, mais également de limiter les inondations en cas de fortes pluies par rétention. Elle permet aussi de réduire complètement ou significativement sa facture d'eau et de disposer d'une certaine autonomie en cas de restriction. De plus en plus usité pour l'eau d'usage externe, notamment pour l'arrosage des jardins, la récupération d'eau de pluie reste encore marginale pour les usages internes. La récente loi sur l'eau vient d'instaurer un crédit d'impôt sur l'équipement de récupération d'eau de pluie afin d'en inciter l'installation. (Report on Rainwater Harvesting and Grey Water for Reuse for Potable and Non-Potable Uses, 2002).

Pour sa part, *le Luxembourg* a mis en place une réglementation d'encouragement qui s'apparente à l'arrêté français relatif au crédit d'impôt. Il s'agit du « règlement grand du cal du 14 mai 2003 concernant l'allocation d'une aide budgétaire aux particuliers pour la mise en place d'une installation de collecte des eaux de pluie ». Ce texte institue « une aide budgétaire

aux particuliers pour la mise en place, dans un logement ou dans un ensemble de logements, d'une installation de collecte des eaux de pluie » (art. 2). L'aide est plafonnée à 1 000 euros et des conditions sont requises pour son octroi en termes de types d'installations aidées, de bénéficiaires potentiels, d'éléments que doit comporter l'installation, de procédure de réception, de modalités administratives d'obtention de l'aide (B de Gouvelloet., al 2012) .

Aux Pays-Bas, il n'existe apparemment pas de cadre juridique spécifique pour gérer l'utilisation des eaux de pluie. Toutefois, la notion d'eaux ménagères a été introduite dans la réglementation en 2003, celle-ci étant définie comme une « eau exclusivement destinée aux chasses d'eau, à l'utilisation dans des machines à laver et à l'arrosage de jardins ». L'eau de pluie collectée est ainsi susceptible d'entrer dans cette catégorie.

Suite à un retour d'expériences sur six opérations-pilotes d'utilisation d'eaux ménagères (dont une seule à partir d'eau de pluie), le Ministère en charge de l'environnement a déconseillé l'usage de l'eau pluie non traitée pour le lave-linge et les bâtiments recevant des malades car des risques microbiologiques non maîtrisés ont été observés sur certaines opérations. Il n'en demeure pas moins qu'au niveau individuel, c'est-à-dire à petite échelle et sous la responsabilité de l'utilisateur, l'eau de pluie peut être utilisée pour l'alimentation des chasses d'eau des toilettes et des lave-linge (Abichared et al., 2008). Enfin un marquage KOMO a été institué spécifiquement pour les installations de récupération et utilisation de l'eau de pluie, ce marquage est issu d'une certification à adhésion volontaire ;(de Gouvello, 2012).

En Amérique

Le captage des eaux de pluie est rarement employé. Certains états, dont *la Floride* et *la Californie*, où il y a une forte pénurie d'eau, font exception à la règle. En revanche, on emploie ces pratiques relativement fréquemment ailleurs, avec le captage des eaux de pluie étant la méthode la plus répandue des deux pratiques, voire obligatoire dans certaines régions. Les mesures incitatives favorisant la mise en place d'installation de récupération des eaux pluviales comprennent les subventions à l'achat de citernes, des rabais pour les bâtiments munis de compteur d'eau et des remises pour les barils de captage des eaux pluviales destinés à l'irrigation des jardins(Soroczan, 2002).Toutefois, la RREP est fortement utilisée dans le quart sud-ouest des Etats-Unis (cf. Volume 1, fiche de cas correspondante). Au Canada, elle

constitue également une pratique en développement. En 2010, le gouvernement de l'Ontario a produit un guide très complet sur le thème (Govt. of Ontario, 2010).

Au Mexique, un projet pilote impliquant la commission nationale de l'eau (6) a été initié dès 1997 dans l'Etat semi-désertique et rural de Oaxaca avec l'objectif, d'une part, de fournir une source d'eau potable à un millier de personnes de plusieurs villages via la récupération des eaux des toitures des habitations et, d'autre part, de construire de petits bassins de retenue pour développer les activités agricoles (IIACA, 1998). En 2004 s'est constitué dans la ville de Mexico un organisme de démonstration et de formation spécifique à la récupération d'eau de pluie, le CIDECALL: ce centre propose des formations à différents niveaux et mène également des recherches⁷. Son directeur a le 11ème congrès international de l'IRCSA tenu à Mexico en 2003.

En Asie

L'Asie est le continent sur lequel la dynamique de la RREP est probablement la plus forte. Deux pays où cette pratique est largement répandue, à savoir l'Inde et le **Sri-Lanka**., la RREP est également fortement développée dans d'autres pays du continent

La Corée et la ville de **Tokyo**, ont indiqué qu'ils avaient des programmes incitatifs pour encourager la pose d'installations pour la réutilisation des eaux pluviales. Dans la pratique, l'eau servait pour des usages sanitaires (chasse des toilettes) et pour l'irrigation des potagers.

La ville de **Bangalore** est la première ville en **Inde** où ont promulgué des directives de captage des eaux pluviales. En raison de précipitations de l'ordre de 900-970 mm sur sept mois et de son altitude à 900 MSL, il faut pomper l'eau depuis une altitude de 400 MSL. Les coûts de pompage et les frais d'énergies sont exorbitants. Un organisme local non gouvernemental a mis au point des approches innovantes en matière de récupération des eaux pluviales et a également élaboré des directives énonçant toutes les sources possibles de captage des eaux pluviales. D'autres villes de l'Inde ont incorporé des exigences de captage des eaux de pluie dans leurs règlements municipaux, mais uniquement pour les immeubles à niveaux multiples. Dans l'approche de Bangalore, on propose d'incorporer le captage des eaux de pluie dans les règlements municipaux touchant toutes les nouvelles constructions. Quelques immeubles

gouvernementaux serviront de cas de démonstration. (Report on Rainwater Harvesting and Grey Water for Reuse for Potable and Non-Potable Uses, 2002).

En Chine, la RREP a connu un renouveau au cours des dernières décennies. L'approche adoptée depuis la fin des années 1980 a entraîné des changements considérables dans les parties rurales des régions sèches et montagneuses. Les expériences menées depuis une vingtaine d'années ont montré que l'utilisation de l'eau de pluie est une mesure stratégique pour atteindre un développement intégré dans les zones rurales. Les statistiques montrent que, en adoptant des techniques de la RREP, 15 millions de personnes ont résolu leurs problèmes d'accès à l'eau potable et 2,6 millions d'hectares de terre ont pu être irrigués (UNEP, 2009). Dans la région Nord-Ouest du Gansu, suite à une sécheresse particulièrement forte en 1995, le Gansu Research Institute for Water Conservancy avec le soutien du gouvernement provincial a lancé le « projet 1-2-1 » lequel visait à doter les paysans pauvres d'une surface de collecte d'eau de pluie, de deux structures de stockage enterrées (réservoirs de béton) et d'un terrain irrigué d'une surface d'un quinzième d'hectare (ARENE, 2010).

En Afrique

Les systèmes de RREP ont connu une diffusion assez rapide dans certaines parties de l'Afrique au cours des dernières années. Le Kenya est le pays leader en la matière. Depuis la fin des années 1970, de nombreux projets ont vu le jour dans différentes parties du pays, chacune avec leurs propres conceptions et stratégies de mise en œuvre. Ces projets, combinés aux initiatives locales de constructeurs privés de cuves appelés « fundis », ont conduit à la diffusion de milliers de réservoirs d'eau de pluie dans tout le pays. La RREP se répand également dans d'autres pays africains avec des projets actuellement au Botswana, Togo, Mali, Malawi, Afrique du Sud, Namibie, Zimbabwe, Mozambique, Sierra Leone et Tanzanie parmi d'autres (UN-Habitat, 2005). Dans ce continent, il convient de relever l'implication importante de programmes d'aide internationaux et de coopération bilatérale (projets allemands, suédois, danois, français). Dans le cadre de l'étude commanditée par l'ARENE, des expériences, menées le plus souvent dans des pays francophones, sont présentées : Mali, Bénin, Sénégal, Cameroun, Burkina Faso, Madagascar, Comores, Rwanda et Ouganda (ARENE, 2010).

En Algérie

Avec l'absence totale des dispositions spéciales ou générales pour des réglementations concernant notre méthode en question (RREP), se placent quelque directives absolues et d'une façon générale sur la gestion durable de l'eau comme l'indique cette loi du 04 Septembre 2005 journal officiel de la république algérienne relative à l'eau qui est comme suit:

Les objectifs assignés à l'utilisation, à la gestion et au développement durable des ressources en eau visent à assurer :

- Zones rurales : l'approvisionnement en eau à travers la mobilisation et la distribution d'eau en quantité suffisante et en qualité requise, pour satisfaire en priorité les besoins de la population, de l'abreuvement du cheptel et pour couvrir la demande de l'agriculture, de l'industrie et des autres activités économiques et sociales utilisatrices d'eau;
- Zones urbaines : la préservation de la salubrité publique et la protection des ressources en eau et des milieux aquatiques contre les risques de pollution à travers la collecte et l'épuration des eaux usées domestiques et industrielles ainsi que des eaux pluviales et de ruissellement dans les zones urbaines ;
- La recherche et l'évaluation des ressources en eau superficielles et souterraines ainsi que la surveillance de leur état quantitatif et qualitatif ;
- La valorisation des eaux non conventionnelles de toute nature pour accroître les potentialités hydriques ;
- La maîtrise des crues par des actions de régulation des écoulements d'eaux superficielles pour atténuer les effets nuisibles des inondations et protéger les personnes et les biens dans les zones urbaines et autres zones inondables.

Au Maroc

Bien que la technique de récupération des eaux pluviales repose sur un procédé simple, sa mise en œuvre réclame des préalables réglementaires, sanitaires, techniques et incitatifs qu'ils convient de connaître et de respecter. C'est dans ce sens que le Département de l'Environnement, en partenariat avec l'association TARGA-Aide (2008), a élaboré un guide, qui vise dans en premier lieu à vulgariser et à inciter les particuliers et les organismes (publics et privés) à s'approprier cette technique en vue de faire émerger au Maroc une culture "éco-

citoyenne" qui contribuerait à la gestion rationnelle des ressources en eau, une des assises du développement durable.

En Tunisie

Malgré l'absence des textes de lois relatives à l'utilisation de la récupération de l'eau de pluie, on découvre que la plupart des maisons individuelles sont équipées de systèmes de récupérations simples et traditionnels appelé « Majels ». « Le Majel » (figure 1.3) est conçu enterré à partir de la mise en œuvre de mortier de ciment à un certain dosage il est équipé d'un bidon lié à une corde. Avec les caractéristiques climatiques arides et semi-aride en Tunisie, Ce « Majel » par témoignages des quelques utilisateurs tunisiens de la récupération des eaux de pluie à partir des toits des maisons, offre une importante disponibilité d'eau de pluie aux ménages et durant toute l'année pour certaines utilisations domestiques (Verdeil, 2007).

Pareillement, il faut noter que des efforts liés aux études spécifiques pour des zones rurales atteintes d'une sécheresse frappante et sévère comme celle de (Desrochers, 2004) qui se résume comme suit:

« Arco Seco » ou « l'arc sec » de la République du *Panama* est considéré comme étant la région la plus sèche du pays où plusieurs zones sont atteintes de stress hydrique durant la période de Janvier à Mai. Cette région, située au cœur de l'agriculture à petite échelle, est connue pour sa déforestation sévère, ses activités d'élevage bovin et sa pénurie d'eau.

La plupart des recherches effectuées dans la région ont visé l'amélioration des fermes à grandes cultures tandis que les agriculteurs à petite échelle n'ont reçu que très peu d'attention. Cette étude fut menée dans le but de développer un outil pour l'évaluation de la mise en application renouvelable de la récolte d'eau au moyen d'étangs, pour fins d'agriculture dans la région. Un système interactif d'aide à la décision (SAD) fut développé spécifiquement pour la région « Arco Seco » et ce, pour faciliter l'estimation de la capacité de stockage de l'étang.

Dans le cadre du SAD, quatre programmes d'ordinateur furent conçus pour quatre scénarios différents: le premier, pour les sites avec des besoins en eau élevés et aucune restriction topographique en ce qui a trait à la grosseur de l'étang. Le deuxième, pour des besoins élevés, aucune restriction topographique et pour les agriculteurs désireux d'avoir une réserve d'eau disponible durant les années plus sèches; Le troisième pour des besoins en eau plutôt bas

devant être utilisé seulement durant la saison sèche, et avec des restrictions topographiques; enfin le quatrième scénario vise des besoins en eau constants tout au cours de l'année, et pour des sites où l'écoulement constitue la seule source d'eau. Il fut déterminé que le meilleur programme pour déterminer la grosseur de l'étang projeté était le programme 'Demande en Saison Sèche versus Approvisionnement'. Finalement, les techniques reliées à la récolte d'eau (ainsi que l'équipement requis) est généralement une pratique peu coûteuse, ce qui la rend accessible aux producteurs à petite échelle et à faibles revenus qui prédominent la région Semi-aride de l'Arco Seco.

L'eau de pluie moissonnée devrait être examinée avant et après le fonctionnement de traitement pour être bu, et peut être examinée par laboratoire analytique commercial, les départements de la santé Texas (voir figure 2.3).



Figure 2.3: Installation de 25,000-gallon à Timbertank au Texas
source (Troisième édition Austin, 2005)

Quelques modèles à travers le monde, Récupération et valorisation des eaux de pluie

- Singapour: on estime que 50 % des toits sont utilisés pour récupérer l'eau de pluie.
- Toronto: on compte 11000 foyers, récupèrent leurs eaux à partir des toitures.
- Tokyo: on stocke de l'eau de pluie, pour les incendies dans les vieux quartiers.

- Genève: l'utilisation d'eau de pluie, pour l'alimentation des serres du Conservatoire Botanique et le système d'arrosage du nouveau stade.
- Luxembourg: on distingue des encouragements fiscaux, substitués dans des subventions à hauteur de 25% du coût de l'installation.
- Allemagne: c'est un pays pionnier en Europe. On remarque l'Obligation de l'utilisation de la méthode, dans certaines villes (conditions pour obtenir le permis de construire). 20 % à 50 % des grandes villes subventionnent les installations. Comme exemple, à Berlin la place (PostdamerPlatz): l'utilisation d'eau de pluie est destinée pour les sanitaires et pour alimenter un lac urbain artificiel créant un microclimat plus sain.
- Belgique (Wallonie): la méthode est favorable depuis 2003, avec évaluation de l'impact sur les réseaux d'AEP.
- USA: l'utilisation de l'eau de pluie est autorisée sous conditions dans quelques États tel que (Floride, Hawaï, Californie).
- D'autres exemples de récupération réalisés par des technologies simples et traditionnels, mais vitaux pour des populations à travers le monde en voie de développement représentée dans les figures (2.4) et (2.5).



Figure 2.4: Un système domestique de 8m^3 de récupération en Sri Lanka
Source (Turner, 2000)



Figure 2.5: Un système domestique de 46m^3 de récupération en Uganda
Source (Turner, 2000)

Conclusion

En ralliant les différentes réglementations qui calent la RREP et les comparants à celles en Algérie, on distingue et on sent un regret interne de ce déséquilibre d'incitation d'encouragement et d'encadrement de la RREP .L'absence des textes législatives concernant la RREP à notre avis, ne fait pas promettre pas l'évolution de cette méthode non-conventionnel est due à ce qui suit :

- Le Prix de l'eau, qui est dérisoire par rapport à son importance ;
- Le manque des stratégies d'évolution des substances additionnel d'eau issu de méthodes non-conventionnel pour un développement durable lié au secteur eau.

CHAPITRE 3 :

Dimensionnements et

économies

Introduction

Il est fort important de noter que le développement durable suppose une gestion protectrice d'une richesse donnée (patrimoine paysager, patrimoine naturel et patrimoine bâti), de façon à permettre son renouvellement et le transmettre aux générations futures (Ferrari, 2005).

Toutes les études à nos jours ont présenté la méthode de la récupération selon les aspects technologiques (installations et autres), réglementaires, qualitatives et quantitatives. Les aspects quantitatifs sont évalués selon un bilan des réserves en eau de pluie annuelle ou saisonnière. Les études les plus récentes ont pris en compte un billon de réserve mensuelle en précisant les domaines d'utilisation de cette eau tel que l'arrosage et les sanitaires. Ces domaines d'utilisation sont régis par des réglementations interprétées par des lois à travers le monde selon les critères de qualité de vie de chaque nation. Toute qualité d'eau est contrôlée d'une façon permanente et obligatoire ou optionnelle.

Des nouvelles recherches poussent au maximum les études pour saisir l'opportunité de profiter de la portunité qui offre la RREP dans les deux(02) volets Quantité et qualité. Cette eau de pluie est peut être contaminée par des martiaux en état condensés, dans certaines zones. Un éventuel traitement adéquat peut rendre cette eau para potable, voir même potable.

On remarque que la majorité des nations à travers le monde sont caractérisés par des climats aride, semi-aride ou pluvial désirent préserver et utiliser ces richesses en eaux objectivement en impliquant le citoyen par l'application d'un prix réel, comme il est rapporté auparavant.

En Algérie, les services d'eau appliquent des prix sociales, plus fondé un prix abordable(Henri, 2008) pour l'eau. Toutefois, et à notre avis, cette politique freine le déploiement des initiatives à utiliser l'eau non conventionnelle comme la récupération des eaux de pluie. Ces initiatives sont substituées à travers des crédits bancaires pour des installations des systèmes de récupérations des eaux pluviales à partir des toits des maisons, ou autres comme les établissements scolaires et les surfaces viabilisées. Ces politiques sont loin d'élaborer un rapport de comparaison en terme de volume entre l'eau de pluie récupérable et l'impact des fuites sur réseau d'AEP estimée à 40 % comme moyenne à l'échelle national (SEAAL, 2006) d'une partie et des taux d'évaporation annuel très élevés atteignant 80 % de l'eau de surface stockée dans des barrages ou autres eaux à ciel découvert (ANRH, 2008).

On observe que certains pays à climat aride ou semi-aride, sont freinés par des contraintes budgétaires, et un manque d'inspiration d'idées concernant les ressources renouvelables comme l'énergie et le récupérable comme l'eau de pluie. Notamment en Algérie, où le prix de l'eau n'est que dérisoire par rapport à son prix de revient.

Il faut chercher à optimiser un volume réel d'une cuve de récupération selon les pluviométries et les besoins journaliers. Cette cuve entrepose un volume d'eau comparable aux pertes par évaporation et fuites des réseaux d'AEP. De ce fait, on ouvre un horizon de généraliser cette méthode par sensibilisation et encouragements des citoyens à travers les pouvoirs publics.

Principalement dans notre présente thèse, on opte à une nouvelle approche presque exacte et optimale, qui est l'équivalence économique entre la précipitation et les besoins journaliers. C'est à dire suivre un bilan de besoin de consommation en eau journalier constant et celui qui provient d'une précipitation journalière incertaine, durant toute l'année, stockée dans une cuve à moindre coût mais très efficace en terme de particularité stockage-disponibilité.

Toutefois, Comme il est noté avant plusieurs études sont basées sur la qualité et les domaines d'utilisation d'eau de pluie, aussi une évaluation des quantités selon des réserves à modes aléatoires, trimestrielle, bimestriels. L'étude la plus récente se base sur un bilan mensuel.

Alors, notre approche va essayer de valoriser la quantité d'eau à récupérer pour une saison pluviométrique en dépit des séries des données : une, deux, et plusieurs années consécutives.

En comparaison avec la quantité perdue d'eau par les réseaux de distribution et par le phénomène d'évaporation, cette eau peut être stockée et utilisée dans une cuve très économique. Cette comparaison se fonde sur des principes de calculs simples mais réels. Ces calculs seront traduits par l'élaboration des graphes quantitatifs et budgétaires.

Méthodes Existantes de Dimensionnement

Selon Sprouse (2005), Baillieux (2004), Krishna (2003) et Texas Water Development Board (2005), deux méthodes sont actuellement les plus utilisées :

- La première méthode est simple et produit une estimation approximative du réservoir. Cette méthode est populaire parmi les professionnels et consiste à dimensionner un réservoir pour répondre aux besoins pendant une saison entière, c'est-à-dire, le quart

de l'année. L'équation (2.1) permet d'estimer le volume de la cuve qui couvre les besoins de R_j jour de l'année :

$$V = A * P * C * \frac{R_j}{365} \dots\dots\dots [3.1] \text{Où}$$

V : le volume du réservoir nécessaire;

A : surface horizontalement projetée de la toiture;

P: la pluviométrie annuelle moyenne;

C : coefficient de ruissellement;

R_j : le nombre de jours de couverture. Pour $R_j=120$ jours, la réserve doit couvrir les besoins pendant un tiers de l'année. Cette approche produit un système onéreux avec un grand volume de stockage.

- La deuxième méthode consiste à utiliser la balance mensuelle de l'eau. Le volume d'eau récupéré est ajouté à la balance précédente du réservoir et on y soustrait la demande du mois. La demande en eau par habitation à Souk-Ahras est entre 110 à 150 l/p/j. Dans cette application une demande de 130 l/h/j est utilisée. Il est à noter que la demande d'eau spécifique est obtenue en divisant la somme de toutes les demandes sur la population. Ainsi, la demande d'eau par personne dans une habitation est inférieure à la dotation publiée dans la littérature.

Ces méthodes sont limitées pour les trois raisons suivantes :

- La pluviométrie n'est pas toujours en mesure de produire assez d'eau pour couvrir la période souhaitée;
- La surface de récupération (toiture) peut ne pas être assez grande pour produire la quantité d'eau nécessaire;
- En plus, elles sont basées sur l'aspect capacité de récupération et sans tenir compte des facteurs économiques que ce soit local du bénéficiaire ou global du pays tout entier.

Il est impératif d'évoquer une autre méthode enveloppant les deux mais d'une manière inverse. Cette méthode développée par (Réfea, 2004) se base principalement sur la dotation et les

besoins des personnes en eau. Ce qui est à notre avis, la démarque d'un facteur essentiel c'est le paramètre économique.

Cette méthode d'évaluation de volume des cuves de récupération se résume comme suit:

$$V = t * n * q * Et \dots\dots\dots [3.2] \text{Où}$$

V: volume de la citerne; t: nombre des jours de saison sèche; n: nombre des personnes utilisant la citerne; q: niveau de consommation par capita et par personne ; Et: évaporation.

On voit que dans cette méthode, on a évoqué l'évapotranspiration. Logiquement, ce dernier est loin d'être prise en compte pour un dimensionnement adéquat, faute de contact entre l'eau et l'atmosphère pour une cuve couverte ou enterré, c'est le cas du modèle des cuves proposés pour l'Algérie (voir chapitre 04contributions).

La méthode développée par (de Gouvello, 2010) et (Rivron, 2009) donne une « zone optimale » du point de vue hydrologique (elle maximise le taux de recouvrement mais avec un volume de stockage qui reste dans le raisonnable). Cette zone est délimitée par un point bas « U2 » et un point haut « U3» (voir figure 3.1)ci-dessous. Chaque point de cette fourchette [U2, U3] peut être considéré comme un point de compromis acceptable pour le choix du volume de la cuve. La méthode privilégie, ensuite, le choix d'un seul point, car nous avons besoin d'un seul volume de cuve. Ce point est obtenu à l'intérieur de la « zone optimale ». Il est déterminé de façon purement mathématique, mais le futur utilisateur de la RREP est libre de choisir un autre point dans la fourchette pour formuler le volume et le taux de recouvrement souhaités. Partant de ce constat et suivant notre principe méthodologique de « majoration ». La présente méthode préfère le point U3 (la borne supérieure de la « zone optimale ») pour formuler le volume de la cuve et le taux de recouvrement. Il s'agit de favoriser au maximum l'utilisation de l'eau de pluie, tout en restant dans une fourchette de volume de cuve acceptable.

Le Potentiel de Stockage et d'Utilisation de l'eau de pluie est appelé PSU. autrement-dit le PSU représente. Mathématiquement, le PSU est calculé par l'équation suivante :

$$PSU = EU3 * D \dots\dots\dots [3.3] \text{Où :}$$

EU3 : est le taux de recouvrement qui correspond au point U3 ;

D : la demande (besoins en eau de pluie déclaré au départ).

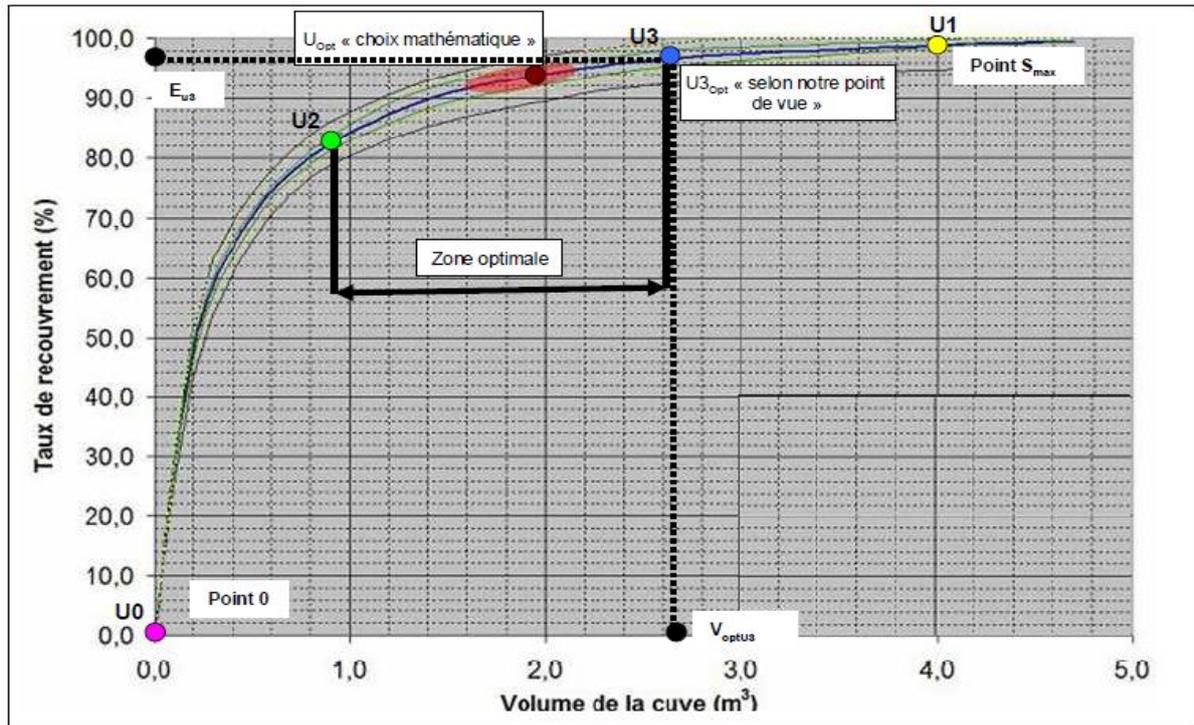


Figure 3.1. Volume optimal (U_{3opt}). Source : adaptée de (De Gouvello,2010)

Le calcul du Potentiel de Stockage et d'Utilisation (PSU) de l'eau de pluie

Le PSU est défini comme étant la quantité de l'eau de pluie récupérée, stockée et utilisée afin de remplacer celle du réseau d'eau potable. Cette quantité est exprimée en mètre cube sur une période de un an (m^3/an) et elle correspond au point U3 de la courbe.

Les données pluviométriques « précipitation »

Elles sont nécessaires pour calculer la quantité captée et récupérée en aval des toitures des bâtiments (surfaces drainante). Ces données peuvent être exprimées selon différentes formes selon la période considérée : annuelle, mensuel, hebdomadaire, quotidienne,...

Dans cette étude ils ont utilisé les données de 30 années (1976-2005) de données quotidiennes de précipitations issues de la station métrologique « Paris-Montsouris ».

Les besoins en eau de pluie

La définition des besoins en eau de pluie passe par le choix d'un « scénario d'usage » d'utilisation de l'eau de pluie. Comme nous l'avons expliqué, ce choix comporte : les usages

envisagés, le ratio la fréquence de chaque usage. Afin de définir le volume de nos besoins en eau de pluie, nous devons renseigner un certain nombre de paramètres :

Volume des besoins pour un seul usage de l'eau de pluie, est décrit par l'équation suivante

$$V_{bu} = R_u \times F_u \dots \dots \dots [3.4] \text{ Où :}$$

V_{bu} : le volume des besoins d'un usage donné de l'eau de pluie ;

R_u : le ratio de l'usage considéré ;

F_u : la fréquence de l'usage considéré.

Tandis que le volume des besoins globaux est calculé généralement sur une période de un an en raison de la différence entre des fréquences des différents usages. Ce volume est décrit par

L'équation suivante : $V_{bg} = \sum_{u=1}^{u=n} V_{bu} \dots \dots \dots [3.5] \text{ Où :}$

V_{bg} : le volume des besoins globaux annuels ;

V_{bu} : le volume des besoins d'un usage donné ;

n : le nombre des usages de l'eau de pluie considérés.

Le tableau suivant rapporté par Belmeziti(2012) récapitule les différents ratios d'utilisation de l'eau de pluie issue de la RREP concernant les différents usages, les surfaces drainantes et abritant les différents utilisateurs et les volumes de base :

Volume de base			
Usage	Spécifique	Ratio	Fréquence
	Domicile	27.4 l/jour/hab	Jour (30 l/hab/340jour)
	Professionnel (employé)	11 l/jour/emp	Jour (18 l/emp/220jour)
WC	Professionnel (visiteur)	1.25 l/jour/vis	Jour (1.8 l/vis/250jour)
	Elève	2 l/jour/Elé	Jour (4 l/elé/175jour)
	Nuitée	27 l/jour/nuitée	Nuit passée (hôtel,...)
Arrosage	Arrosage	3 l/m ²	chaque jour de la période (Avril- Octobre) sauf les jours de pluies
	Intérieur (manuel)	0.15 l/m ²	4 fois par semaine
	Intérieur (auto laveuse)	0.1 l/m ²	2 fois par semaine
Lavage sol	Extérieur	0.15 l/m ²	1 fois par semaine
	Domicile	200 l/véh	6 fois par an
Lavage véhicule	Station lavage	150 l/véh	11.5 fois par an
Lave-linge	Lave-linge	80 l/cycle (per)	1 cycle par semaine

Tableau 3.1. Volume de base d'utilisation de l'eau.

Finalement, on ne peut pas se passer sur une fameuse et récente méthode Anglaise proposée par L'Agence de L'environnement du Royaume-Uni .Cette approche recommande une formule qui Combine entre le côté de l'offre et de la demande. La méthode détermine la taille requise du réservoir soitPourcentage défini par l'utilisateur du MAP (5%) Est suggéré pour le Royaume-Uni), ou de la moyenneLa demande annuelle, la plus petite des deux (WardEt al.,2010). Ward et al (2010) affirment que leLa taille est ensuite calculée comme suit:

$$S = P * A * CF * F * MAP \dots\dots\dots[3.6] \quad \text{Oú:}$$

P : Pourcentage défini par l'utilisateur ; A : surface du toiture ; Cf :coef de ruissellement pour chaque type de toit ; F :Efficacité du filtre système ; MAP : Précipitation annuelle moyenne.

Le coefficient de ruissellement est une fonction de l'intégrité de la toiture et de la gouttière, elle est habituellement prise près de 1 pour les toits conçus en matériaux imperméables. L'efficacité du filtre du système est déterminée par la présence et la nature de un dispositif de filtrage inclus pour confirmer la qualité de l'eau avant de le stocker dans le réservoir e. si la demande $D < map$, le map serait remplacé par le rapport annuel (D) .

Conclusion

De nos jours, la plupart des réservoirs de la RREP en usage sont surdimensionnés, ce qui crée une augmentation non seulement du prix d'achat, mais aussi des de maintenance. Selon le climat local et le Les besoins des ménages en eau, le réservoir de taille juste sera aussi efficace que d'avoir un plus grand. La taille des réservoirs d'eau de pluie dépend de nombreuses variables qui doivent être prises en compte dans le

Configuration du système de RREP. Les facteurs prédominants sont la taille du toit à laquelle Le réservoir sera connecté, le volume et le calendrier des précipitations dans la zone spécifique, l'utilisation et les besoins De l'eau par les consommateurs, et le nombre de personnes vivant dans le logement. Coûts Le besoin d'eau dans Le ménage dépendra des pratiques d'utilisation internes et externes: la capacité du réservoir Changer selon que l'eau soit utilisée pour le rinçage des toilettes et la lessive, ou pour boire comme

Bien, ou si cela couvre également les besoins en jardinage et en lavage de voitures. Autres variables à prendre en compte lorsque l'utilisation de l'eau est calculée sont la présence de dispositifs d'économie d'eau dans la maison Comme des pommes de douche étanches, des toilettes à demi-chasse d'eau et des machines à laver à chargement frontal. Les étapes générales incluent le calcul de l'eau de pluie à collecter par an, en utilisant les données annuelles Les estimations de l'eau de pluie avec un facteur de sécurité de 80% en raison de la surcharge et du déversement; calculs de Les besoins annuels de l'eau de pluie par l'habitation en fonction de ses pratiques d'utilisation; Estimant le plus longtemps Période de sécheresse possible dans la région. Une fois que tous ces chiffres sont connus, une comparaison est nécessaire entre Le volume récolté possible d'eau de pluie par an et les besoins annuels. Le

plus petit des deux est Pris pour obtenir l'eau requise dans le réservoir pour l'étendue de la période sèche, ce qui donne d'une manière non exacte le besoin Capacité du réservoir.

PARTIE II : CONTRIBUTION

CHAPITRE 4 :

Approche de

dimensionnement

Introduction

La reproduction des modèles liés aux dimensionnements des cuves de stockages des pluies issus de la RREP et les analyses des coûts des systèmes de récupération d'eau de pluie à partir des toits des maisons, sont régies par des méthodes traditionnelles voir même récentes qui sont à notre avis, approximatives comme il rapporter dans la, partie état de l'art chapitre 03.

Ces différentes méthodes sont basées sur des approches et des philosophies plus au moins proches. Cependant et dans une majorité des approches, il existe l'oppression des quantités à récolter puis à stocker, ce qui agisse sur l'importance des volumes des cuves .mais, il existe autres méthodes de dimensionnements cuves de stockage de la RREP, basés sur des approches scientifiques qui résonnent sur des points de vue économiques .En t'outre, ils existent autres qui se basent sur la demandes (dotations). En effet, on a pu voir l'Independence marquante des paramètres de création des modèles et des méthodes de RREP.

Notre nouvelle méthode présentée dans ce présent chapitre apporte des solutions aux limites des méthodes existantes (Guebail et al. 2011).Le principal inconvénient de cette méthode est le tarif administré appliqué au m³ de l'eau, qui limite le développement de l'utilisation de la récupération de l'eau de pluviale en Algérie. Cet inconvénient peut être reçu par l'application d'un juste prix de l'eau (budget débité aux pouvoirs publics) et le besoin d'une disponibilité durable et permanente des ressources en eau. Cette disponibilité devient déterminante aux zones arides, rurale et dé prévue des ressources en eaux qui tombe du ciel, ruissèle sur le sol, nuise les réseaux d'assainissement pour être rapidement perdue et évaporer dans la nature.



Figure 4.1.:Pour quoi on cherche un supplément d'eau nécessaire ailleurs (Spource et al, 2005)

Dans ce chapitre on va essayer de présenter notre méthode de dimensionnement des cuves de stockage des eaux de pluies récoltées à partir de la RREP dans deux (02) parties. La première partie sera désignant et applicable séparément pour trois cas d'étude Souk Ahras, Tébessa à l'EST de l'Algérie et Sfax à l'EST de la Tunisie avec des pluviométries différentes, selon des besoins différents (nombre de personnes entre 5et 20), avec des surface d'interface croissants (entre 20 et 200). Tandis que la deuxième se base sur une corrélation des résultats trouvés

séparément. Cette corrélation peut concerner une bande géographique entre les 03 points (zones) précédemment mentionnés. Ce raisonnement permet sans doute de trouver une formule mathématique de dimensionnement des cuves de stockage des eaux de pluies récoltées à partir de la RREP, utilisable à une région. C'est un nouveau modèle mathématique prenant en compte tous les volets de la RREP.

Partie A

Introduction sur les zones d'étude

La compréhension du milieu physique ainsi que des activités socio-économiques des populations qui l'habitent est indispensable dans l'étude des composantes de la disponibilité dans le domaine de la maîtrise d'utilisation de l'eau.

Le milieu physique est représenté par le relief, l'occupation naturelle de la zone d'étude, Ainsi, la connaissance des conditions climatiques d'une région notamment la pluviométrie, les pertes par évaporation des eaux de surface, et du réseau AEP, et une corrélation avec les besoins ou dotations journalières, permet de mieux maîtriser les apports non contrôlés qui engendrent le bon fonctionnement du système de prévision et de gestion des ressources hydriques à court, à moyen, et notamment à long terme.

Simplement déployer, un apport très important qui porte le principe de la gestion durable de l'eau, et qui constitue un argument complémentaire à notre but de recherche.

Situations géographique des zones d'étude

Souk-Ahras se situe dans le Nord-est de l'Algérie, au sud des wilayas d'Annaba, El-Tarf, et Guelma. Cette zone située dans l'atlas tellien représenté ici par les monts de la Medjerda, constitués par deux axes montagneux de direction NE-SO. L'axe Nord est constitué par les Djebels Ras El Alia, Arous, et à l'Est le DJ.Mesid qui atteint l'altitude de 1406 m. Au sud, le deuxième axe parallèle au précédent est constitué par les Djebels: Zellez (1110 m), Berda (1129 m) entre ces deux chaînes de montagnes se situe la vallée de la Medjerda. La région de Ain dalia qui est distante de 10 kms de la ville de Souk-Ahras est connue presque par les mêmes caractéristiques physiques de la ville de Souk-Ahras, située au côté aval du bassin versant de Khemissa d'une altimétrie de (640 m).

Tébessaville frontalière avec la Tunisie, est située à l'extrême Nord-est algérien, au sud de la wilaya de Souk-Ahras et l'est de la wilaya d'Oum-Elbouaghi et Khenchla, et à l'ouest des frontières tunisiennes, elle se situe à la porte du désert avec une altimétrie de 910 m. La ville de Tébessa est limitée au Sud par la wilaya de Biskra, à l'Ouest par celui de Constantine.

Sfax fait partie de la Tunisie orientale située sur le rivage Nord du golfe de Gabès cote de la mer méditerranéenne.

Pour projeter notre étude sur les zones visées (figure 3.1) à caractères aride et semi-aride, on a collecté par nos soins quelques enregistrements sur les pluviométries journalières représentés par des graphes pour une série de cinq ans d'une moyenne journalière, concernant :

- Souk-Ahras ;
- Tébessa ;
- Sfax (Tunisie).

Cette logique permet de mieux analyser une série des résultats pour une bande de zones représentées sur la figure (3.1) afin de prendre une limite générale adhérent une situation géographique à même caractère hydrologique.

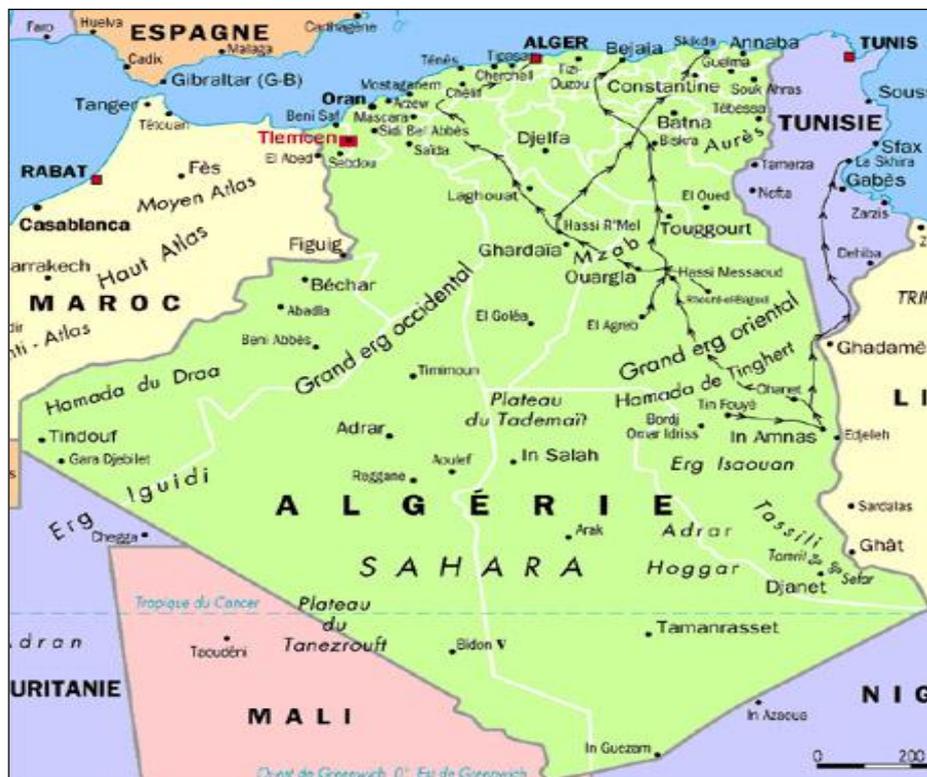


Figure 4.2.: Carte enveloppant les positions des zones d'étude

Source : (carte d'Algérie)

Pluviométrie des zones d'étude

L'eau est un facteur essentiel pour le développement du secteur agricole, industriel et touristique et vital pour l'alimentation en eau potable, le maintien de la croissance économique reste tributaire de ce facteur qui est cependant un facteur limitant et limité.

Si la superficie de Souk-Ahras est modeste, la baisse rapide de la pluviométrie entre le Nord et le Sud de la région donne lieu à une grande diversité et à une variation des conditions climatiques. La pluviométrie annuelle peut atteindre 1000 à 1200 mm/an au Nord de la région sur les montagnes qui constituent la frontière avec El -Tarf et qui sont recouvertes de grandes forêts. La pluviométrie annuelle baisse à un chiffre moyen de 600 mm/an dans les zones côtières à forte population humaines à **Souk-Ahras** centre ; plus au sud on trouve que la pluviométrie ne dépasse pas les 400 mm par an.

D'après Djabri (2006), la précipitation moyenne de la région de Tébessa est de l'ordre 300mm/an pendant la période 1906-2006.

La Tunisie orientale et son prolongement maritime sont à la limite des climats; tempéréchaud méditerranéen et subtropical saharien. A terre, il s'agit du climat méditerranéen steppique et en mer, l'influence modératrice des masses d'eau donne une composante plus tempérée en particulier en hiver, où elle atteint l'Est de la Tripolitaine (Despois, 1955). .

Les principales caractéristiques du climat pélagien sont:

- Chaleur permanente et forte en été; instabilité du climat pendant le reste de l'année;
- Faibles précipitations.

L'analyse pluviométrique a pour base l'existence d'une importante banque de données de pluies journalières et annuelles, ainsi que d'autres données climatiques, telles que la température, l'humidité et l'évaporation. La région de **Sfax** est caractérisée par une irrégularité pluviométrique dans le temps et dans l'espace. De ce fait, et d'après les données météorologiques de la station d'El Maou (Sfax), on obtient une pluviométrie moyenne annuelle égale à 216 mm/an, pour la période 1901–1990.

Postes des mesures pluviométriques

L'analyse pluviométrique a pour base l'existence d'une importante banque de données de pluie à bilan journalier, mensuel et annuel ainsi que d'autres données climatiques les températures, des taux d'humidité de l'air qui favorisent le calcul de l'évaporation.

Ces données sont obtenues à partir de l'Agence Nationale des Ressources Hydriques et de l'Institut de Météorologie. Un total de 03 stations pluviométriques a été considéré dans cette étude sur une chronologie des dates compatibles à notre étude. L'apport de la présente étude à la banque de données, consiste en une vérification de toutes les qualités des données qui ont été réalisée en même temps que la spécification de leur origine.

Les pluviographes de la météo sont les plus utiles dans cette étude de faite qu'elles donnent des enregistrements journaliers des précipitations (voir annexe).

Contrôle des données

Avant de pouvoir exploiter les données et bien qu'elles soient dans un format adéquat, il importe de contrôler la fiabilité et la précision de ces dernières. Le contrôle permet de valider les données avant leur organisation au sein d'une banque de données pour leur mise à disposition à des fins opérationnelles.

La méthode de double masse (Brunet-Moret, 1979) a été utilisée, dans cette étude, pour le contrôle des données pluviométriques. Cette méthode vérifie l'homogénéité temporelle d'une suite des précipitations annuelles d'une station par rapport à une station homogène dans le temps appartenant à la même zone climatique

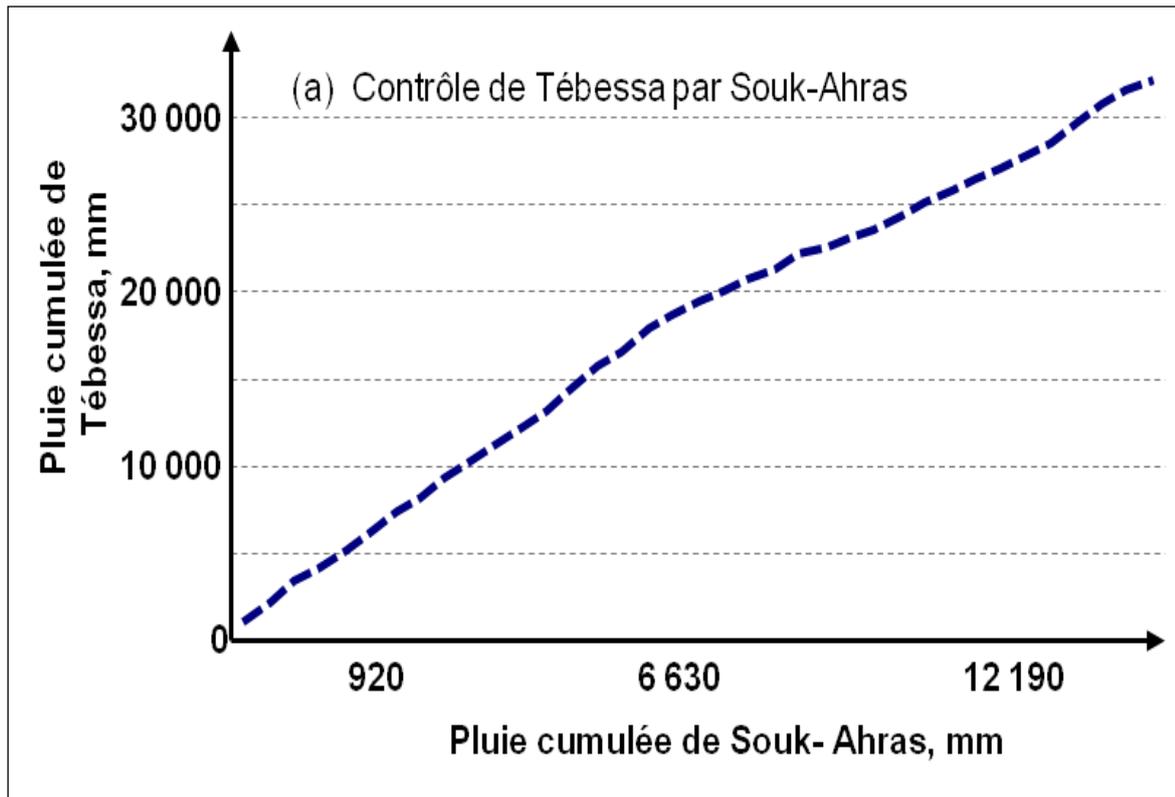


Figure 4.3. : Contrôle de pluie annuelle d'une station par rapport à une autre (Mrad, 2009)

Coefficient de ruissellement (Cf)

Il dépend de la nature de matériaux constituant les surfaces de collecte des eaux de pluie et allant de 0.75 à 0.90 selon la nature des toits et leurs pentes. Ces coefficients ont une importance aux calcule démontrant une différence d'ordre de 15%.

Selon la nature des toits est leur conception pour notre cas d'étude, on a pris ce coefficient (Cf) égal à 0.90 (Réfea, 2006).

Disposition d'activité et dotation des habitations

Le besoin journalier en eau selon son domaine d'utilisation est un axe essentiel tournant autour, notre étude. On peut constater que la dotation journalière dépend essentiellement des activités des habitations qui sont à raison sociale soit 130 l/p/j pour les villes et 80 l/p/j pour les zones rurales (ADE, 2007).

Le nombre pris en compte des habitations séparées avec surface des toitures normalisées de 100 m² est de 240 habitations individuelles avec la moyenne nationale est de 7 personnes par maison (ONS, 2008).

L'évaporation

Après avoir conçu un aperçu sur les éléments dominant influent sur l'évaporation, celle-ci qui dépend essentiellement de la température. Elle est également liée au vent et a l'humidité atmosphérique mais par des relations plus complexes.

Aux cours de ces dernières années, où ces zones ont connues un sensible réchauffement, il apparaît qu'au niveau des quantités d'eau évaporées, la corrélation est concluante. Deux visions de l'évaporation ont été examinées. La première est celle du physicien mathématicien cherchant les faits qui collent à une formule, des points suffisants sont ressortis pour montrer les sources possibles de faiblesse dans le traitement théorique des méthodes de déficit d'humidité et de bilan d'énergie et pour montrer l'importance relative des quantités qui doivent être mesurées pour obtenir une précision adéquate dans les essais expérimentaux.

La seconde est celle de l'homme de terrain, l'ingénieur dans le domaine de l'eau ou météorologiste, qui cherche une formule qui colle à des faits. Des formules ont été données et là où toutes les valeurs nécessaires peuvent être mesurées, ou prédites, on peut alors estimer ou prévoir des taux d'évaporation fiables. Des aspects empiriques persistent dans les estimations données par ces deux méthodes et jusqu'à ce que ceux-ci soient supprimés. Des doutes subsisteront en ce qui concerne l'éventualité d'une transposition réussie de ces deux formules dans le temps ou l'espace (Ludovic, 2004). En contrepartie, pour notre cas d'étude il est nécessaire de tenir compte d'évaporation journalière qui dépend en plus les facteurs cités ci-dessus, la vitesse de vent, et l'hygrométrie de l'air ambiant. Cependant pour chaque station des zones d'étude on obtient ce qui suit:

- **Souk-Ahras:** pour une température moyenne annuelle de 16.95°C, 18°C de l'eau, 50% (HR) et 3 m/s qui est le cas général ou les enregistrements moyenne annuel étalant durant l'année le débit d'évaporation calculé a 0.105 l/h/m² soit 2.52 l/j/m²
- **Tébessa:** pour une température moyenne annuelle de 15.53°C, 19°C de l'eau, 40% (HR) et 3 m/s qui est le cas général ou les enregistrements moyenne annuel étalant durant l'année le débit d'évaporation calculé a 0.119 (l/h/m²) soit 2.856 (l/j/m²)
- **Sfax:** elle est élevée sur toute la région et tout le long de l'année, même en hiver où elle atteint sa valeur minimale de 127mm. Le maximum est enregistré en été avec une valeur voisine de 602mm, accentuant ainsi d'avantage la sécheresse (Maliki, 1994).

Perte dans les réseaux d'AEP

Les pertes de réseau ADE d'AEP consiste en une contrainte vis-à-vis au développement durable du secteur eau, c'est un argument majeur avec le phénomène de l'évaporation des eaux de surface pour l'existence et le développement de la méthode de collecte des eaux pluviales. Les pertes des réseaux AEP est estimée dans notre étude à 40 % à l'échelle nationale et 50 % pour la zone d'étude (SEAAL, 2006).

Méthodologie

Notre méthodologie fondamentale, vise à illustrer une approche simple en utilisant des graphes pratiques. Ces derniers sont développés à l'aide d'un ensemble des programmes de calcul sous Excel (voir annexe), selon l'utilisation des différentes séries pluviométriques des régions d'étude (Sfax en Est de la Tunisie, Tébessa et Souk-Ahras au Nord-est de l'Algérie), couvrant la période de **septembre 1969 à Aout 1979**. Cette période est prise d'un seul intervalle d'une décennie. Ces pluviométries varient annuellement entre **216 et 500 mm/an**.

Cette méthodologie utilise principalement le coût total pendant la durée de vie du système de récupération d'eau de pluie, estimée à 20 ans (Turner, 2000). Celle-ci est présentée à travers des exemples d'application pour des maisons ayant des diverses surfaces d'aires des toitures, caractérisées par un coefficient de ruissellement (Cf) égal à **0,9**.

Pour bien assimiler l'étude selon un intérêt économique, plusieurs volumes de stockage ont été introduits dans notre programme de calcul. Le volume de pluie récupéré augmente avec le volume du réservoir. Logiquement, pour substantiellement augmenter la durée de couverture on est obligé d'utiliser de grands réservoirs. En réalité, cette proportionnalité continue jusqu'à une valeur limite de ce dernier à partir duquel le volume récupéré devient pratiquement constant et indépendant du volume de réservoir. Ceci est dû aux caractéristiques des précipitations dans ces régions (figure 4.4). En plus, les considérations économiques ne peuvent le justifier. Cet aspect du problème n'a pas été reporté dans les études précédentes. En effet, il n'y a pas toujours un volume de réservoir correspondant à n'importe quelle récupération d'eau de pluie souhaitée.

Le but de ce travail est de présenter une nouvelle méthode de dimensionnement en mettant le point sur les éléments suivants :

- Analyser la méthode de stockage d'eau de pluie récupérée sur une longue période pour évaluer sa durabilité;
- Proposer une méthode de calcul du volume optimal de la cuve de stockage en fonction de la pluviométrie réelle de la région et de la demande;
- Évaluer et quantifier l'impact de l'utilisation d'un tel système en Algérie, en terme cout et volume;
- Effectuer des interprétations graphiques concrétisant notre travail d'optimisation des couts d'installation des systèmes de récupération ;
- Constituer des graphs de lecture de dimensionnement des cuves de stockage de la RREP (V) et (S) selon le nbr des personnes (utilisateurs) et pluviométrie annuel.

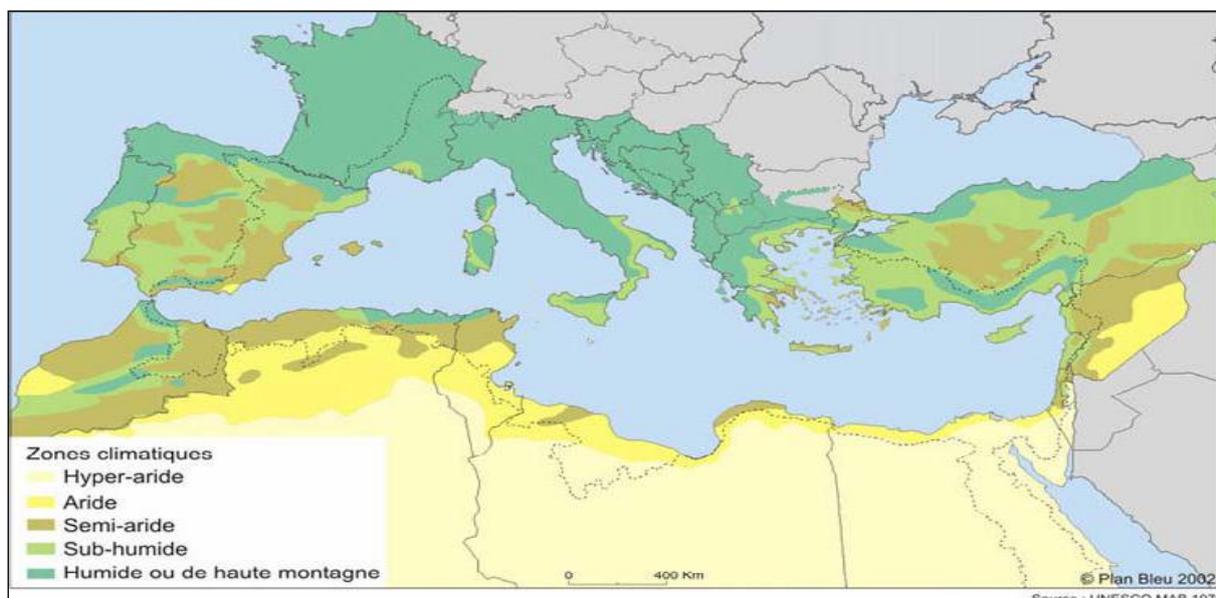


Figure4.4 : Représentation générale climatique des Zones d'étude Source : (UNESCO MAB, 1979)

Pour bien illustrer notre approche, trois régions sus présentées sont prisent comme cibles. Ces régions sont étudiées selon des variables moyennes, de 20 à 200 m² des surfaces drainantes. Celles-ci sont utilisées dans la collecte des eaux de pluie, avec cinq cas de besoins de 5 à 20 personnes. Cette collecte offre une opportunité de comparaison des volumes d'eau de pluie éventuellement récupéré et utilisé par rapport à son équivalent distribué par les services publics de l'eau. Sachant que, ce volume équivalent subit des pertes résiduelles et évidentes.

Résultats et analyses

Dans notre présent ouvrage, ont procédé a utilisé un ensemble des programmes de calcul sous Excel (voir annexe) supposant que les habitants continueront à utiliser, dans toutes les conditions, l'eau du robinet au moins pour la boisson et la cuisine. On a estimé qu'une personne à besoin de 5 litres par jour.

Ces programmes contiennent les données suivantes :

- Pluviométries journalières;
- Dotations journalières;
- Surfaces drainantes vers les cuves de RREP;
- Volume d'eau stocké, utilisé et perdu par évaporation et fuites sur réseaux d'AEP;
- Taux d'intérêt d'investissement initial.

Balance journalière

Le rapport de balance journalière d'eau par habitation est fait entre les observations pluviométriques et les stockages accommodés, avec un équilibre possible déduit par un volume de stockage optimal. Cette concordance et balance montre un changement considérable entre les zones d'étude. Ce changement est dû aux variations des données pluviométriques d'une zone à l'autre. Evidement sur le figure (4.5.A), on peut distinguer un équilibre apparent correspond à un volume de 5.5 m³ couvrant la majorité des observations pluviométriques journalières durant la période des dix années confédérées et unies. Par contre sur la figure (4.5.B), le volume correspondant équivalant à 7 m³. D'autre part sur notre figure (4.5.C) la même observation se tourne autour de 6 m³. Si on lit ces observations en matière d'intervalles, on ne remarque pas des grandes différences, mais on peut toucher une facilité d'inspirer les volumes des réservoirs de récupération d'eau voulus issu de la RREP avec écarts de dimensionnement des cuves présumés.

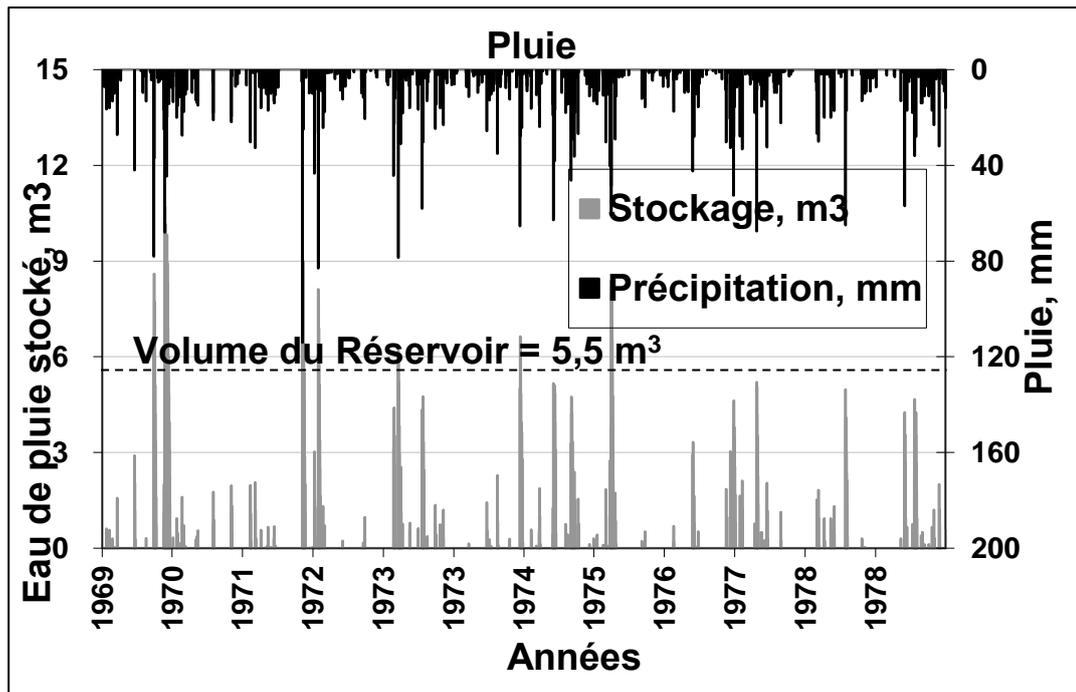


Figure 4 .5. A: Volume de l'eau dans le réservoir en utilisant la pluie de 10 années moyennes (1969 - 1979) région de Sfax pour une habitation de 100m² abrite 7 personnes

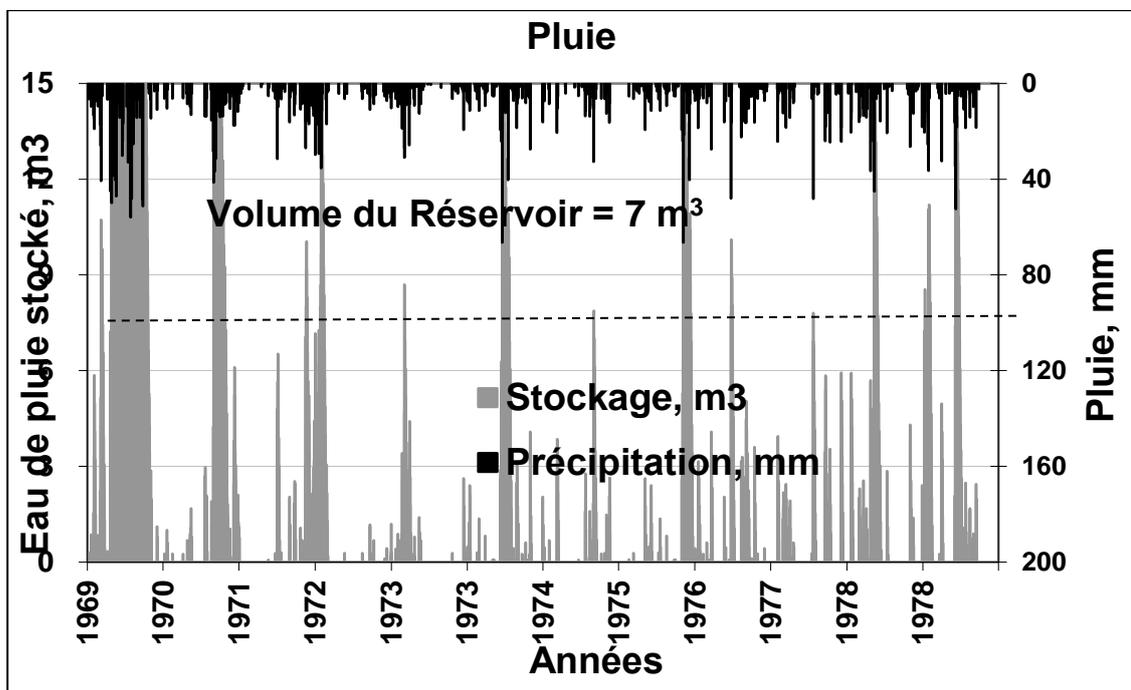


Figure 4 .5.B: Volume de l'eau dans le réservoir en utilisant la pluie de 10 années moyennes (1969 - 1979) région de S/A pour une habitation de 100m² abrite 7 personnes

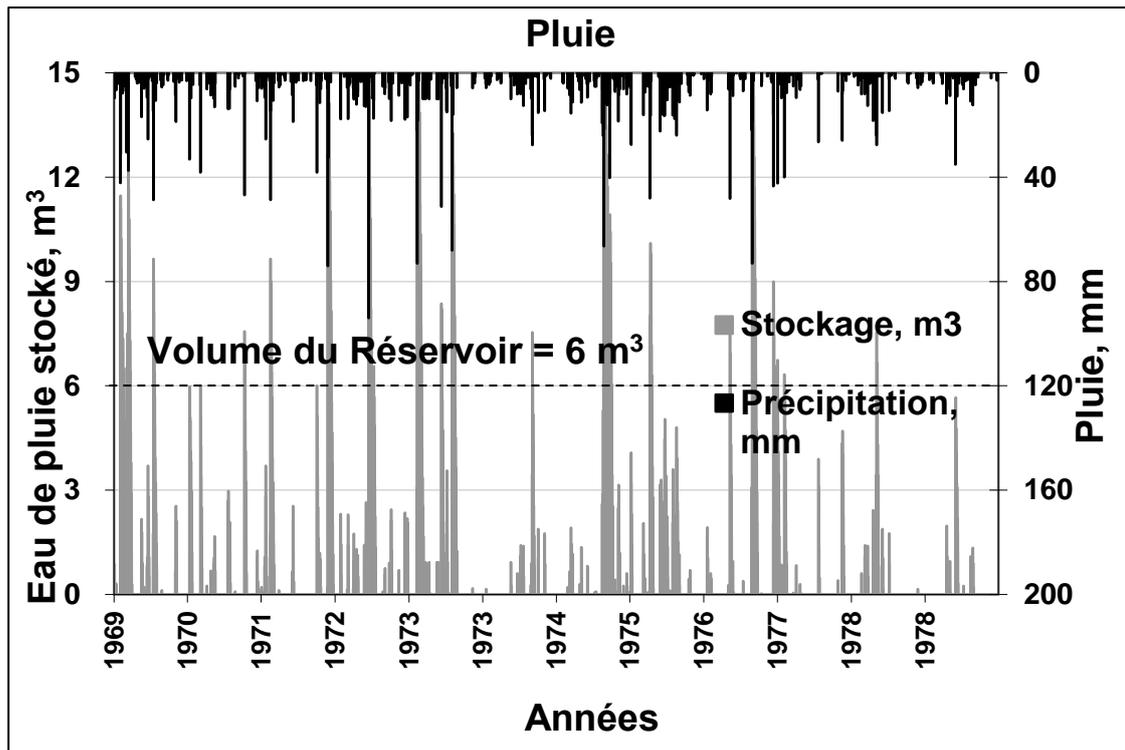


Figure 4 .5.C: Volume de l'eau dans le réservoir en utilisant la pluie de 10 années moyennes (1969 - 1979) région de Tébessa pour une habitation de 100m² abrite 7 personnes

Pourcentages d'utilisation

Nos différents résultats calculés en pourcentages d'utilisation d'eau de pluie argumentent pour la généralisation d'utilisation de la RREP. Le paramètre de disponibilité déduit à partir de ces pourcentages présente un soutien en plus pour introduire la récupération d'eau de pluie dans nos habitudes, à fin de réaliser un développement durable des ressources en eau. Cela est valide même pour nos cas apparents sur les figures (4.6.A), (4.6.B) et (4.6.C) concernant une habitation de 100 m² qui abrite 7 personnes. Fortement, on observe qu'à partir d'un certain volume de cuve de récupération les valeurs des pourcentages se stabilisent. Cette stabilité prouve que quel que soit la hausse du volume de cuve utilisé on aura taux d'utilisation pareil. Qui nous fait revenir que l'application de notre approche est valide.

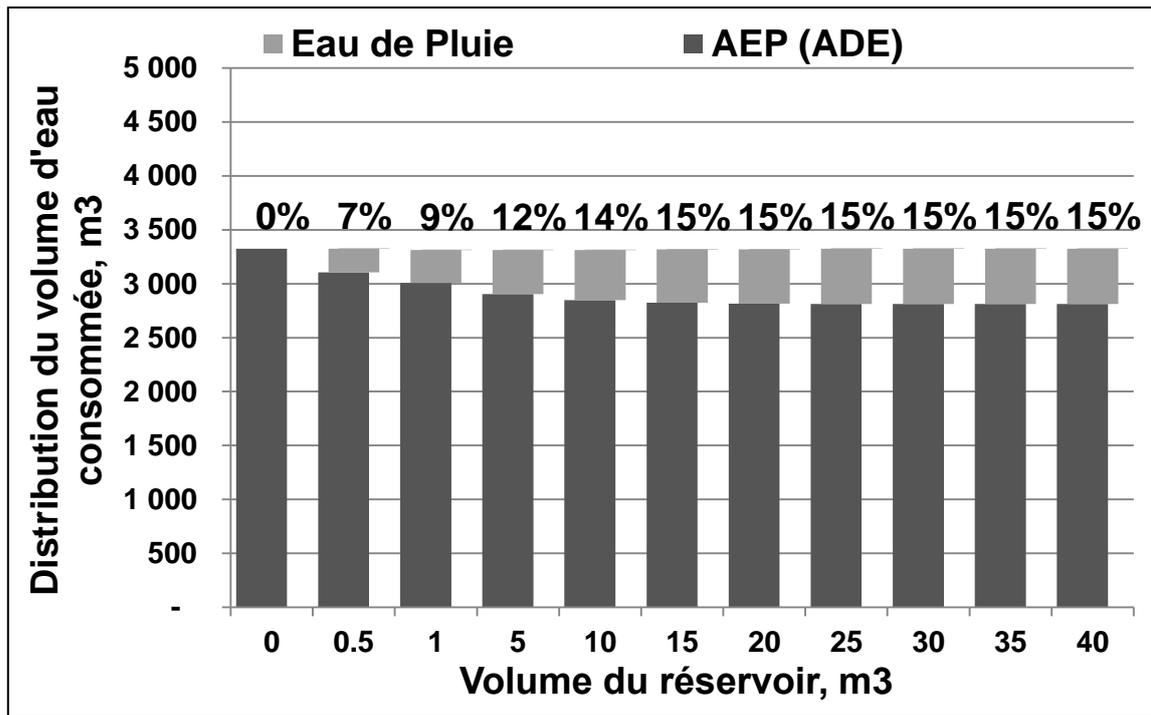


Figure 4.6.A: Pourcentages de consommation d'eau de pluie par rapport au volume total

région de Sfax pour une habitation de 100m² abrite 7 personnes

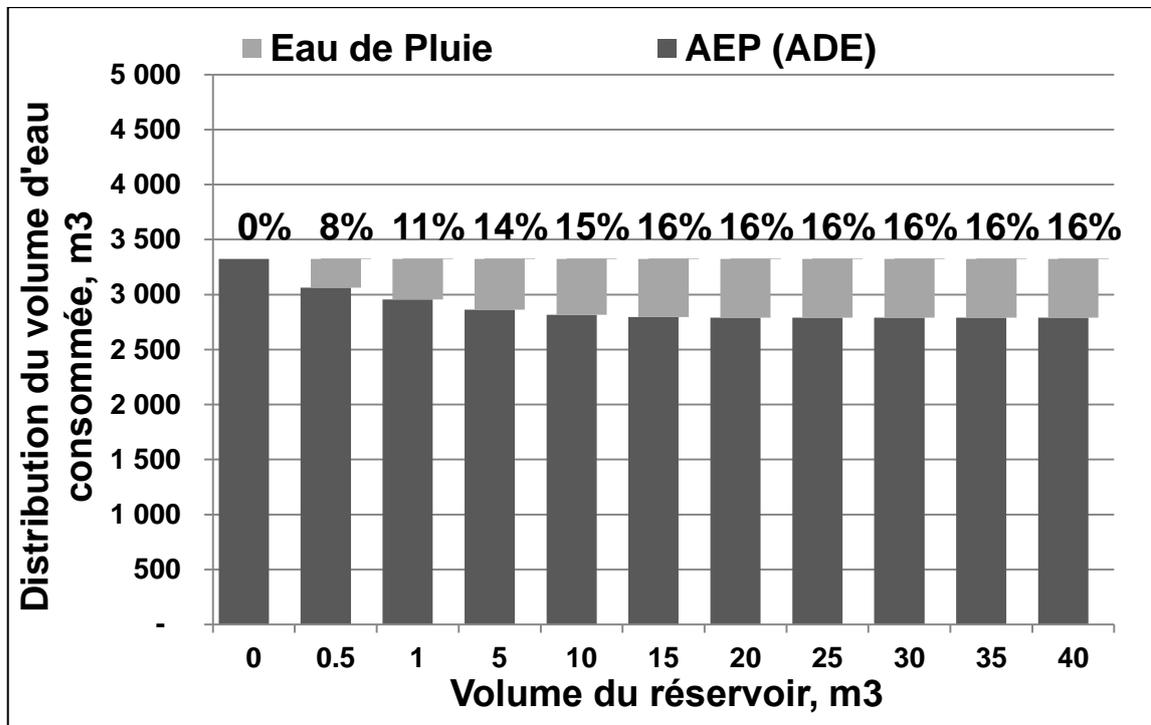


Figure 4.6.B: Pourcentages de consommation d'eau de pluie par rapport au volume total

région de S/Ahras pour une habitation de 100m² abrite 7 personnes

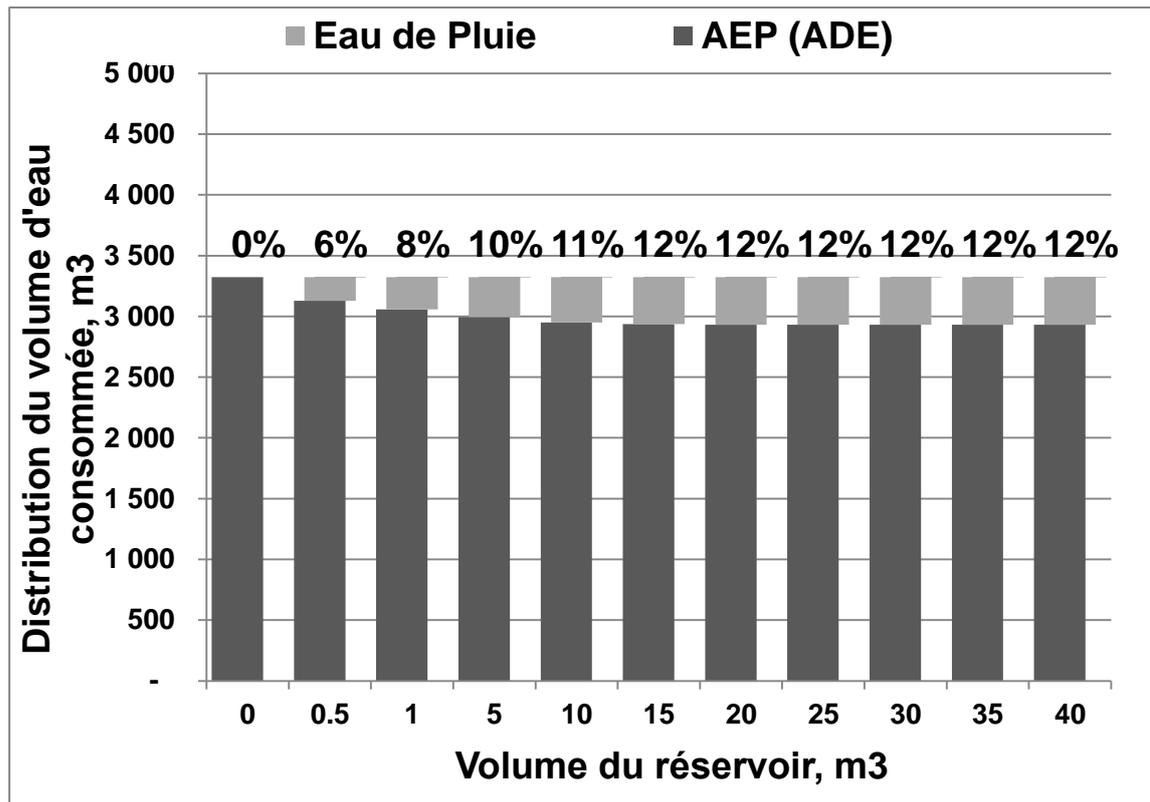


Figure 4.6.C: Pourcentages de consommation d'eau de pluie par rapport au volume total région de Tébessa pour une habitation de 100m² abrite 7 personnes

Configuration optimal des Coûts et économies

Pour que la méthode de la récupération d'eau de pluie à partir des toits des maisons présente une opportunité financière aux utilisateurs ou aux organismes concernés par la gestion de l'eau. Une configuration optimale relative aux volumes des cuves explique la coloration entre ces dernières et les investissements additionnels des coûts d'installation du système de récupération de l'eau de pluie et celui de l'eau consommée à partir des réseaux d'AEP.

Une observation rapide dans les graphs représentés sur les figures (4.7.A), (4.7.B) et (4.7.C) concernant nos zones d'étude Sfax, Souk-Ahras et Tébessa aide à tirer l'optimale volume de cuve considéré dument chaque cas. Essentiellement, une simple projection aux axes du point de changement d'allure graphique concernant la courbe appelée configuration optimale, donne le volume de cuve optimal pour le coût additionnel minimal.

Comme résultat, on obtient que le coût d'eau de pluie utilisé tente de rabattre le coût du réservoir considéré durant la période de fonctionnement considérée (Guebail et al., 2011).

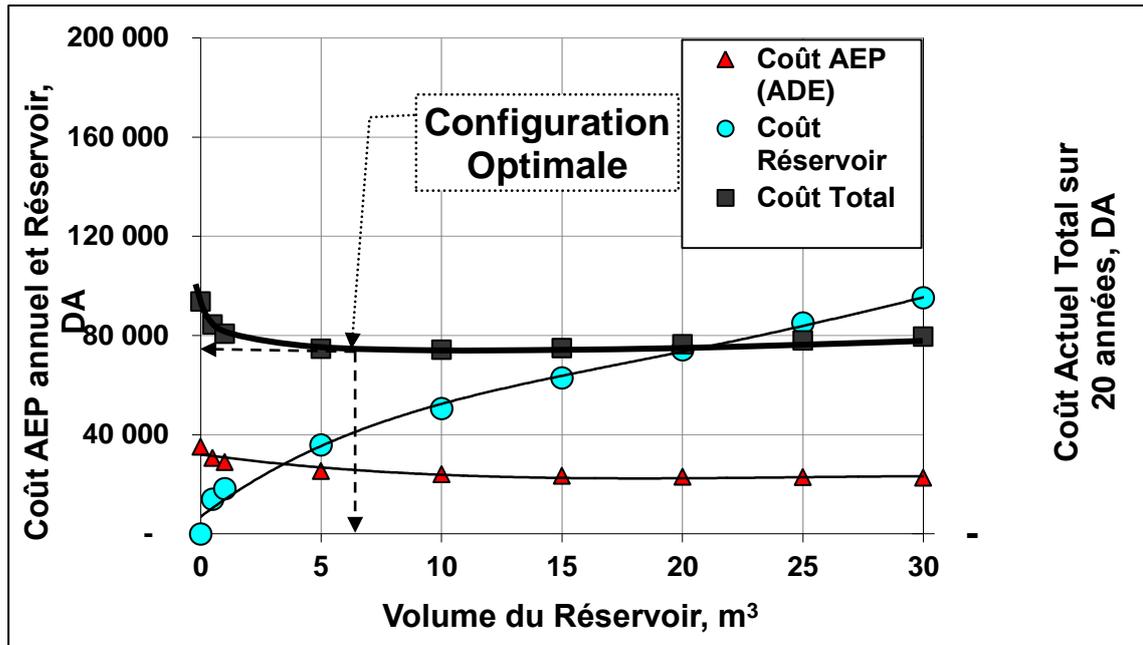


Figure 4.7.A : Variation des couts réservoir+AEP avec le volume des réservoirs région de Sfax pour une habitation de 100m² abrite 7 personnes

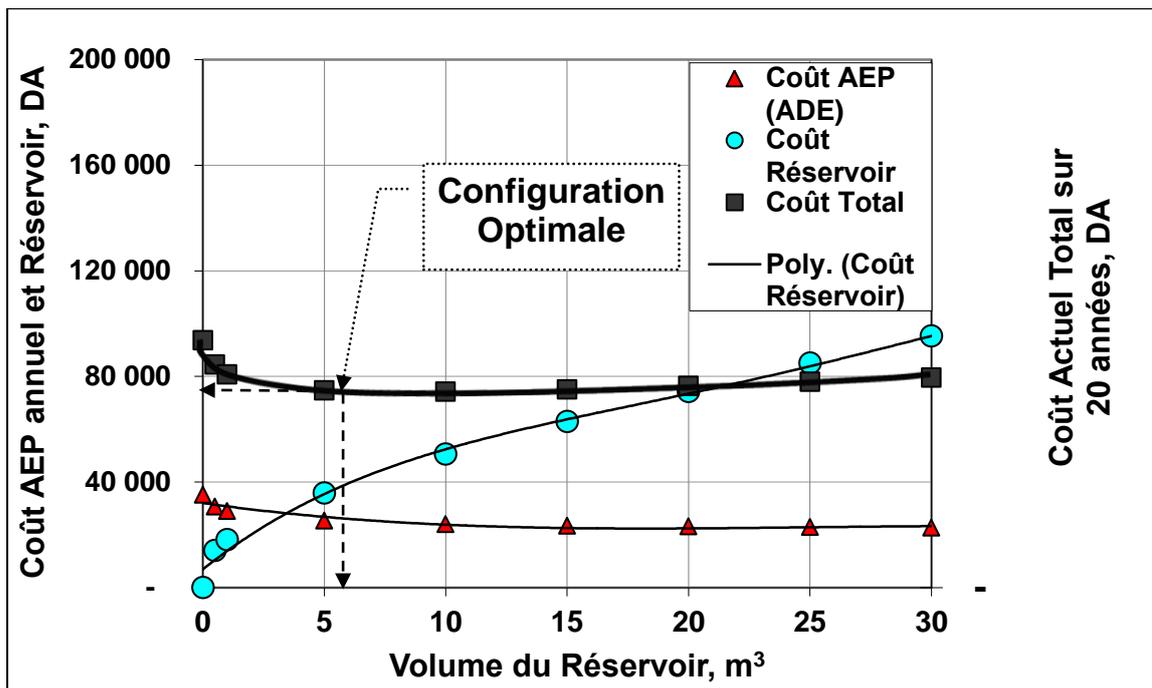


Figure 4.7.B : Variation des couts réservoir + AEP avec le volume des réservoirs région de Souk-Ahras pour une habitation de 100m² abrite 7 personnes

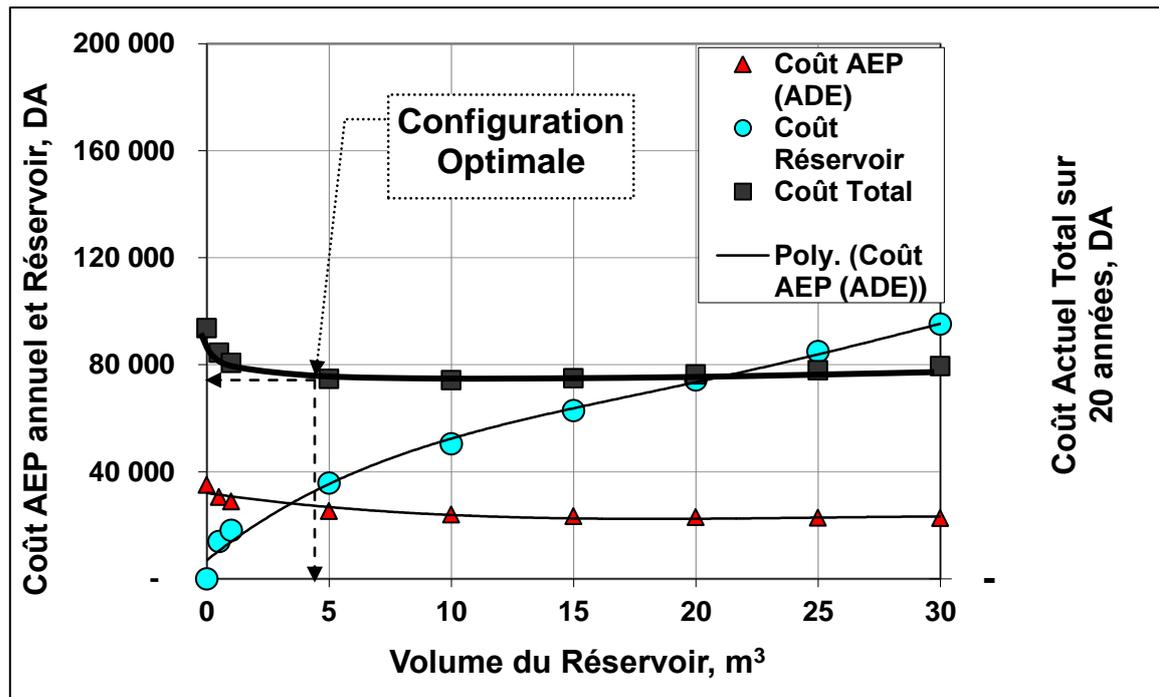


Figure 4.7.C : Variation des coûts réservoir+AEP avec le volume des réservoirs région de Tébessa pour une habitation de 100m² abrite 7 personnes

Suivi d'investissement initial

Pour attirer l'ensemble des utilisateurs et organismes concernés par le système de gestion de l'eau qui assurent l'ensemble stockage, traitement et acheminement à agrée la récupération d'eau de pluie, selon notre approche, on a jugé utile d'analyser l'impact financier couvrant les vingt années successives avec une comparaison logique et crédible. Cette comparaison prend en compte le tarif administré et le juste prix de l'eau. Les figures (4.5.A), (4.5.B) et (4.5.C) résultent à un suivi des coûts d'installation de système de récupération, d'AEP et d'eau de pluie utilisées durant la période d'amortissement estimée à 20 années (Chéron, 2004).

Ce suivi d'impact financier pour la récupération des eaux de pluie selon notre méthodologie, nous a offert des résultats prometteurs en termes de coût d'investissement des installations de système de la RREP par rapport au prix de revient d'utilisation durant la période considérée.

Finalement, on obtient des diminutions considérables des coûts additionnels d'eau (pluie et ADE) pour les ménages qui utilisent la méthode de la RREP par rapport à ceux qui n'utilisent que l'eau fournis par l'ADE avec l'application du cout réel de l'eau. Malheureusement, cela n'est pas totalement valide quand il s'agit d'une comparaison du coût d'installation par rapport au tarif administré (Guebail et al., 2011).

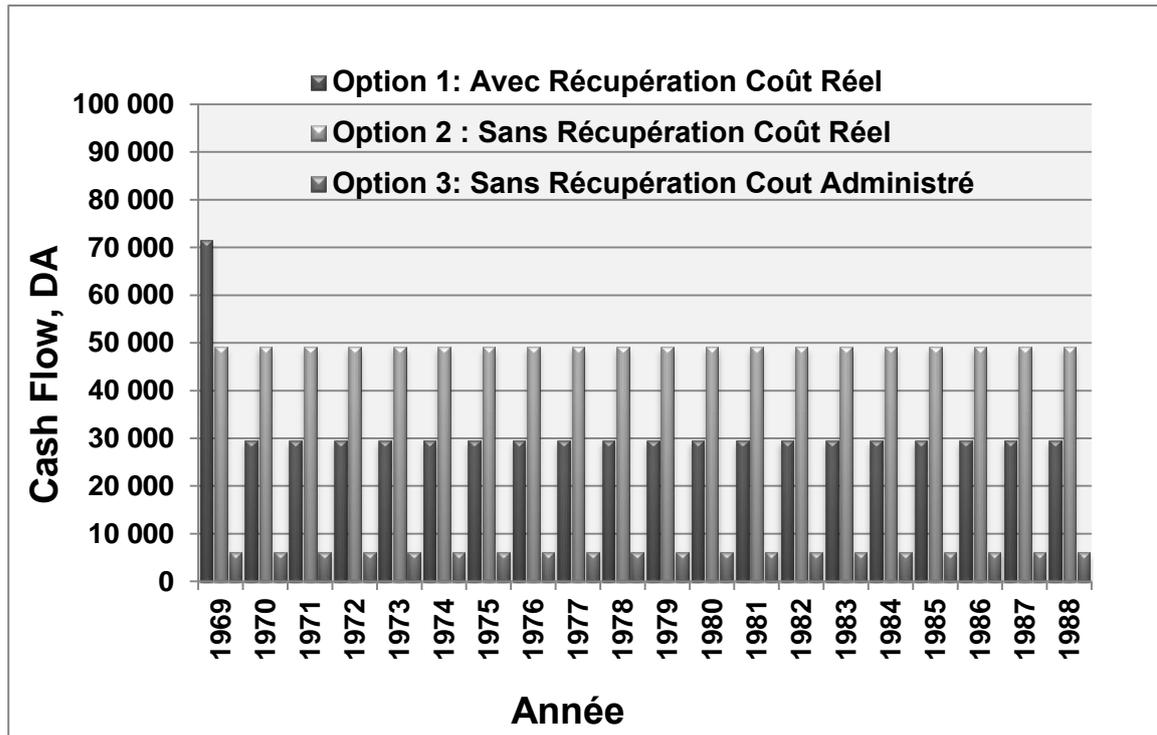


Figure 4.8.A : Représentation de suivi des couts avec une comparaison des options région de Sfax pour une habitation de 100m² abrite 7 personnes étalant 20 années

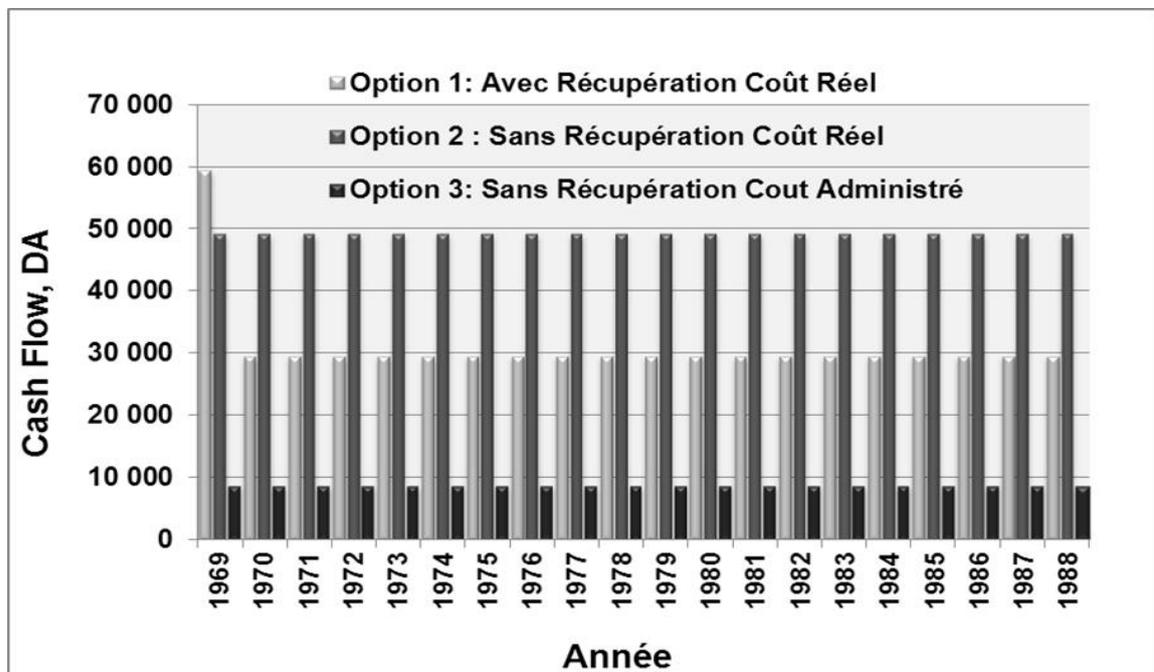


Figure 4.8.B : Représentation de suivi des couts avec une comparaison des options région de Souk Ahras pour une habitation de 100m² abrite 7 personnes étalant 20 années

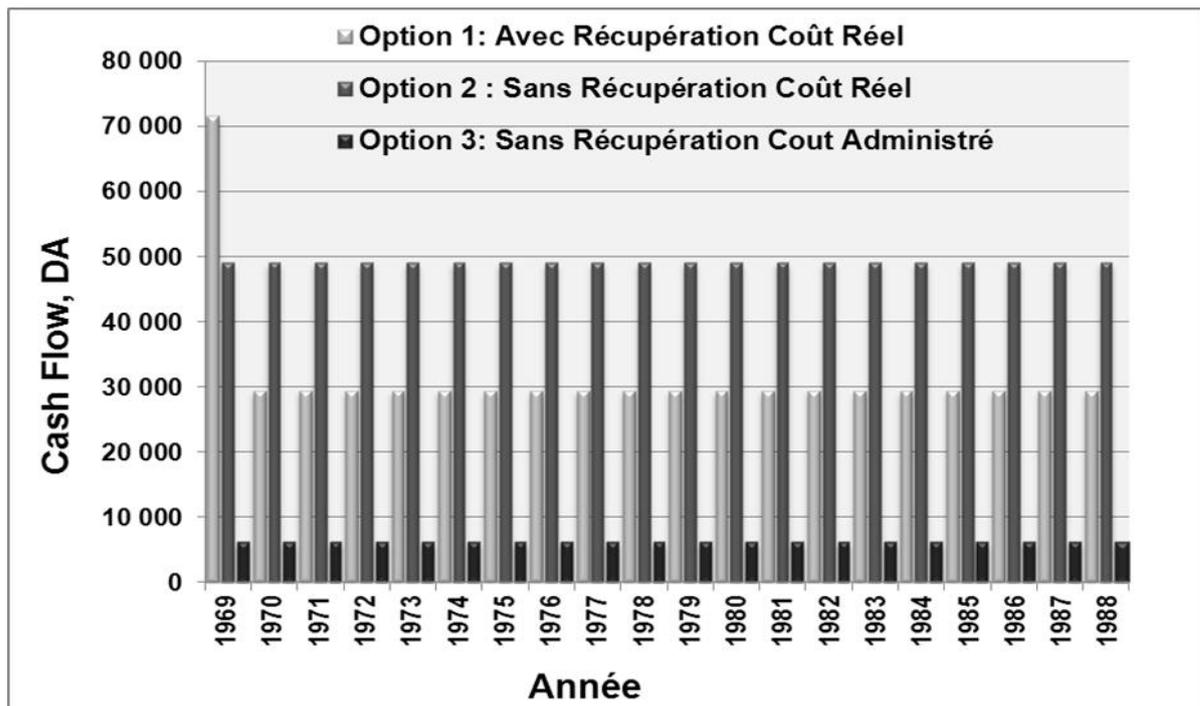


Figure 4.8.C : Représentation de suivi des couts avec une comparaison des options région de Tébessa pour une habitation de 100m² abrite 7 personnes étalant 20 années

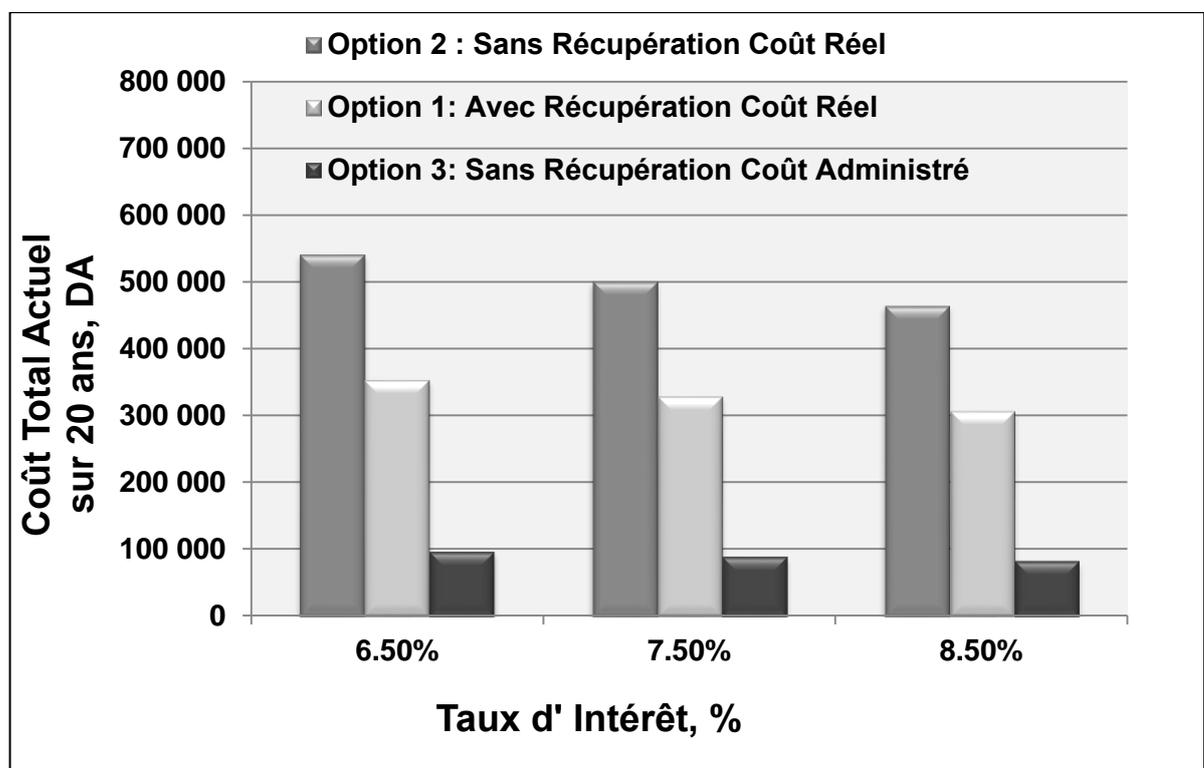


Figure 4.9 : Représentation des couts avec une comparaison des options selon les différents taux d'intérêt région de Souk ahras pour une habitation de 100m² abrite 7 personnes étalant 20 années

Comparaison des volumes d'eau

Après fait des analyses selon les modules disponibilité et coût, on passe à une vision d'analyse principale qui valorise la récupération d'eau de pluie selon notre approche en aspect quantité. Cette vision dévoile une critique principale faite indépendamment du facteur optimisation. Celle -ci est sollicitée pour évaluer l'impact de la méthode de la récupération des eaux de pluie en terme volume gagné par rapport à celui perdu par l'évaporation et par fuites des réseaux d'AEP. Les résultats des calculs sont projetés sur notre cas spécifique d'étude pour un quartier contenant 240 maisons (voir section ci-dessous)

Les figures (4.10.A), (4.10.B) et (4.10.C) donnent des résultats fulgurantes au point de vue volume d'eau qui doit être mis à la disposition des services concernés par sa disponibilité aux consommateurs. C'est-à-dire en consommant une certaine quantité d'eau de pluie appelée X, il faut traiter une quantité $Y=X*(1.4)$ et stocker une quantité $Z=Y*(1.8)$ durant toute l'année.

Ceci dérive une grande différence entre ce qui est disponible et préservé chez l'utilisateur et entre son équivalent à l'état initial touché par des pertes inévitables. Cet équivalent peut être destiné vers autres fins d'utilisations et faire une économie sécante de l'eau.

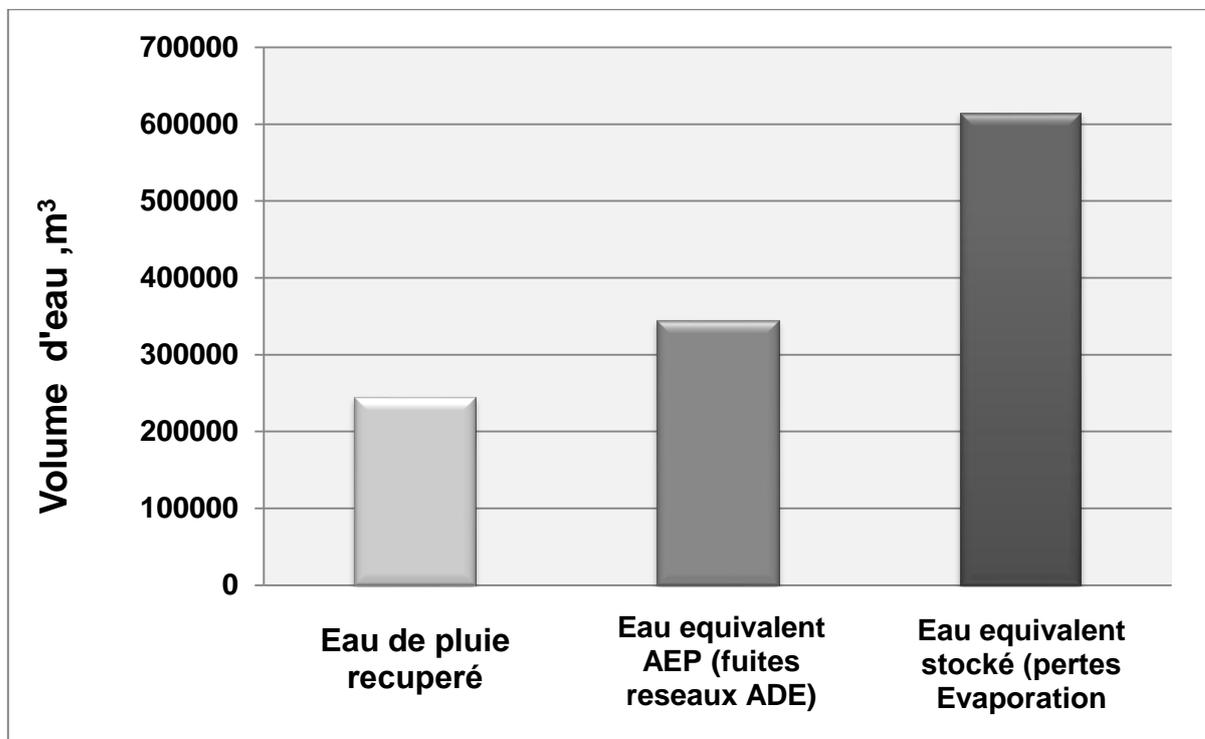


Figure 4.10.A : Comparaison des volumes d'eau récupérés par rapport aux pertes AEP + évapo pour 240 maisons d'une moyenne de 100m² abrite 7 personnes région de Sfax

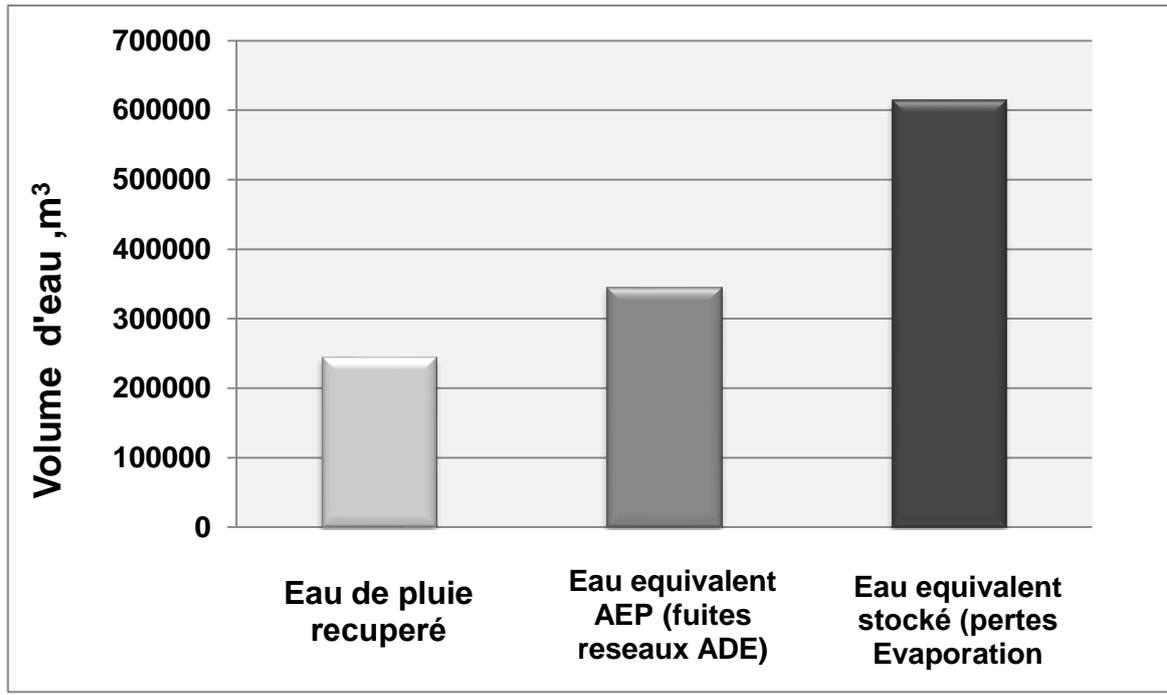


Figure 4.10.B : Comparaison des volumes d'eau récupérés par rapport aux pertes AEP + évapo pour 240 maisons d'une moyenne de 100m² abrite 7 personnes région de Souk AHRAS

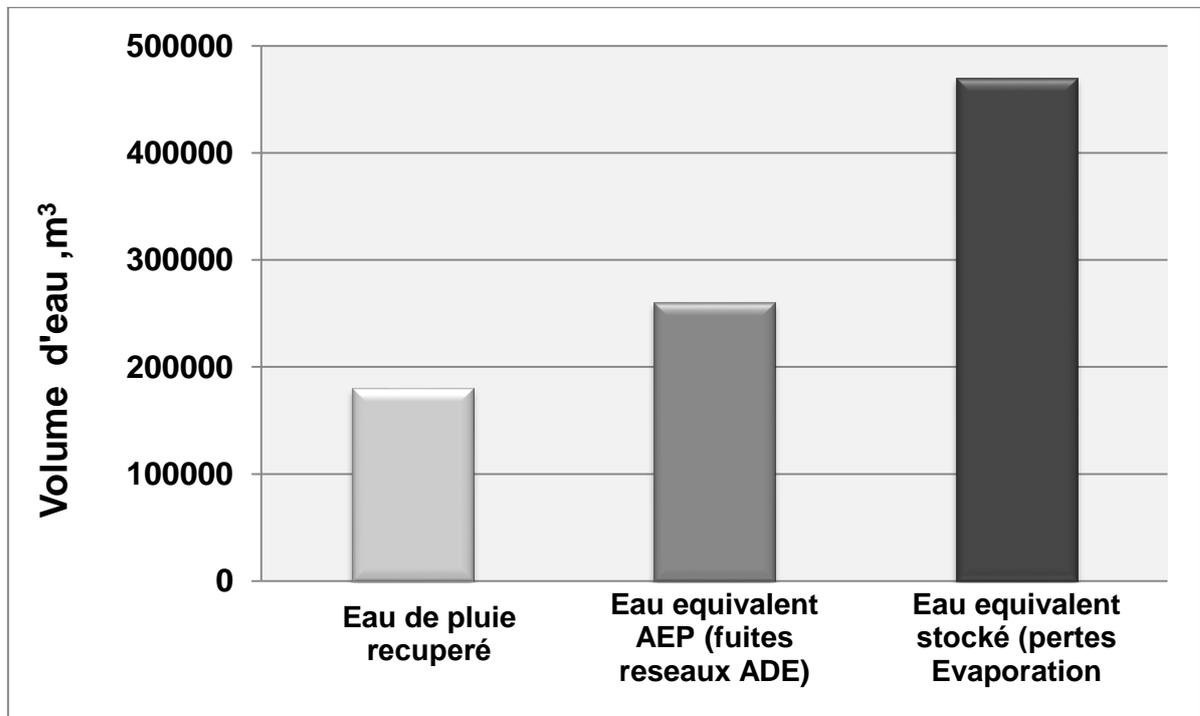


Figure 4.10.C: Comparaison des volumes d'eau récupérés par rapport aux pertes AEP + évapo pour 240 maisons d'une moyenne de 100m² abrite 7 personnes région de Tébessa

Choix des volumes des réservoirs

Finalement, il est essentiel de valoriser notre étude selon un paramètre dépendant de l'aspect économique de notre méthodologie applicable à la méthode de la récupération des eaux de pluie à partir des toits des maisons. L'application de celle-ci devient presque exacte et d'une manière plus pratique par rapport aux méthodes traditionnelles. Comme ça on a pu développer des graphs simples et pratiques pour le choix des cuves aux volumes optimales. Cette optimisation consiste de choisir le volume de réservoir selon le moindre cout possible pour l'ensemble de l'investissement du couple installation et AEP. Tout cela, est recevable selon chaque cas de besoin en eau et pour n'importe quel cas de surface de toiture de maison qui sert à la collecte de l'eau de pluie concernant nos trois cas de pluviométries des zones d'étude. Pour développer les figures (4.11.A), (4.11.B) et (4.11.C) concernant respectivement les 3 points pré-motionnés (Sfax, Souk-Ahras et Tébessa) mais avec une unité de surface de récupération de toiture et le même cas de besoin en eau journalier, on a fait appel à notre programme de calcul qui traite les cas des volumes avec celles des couts additionnel (AEP et cuve) correspondant (voir annexe 2). Graphiquement cette combine développe une tendance appelée tendance optimal, qui nous aide à découvrir le volume de cuve de récupération d'eau de pluie optimum pour un cout total minimum. Une comparaison évidente entre le dimensionnement de la méthode traditionnelle et de la nôtre, prouve un gain visible que notre optimisation va l'apporter aux utilisateurs et les organismes etles pouvoirs publiques concernés parla gestion du secteurde l'eau.

De ce fait, on a formulé le tableau 4.1 contenant les cas des besoins en eau, les cas des surfaces des toitures de récupération d'eau de pluie avec les volumes des cuves optimums correspondant. D'après ce tableau qui concerne nos cas d'étude on a développé trois séries des volumes des cuves correspondantes aux zones d'étude donnant les choix des volumes des cuves d'eau de pluie optimales représentés dans les figures (4.12.A à 4.12.E) rassemblent chaque cas de besoin qui varie entre 7 et 20 personnes. D'une manière exacte et rapide, si on fixe chaque cas de surface qui varie entre « 0 » m² et 200 m² pour une simple projection à la courbe de tendance optimale correspondante on aura le volume optimum de la cuve de récupération d'eau de pluie (Guebail et al., 2011).

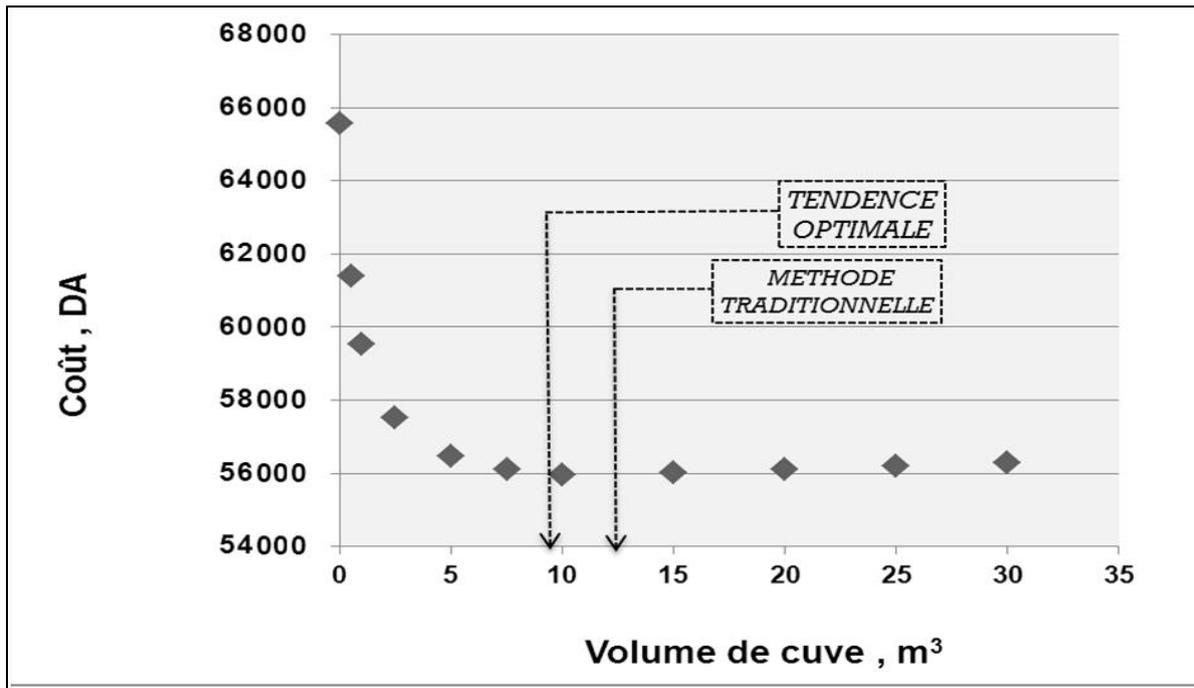


Figure 4.11.A: Représentation de la tendance optimale zone de Sfax pour une habitation de 100m² qui abrite 7 personnes

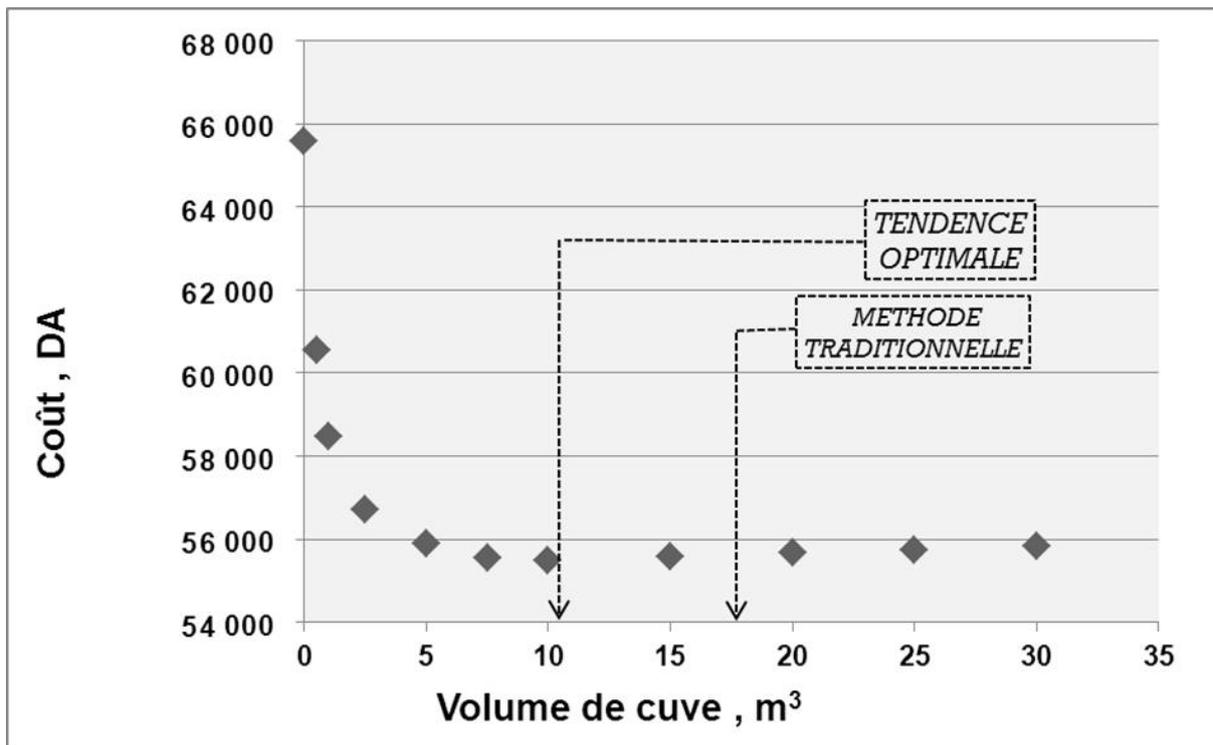


Figure 4.11.B: Représentation de la tendance optimale zone de Souk Ahras pour une habitation de 100m² qui abrite 7 personnes

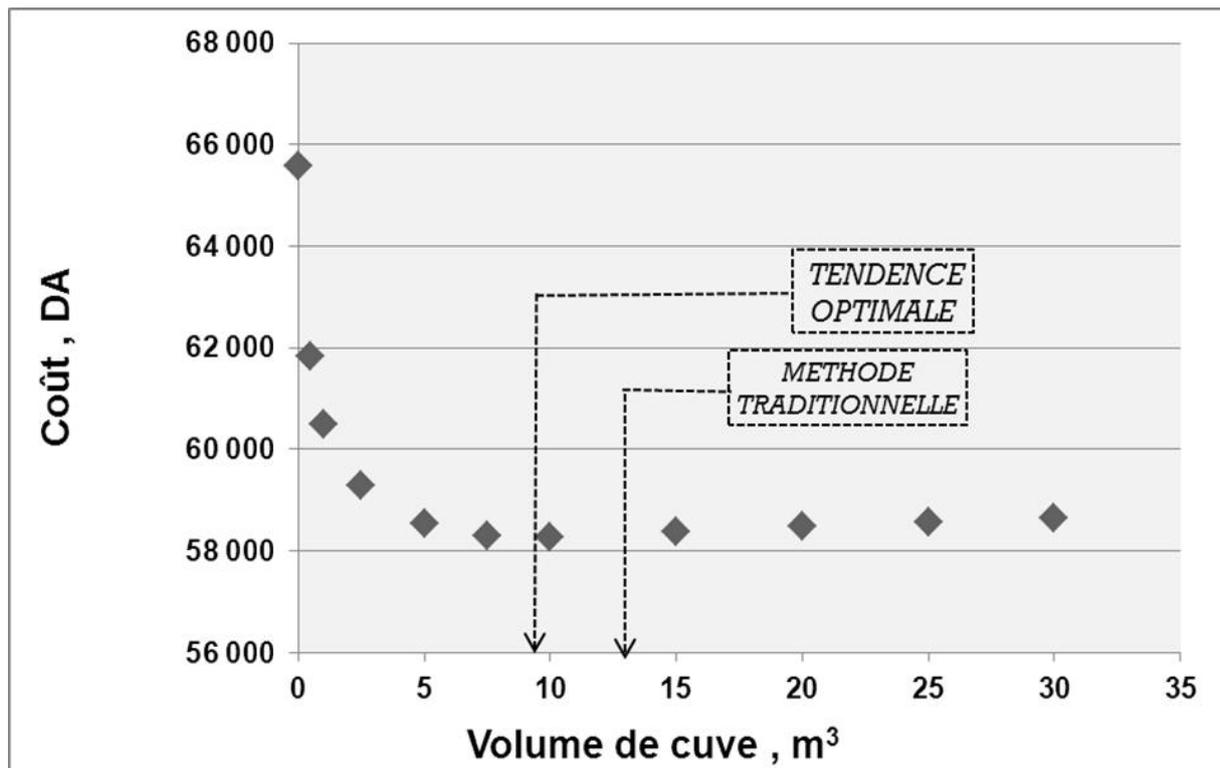


Figure 4.11.C: Représentation de la tendance optimale zone de Tébessa pour une habitation de 100m² qui abrite 7 personnes

Par constatation visuel ont procédé à reproduire les valeurs optimales des volumes des cuves de stockage issu de la RREP dans le tableau 4.1 formulé ci-dessus :

Tableau 4.1 : choix des volumes des cuves

5 Personnes	0	20	40	60	80	100	120	140	160	200
SFAX	-	0,8	2,5	5	5,2	10,2	14	16	19,1	30
S/A	-	0,95	2,60	5,00	7,20	9,87	12,50	16,50	20	30,00
TEBESSA	-	0,90	0,90	3,70	4,60	9,00	10,50	14,80	15,20	22,00
7Personnes	0	20	40	60	80	100	120	140	160	200
SFAX	-	1,20	2,00	4,70	7,20	9,50	11,60	15,00	18,60	28,00
S/A	-	1,10	2,90	5,80	8,40	10,10	14,20	15,00	15,60	30,00
TEBESSA	-	1,00	3,20	4,70	7,00	9,20	10,50	14,90	15,60	23,50
10 Personnes	0	20	40	60	80	100	120	140	160	200
SFAX	-	1,80	3,40	5,30	7,50	9,70	13,60	15,00	18,50	28,00
S/A	-	1,40	3,10	4,60	5,40	7,50	10,20	15,00	15,40	30,00
TEBESSA	-	1,10	2,50	4,80	6,70	8,70	10,70	14,10	15,80	25,00
15 Personnes	0	20	40	60	80	100	120	140	160	200
SFAX	-	2,00	3,60	5,40	7,60	9,80	12,70	14,10	16,20	23,00
S/A	-	1,50	3,20	4,80	5,60	7,60	11,30	12,20	17,20	20,00
TEBESSA	-	1,10	3,30	4,80	6,80	7,10	9,80	11,70	15,80	19,00
20 Personnes	0	20	40	60	80	100	120	140	160	200
SFAX	-	2,10	3,70	5,60	6,90	9,20	10,80	13,80	14,30	19,30
S/A	-	1,90	3,30	4,90	6,20	7,10	8,40	9,90	12,90	19,80
TEBESSA	-	2,00	3,40	4,90	6,90	7,30	9,90	11,90	14,70	20,00

Par l'outil Excel, on peut avoir les Graphs ci-dessous :

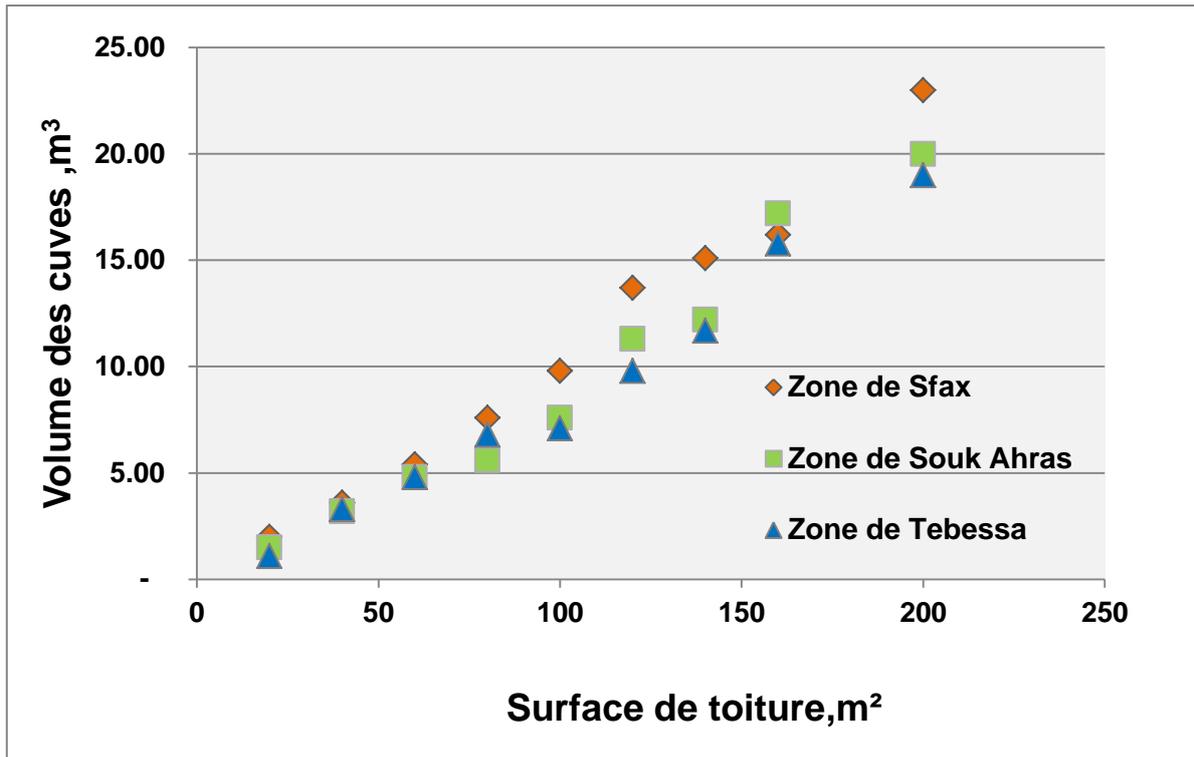


Figure 4.12.A: Représentation graphique des choix des volumes des cuves concernant les besoins en eaux de 5 personnes

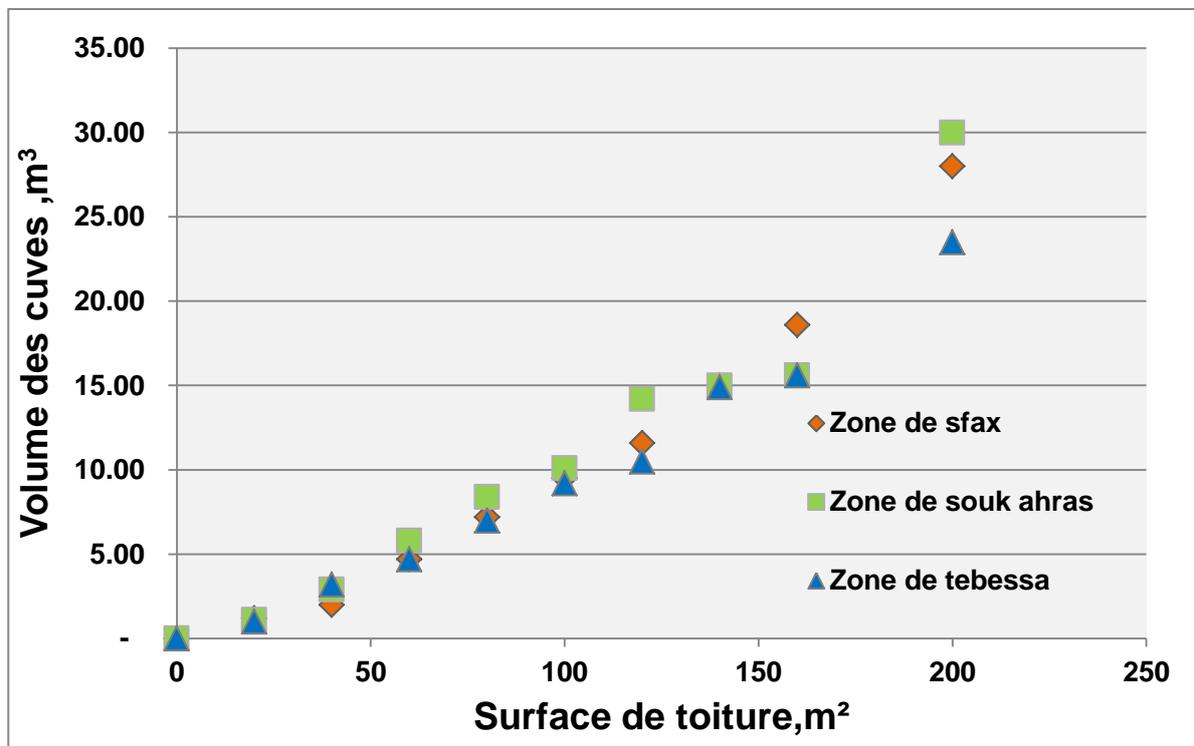


Figure 4.12.B: Représentation graphique des choix des volumes des cuves concernant les besoins en eaux de 7 personnes

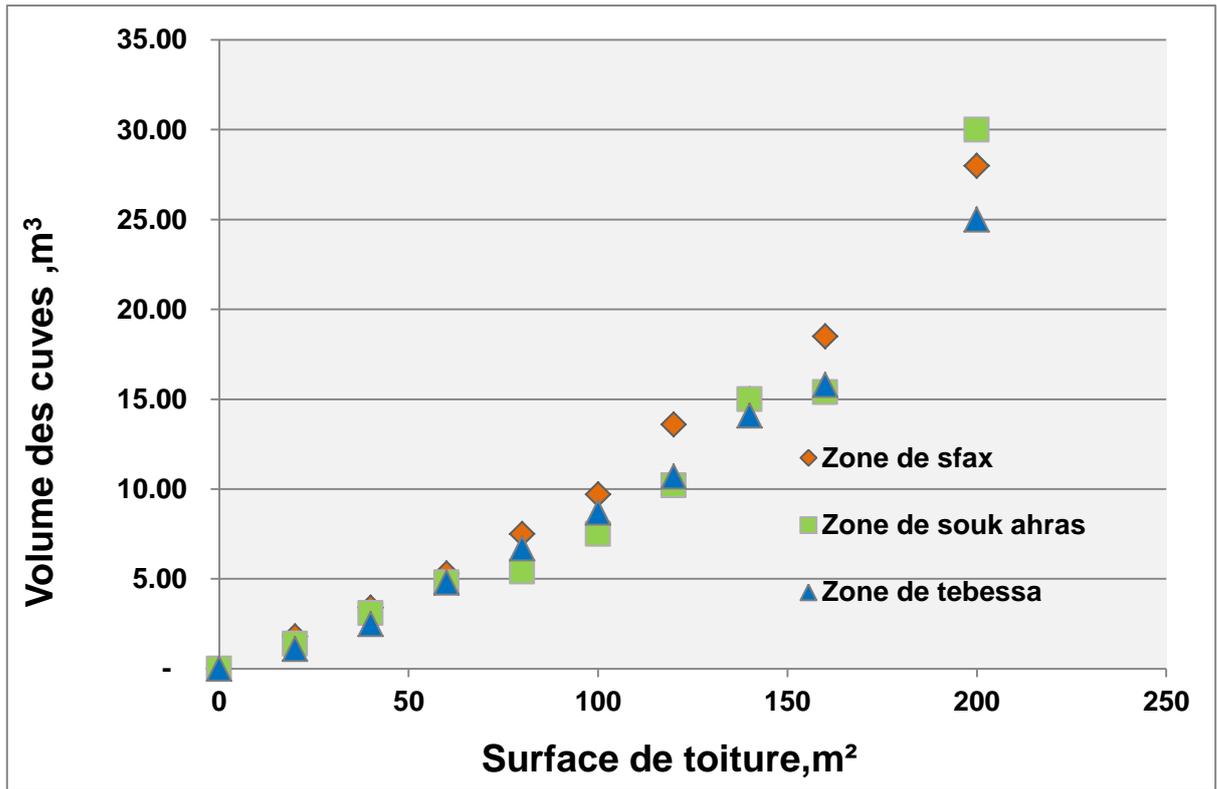


Figure 4.12.C: Représentation graphique des choix des volumes des cuves concernant les besoins en eaux de 10 personnes

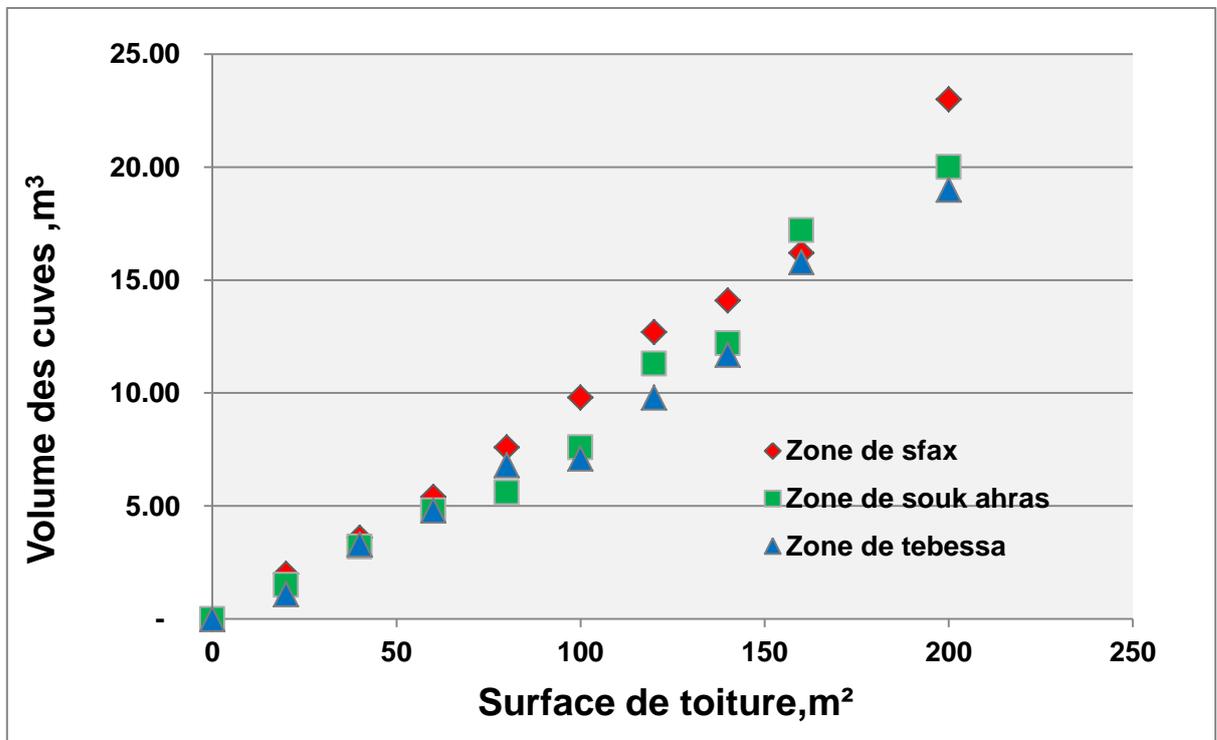


Figure 4.12.D: Représentation graphique des choix des volumes des cuves concernant les besoins en eaux de 15 personnes

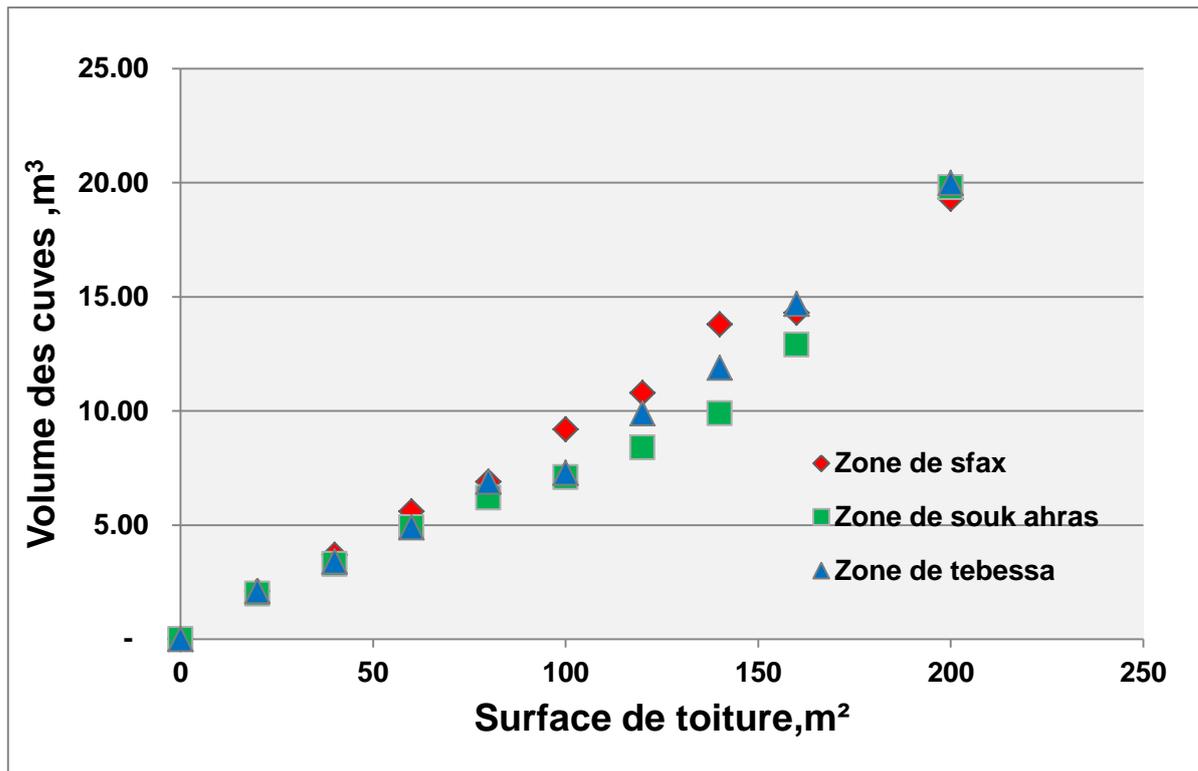


Figure 4.12 .E: Représentation graphique des choix des volumes des cuves concernant les besoins en eaux de 20 personnes

Interprétation globale et valorisation économique

De ces faits, on a étudié la méthode de récupération d'eau de pluie selon notre approche à partir de différents points de vue analytiques. Ces points de vue sont pris dans un cadre économique de la réalisation d'un projet de récupération d'eau de pluie lié à une hypothèse dominante concernant la disponibilité de l'eau en général. Notre approche peut être généralisée au-delà de nos zones d'étude considérées, c'est-à-dire universellement en tenant compte de plusieurs critères lors des calculs (Guebail et al., 2011).

C'est critères qui infus les résultats des calculs sont comme suit :

- Les Coûts des cuves par natures des matériaux composites proposés ;
- Les durées de vie des installations de récupération d'eau de pluie ;
- Les prix de l'eau provenant des réseaux d'AEP ;
- Les réglementations produites par les lois en vigueurs selon les différents états;
- Les besoins journaliers en eau pour chaque région ;
- Les pluviométries caractérisant chaque zone à travers le monde.



Figure 4.13: Vue Aérienne De La Cité Quouicem Souk Ahras Algérie (Google Earth),

Pour bien illustrer l'approche d'un point de vue économique, le quartier de Quouicem à Souk-Ahras au nord-est de l'Algérie (Figure 4.13) est pris comme exemple. Ce quartier qui contient 240 habitations ayant des toitures, de 70 à 200 m² en moyenne, peut faire l'objet d'installation des systèmes de RREP.

. Les résultats de calcul présentés aux (figures 4.14 et 4.15) témoignent les gains et des bénéfices certains économiques durant la durée de vie des installations (20 ans). Ces intérêts visés selon des différents taux d'inflation avec un juste prix de l'eau 125 DA (Boukhari et al., 2008). Toutefois, un prix dérisoire appliqué aux citoyens n'élimine pas la philosophie de la disponibilité d'une eau gratuite durant la plupart de l'année.

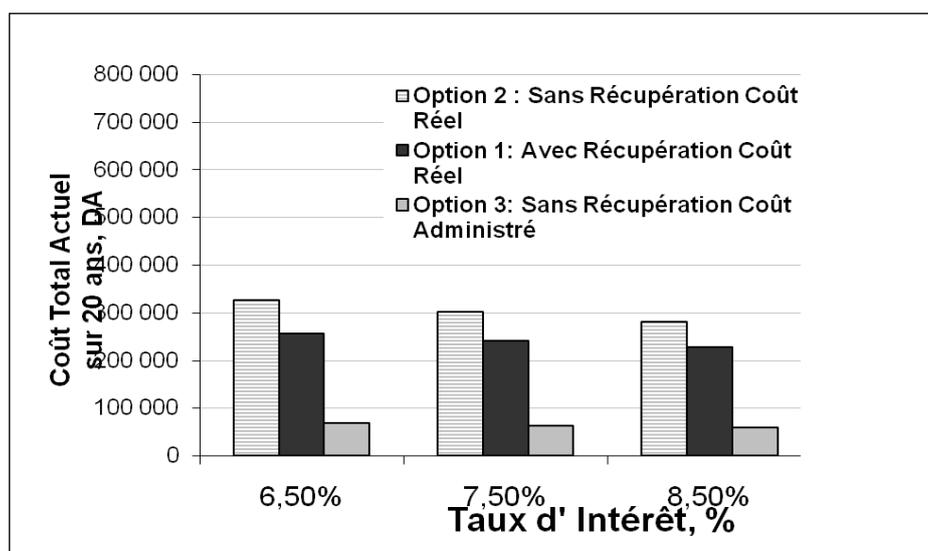


Figure 4.14: Représentation de la compréhension des coûts avec des différents taux d'intérêt.

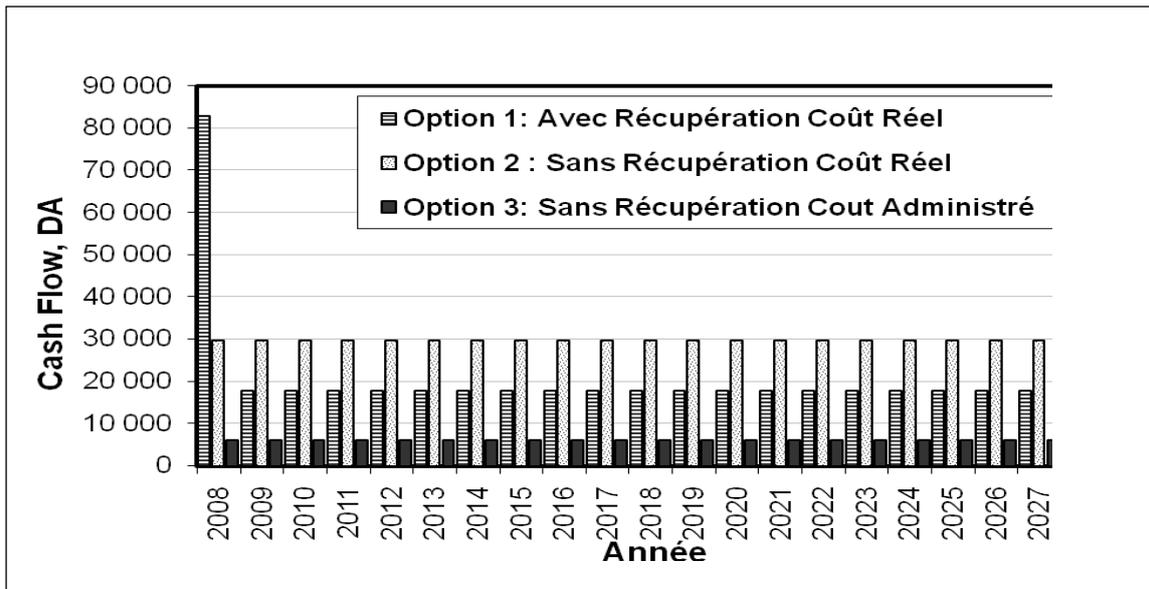


Figure 4.15: Représentation de la compréhension des coûts d'investissement initial et le prix de revient avec les différents taux d'intérêt étalé sur 20 ans

Néanmoins, une valorisation économique de notre approche selon une méthodologie adéquate RREP représentée dans (figure 7) est certaine. L'application de celle-ci devient être presque juste et d'une manière plus adaptée par rapport aux méthodes traditionnelles. Puisque, on distingue l'évaluation de l'investissement initial selon deux prix proposés, et son accessibilité au citoyen (Guebail et al., 2011).

Partie B

Introduction

Après avoir conclu notre approche de dimensionnements des cuves de stockage des eaux issus de la RREP, par des graphes pratiques (voir figure 4.12.A au 4.12.E) dans la partie précédente (Partie A). Cette dernière sera définissant séparément pour trois cas d'étude Souk Ahras, Tébessa à l'EST de l'Algérie et Sfax à l'EST de la Tunisie avec des pluviométries différentes, selon des besoins différents (nombre de personnes entre 5 et 20), avec des surfaces d'interface croissantes (entre 20 et 200). On passe à la deuxième se base sur une corrélation des résultats trouvés séparément. Cette corrélation peut concerner une bande géographique entre les 03 point (zones) pré mentionnés. Logiquement, ce raisonnement permet sans doute de trouver une formule mathématique de lecture des dimensionnements des volumes des cuves de stockage des eaux de pluies récoltées à partir de la RREP, utilisable à une région géographiquement liée. C'est un nouveau modèle mathématique presque exact tenant compte de tous les volets de la RREP.

Méthodologie (Corrélation et Régression linéaire) :

Dans la partie A on se repaire au tableau 4.1 générant les graphes figure 4.12.A à figure 4.12.E qui ils ont à notre avis, manifesté une certaine uniformité et croissance des résultats des volumes des cuves de stockage par rapport aux surfaces drainantes.

Nous étudierons s'il existe une relation linéaire entre deux variables soit disant les volumes des cuves la RREP (V) pour nos 03 zones et les surfaces (S) des toits des maisons y est supposant pratiquée la RREP. Toutefois, il existe des autres variances des données et résultats présentés dans la partie A de ce chapitre. Ces variances concernant les zones (pluies) et nombre des personnes seraient pris en compte lors d'élaboration des modèles (multi variables).

L'analyse graphique est une bonne manière de comprendre les différentes caractéristiques énumérées ci-dessus. Le graphique "nuage de points" est l'outil privilégié 1. Nous plaçons en abscisse la variable X , en ordonnée la variable Y , chaque observation est positionnée dans le repère ainsi constitué. L'intérêt est multiple : nous pouvons situer les proximités entre les individus ; étudier la forme globale des points, voir notamment s'il existe une forme de liaison ou de régularité ; détecter visuellement les points qui s'écartent des autres, les observations

atypiques ; vérifier s'il n'y a pas de regroupement suspects, laissant entendre qu'il y a en réalité une troisième variable qui influence le positionnement des individus.

Liaison linéaire positive. X et Y évoluent dans le même sens, une augmentation de X entraîne une augmentation de Y , du même ordre quelle que soit la valeur de X.

Le coefficient de corrélation sert avant tout à caractériser une relation linéaire positive ou négative. Il s'agit d'une mesure symétrique. Plus il est proche de 1 (en valeur absolue), plus la relation est forte.

$r = 0$ indique l'absence de corrélation, il équivaut à un test d'indépendance si et seulement si le couple (X; Y) suit une loi normale bi variée.

Analyses et résultat

Afin de bien comprendre les différentes étapes de cette étude on fait appel à différentes échelles des axes notamment l'échelle logarithmique, où, on aura par la corrélation de deux variables log-transformées comme suit:

$\log(V) = a \cdot \log(S) + b$ [4.1] Ou (1) log : logarithme décimale ;

Le tableau devient comme figure 4.16.A au figure 4.16.E .Et donc, Comme Légende on a choisi de se repérer aux couleurs comme suit :

 : Log (V) ;

 : Log (S) ;

 : Surface en m^2 ;

 : Nombre (nbr) des personnes occupant l'habitation (besoin journalier) ;

,  : Zone (pluie moyenne annuel en mm) .

Chaque couleur représente un paramètre prédéfini pour générer notre modèle numérique.

A partir de l'outil Excel, on déduit pour chaque tableau des graph du figure 4.16.A à 4.6.E.

2,30	2,20	2,15	2,08	2,00	1,90	1,78	1,60	1,30	0	5
1,48	1,28	1,20	1,15	1,01	0,72	0,70	0,40	0,10	-	SFAX
1,48	1,30	1,26	1,13	1,00	0,86	0,70	0,38	0,10	-	S/A
1,34	1,18	1,17	1,02	0,95	0,66	0,36	0,05	0,05	-	TEBESSA

figure 4.16.A Graph Log(V)=f(Log(S)) lier à 5 personnes

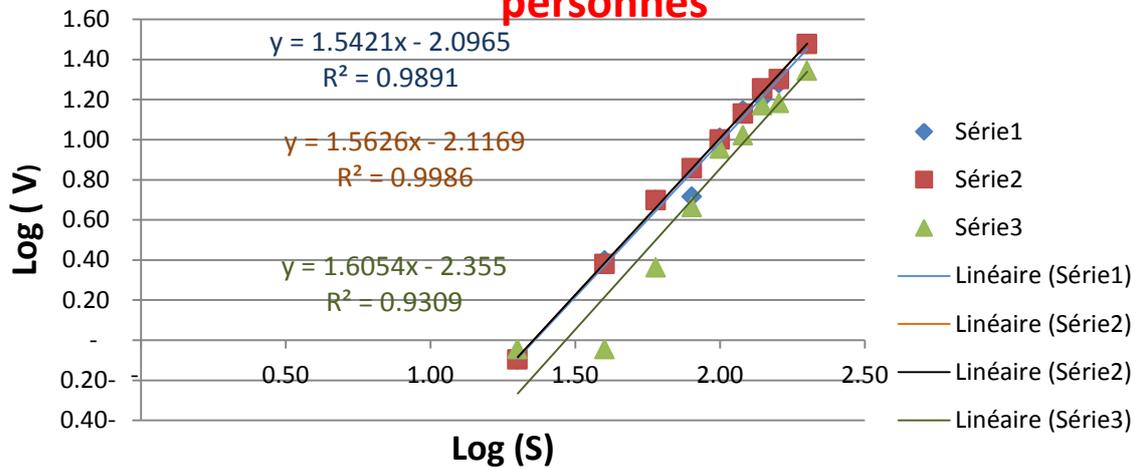


Figure 4.16.A Graph Log(V)=f(Log(S)) lier à 5 personnes

200	160	140	120	100	80	60	40	20	0	7
1,45	1,27	1,18	1,06	0,98	0,86	0,67	0,30	0,08	-	SFAX
1,48	1,48	1,36	1,15	1,00	0,92	0,76	0,46	0,04	-	S/A
1,37	1,19	1,17	1,02	0,96	0,85	0,67	0,51	-	-	TEBESSA

Graph Log(V)=f(Log(S)) lier à 7 personnes

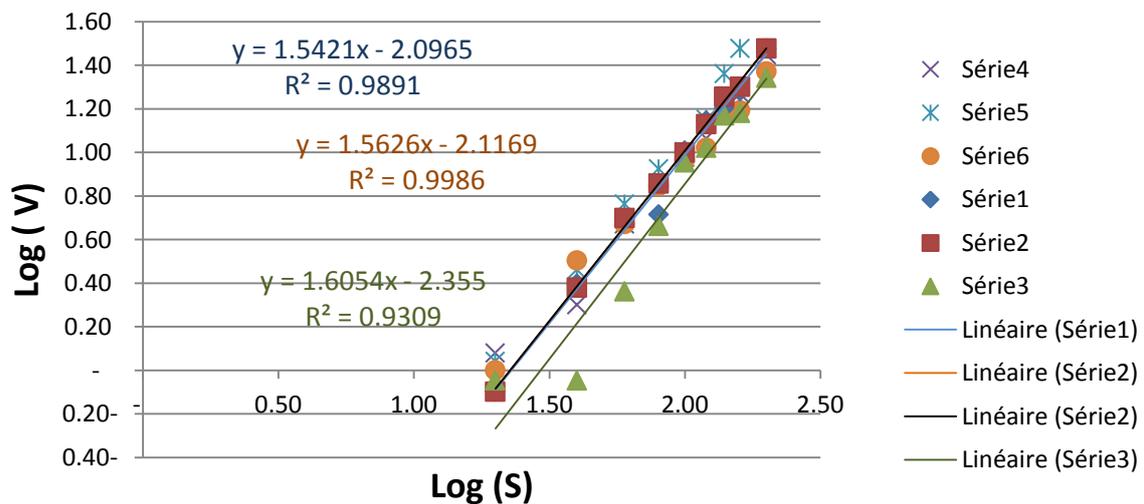


Figure 4.16.B Graph Log(V)=f(Log(S)) lier à 7 personnes

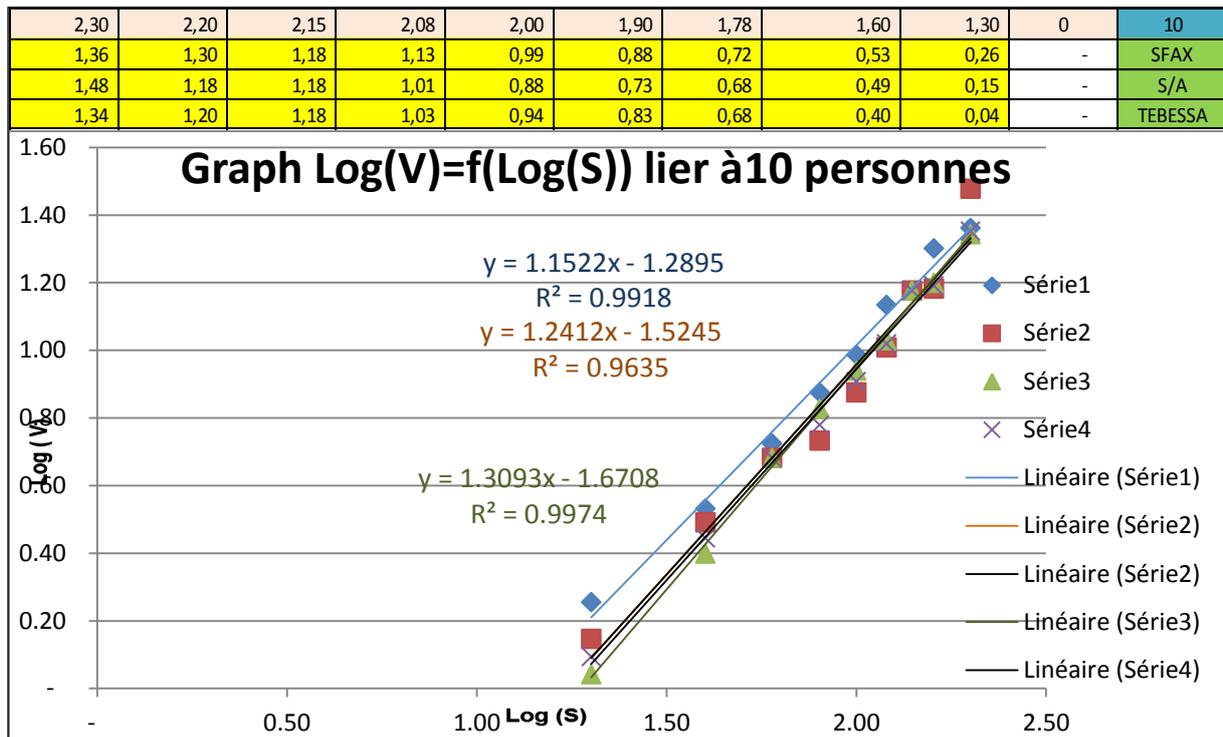


Figure 4.16.C Graph Log(V)=f(Log(S)) lier à 10 personnes

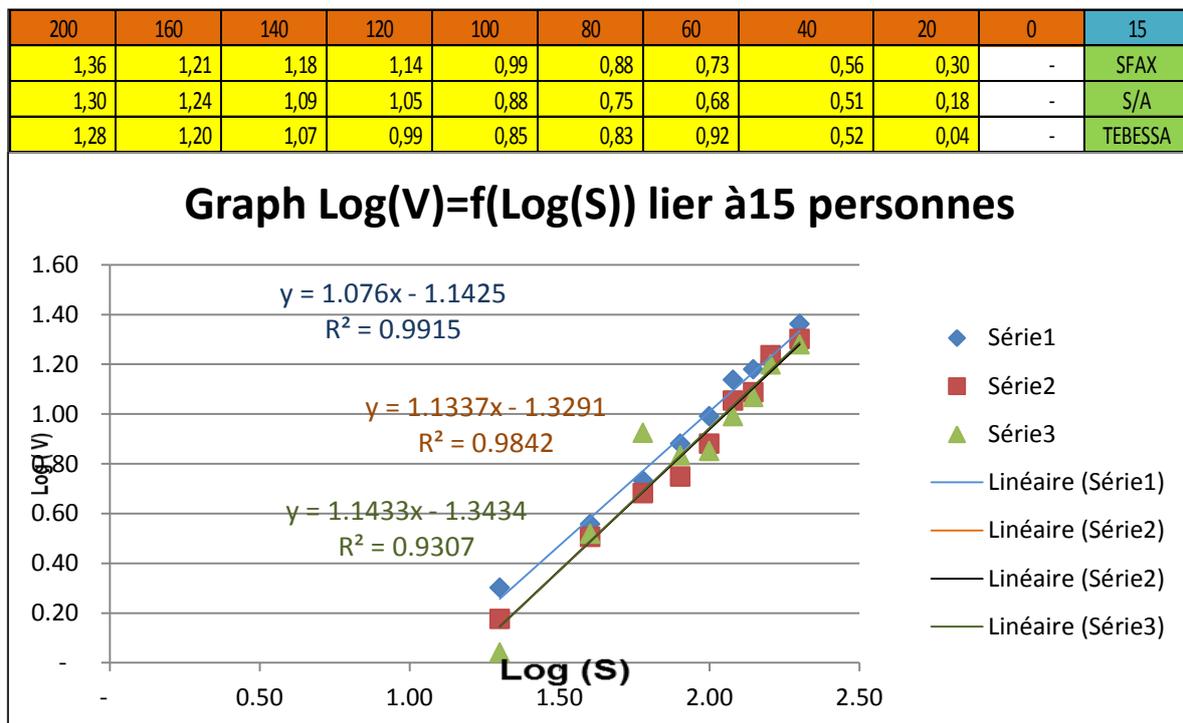


Figure 4.16.D Graph Log(V)=f(Log(S)) lier à 15 personnes

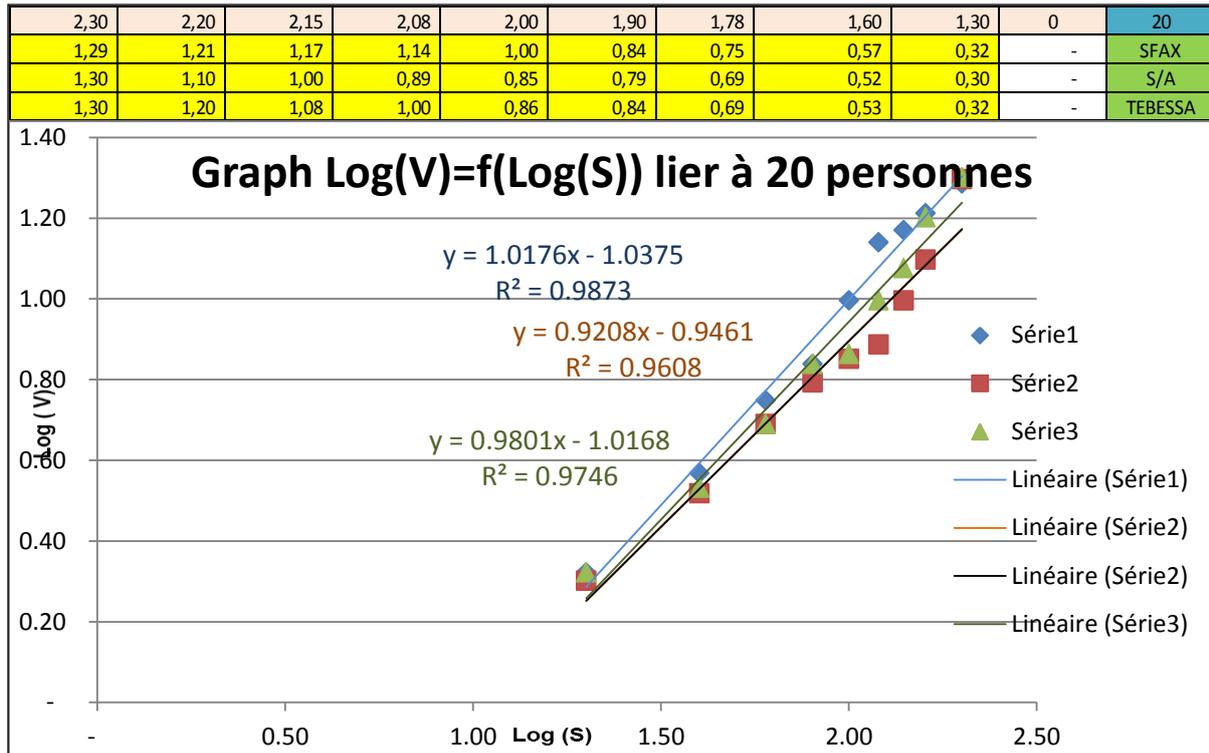


Figure 4.16.E Graph $\text{Log}(V)=f(\text{Log}(S))$ lier à 20 personnes

On ajustant des lignes droites aux nuages des points pour chaque Graph si dessus du figures 4.16A à 4.16.E .On aura les coefficients de corrélations R (presque=) +1 ; -1.

Toutefois, la liaison entre X et Y est linéaire, positive et parfaite c.-à-d. la connaissance de X nous Fournit la valeur de Y (et inversement).

							Nbr personne
	5	7	10	15	20		
valeur de a	1,5421	1,4028	1,1522	1,0760	1,0176	216	pluie
	1,6054	1,3110	1,3093	1,1433	0,9801	300	
	1,5626	1,5052	1,2412	1,1337	0,9208	500	
valeur de b	2,3550-	1,6617-	1,6708-	1,3434-	1,0168-	216	
	2,0965-	1,8272-	1,2895-	1,1425-	1,0375-	300	
	2,1169-	1,9332-	1,5245-	1,3291-	0,9461-	500	

Tableau 4.2 : Valeurs aléatoires des coeff a et b

Puisque, on observe une uniformité les deux (02) paramètres (a) et (b). Ces derniers selon le nombre des personnes (nbr) pour les lignes alors, on procède à classer les valeurs des (a) tableau 4.2 et des (b) selon des zones différentes d'une manière aléatoire pour avoir une multicorrélation pour avoir une uniformité de la pluie dans le tableau 4.2 et tableau 4.3 .

valeur de b observés (adopté)						Nbr des personnes	pluie
	5	7	10	15	20		
	2,0965	1,8272	1,2895	1,1425	1,0375	216	
	2,355	1,6617	1,6708	1,3434	1,0168	300	
2,1169	1,9332	1,5245	1,3291	0,9461	500		

Tableau 4.3 : Classement de b pour avoir une corrélation entre les 03 zones et les différents nbr des personnes (utilisateurs)

Il reste maintenant à vérifier si la droite de régression décrit bien le lien entre les variables et sinon existe-t-il un lien d'une autre forme pour les variables. Lorsque la droite de régression représente bien un lien linéaire entre les deux variables, on dit qu'il existe une corrélation Linéaire. Puisque nous étudierons seulement un modèle linéaire, on dira seulement corrélation.

Afin d'accélérer les calculs de la droite de régression, il existe ils des relations entre a, b (qui sont les paramètres du modèle)

On programme sous Excel des valeurs dites simulées selon une fonction de rapport entre la valeur de puissance de facteur pluie divisé au log décimale des puissances des Nbre des personnes on aura les valeurs sur tableau 4.4 et tableau 4.5 et les fonctions ci-dessous:

valeur de b simulé (formule :b)	2,0965175	1,65508381	1,34212413	1,09664974	0,96708207	0,59349325	α
	2,20371707	1,7397119	1,4107499	1,15272386	1,01653111	0,15180292	β
	2,38140425	1,87998604	1,52449961	1,24566876	1,0984947	1,24536445	γ

Tableau 4.4 : Valeurs de b simulés (obtenue par la formule[4.2])

valeur de b simulé (formule :a)	1,54209972	1,35306297	1,20494764	1,07756898	1,00517503	0,98004945	α'
	1,56169279	1,37025425	1,22025704	1,09125998	1,01794624	0,03843305	β'
	1,59265581	1,3974217	1,24445056	1,11289593	1,03812862	0,68884709	γ'

Tableau 4.5 : Valeurs de a simulés (obtenue par la formule[4.3])

Par définition ces valeurs sont proches à des valeurs observées on aura alors :

$$b = -\alpha * ((\text{pluie})^\beta) * 1 / \log(\text{Nbr personne})^\gamma \dots \dots \dots [4.2]$$

$$\alpha = -\alpha' * ((\text{pluie})^{\beta'}) * 1 / \log(\text{Nbr personne})^{\gamma'} \dots \dots \dots [4.3]$$

Par la suite et en effet, on procède de programmer sous Excel des valeurs dites simulées selon une fonction de rapport entre la valeur des puissances de facteur pluie divisé par rapport log décimale des puissances des Nbr des personnes (une variation linéaire entre nbrpersonne et pluie) comme il est rapporté dans les tableaux (4.4) et (4.5).

On a utilisé un mode de régression qui vise à minimiser les cumules des écarts entre les paramètres (a) et (b) (des courbes) observées (voir tableau) et simulées, on parle de la méthode de *Kolmogorov-Smirnov* On définit donc un facteur appelé de significativité : On aura,

$$\sum \text{Des ABS des b (simulés-observés)} = 0,95174919 \dots \dots \dots [4.4];$$

$$\sum \text{Des ABS des a (simulés-observés)} = 0,4888 \dots \dots \dots [4.5];$$

Donc et comme conséquence, les valeurs des différences entre deux échantillons rapportés sur [4.4][4.5] elles sont non significatives.

Le modèle numérique finale prend son allure comme suit :

$$\text{Log (V)} = 0,9800 * ((\text{pluie})^{0,0384}) * 1 / \log(\text{Nbr personne})^{0,6888}$$

$$-0,5934 * ((\text{pluie})^{0,1518}) * 1 / \log(\text{Nbr personne})^{1,2454} \dots \dots \dots [4.6]$$

Test et confiance du modèle

Le Test de *Kolmogorov-Smirnov* pour deux échantillons permet de tester la des différences entre deux échantillons de données. Comme dans le cas du test pour un seul échantillon, la statistique permet de comparer des distributions cumulées ; dans le cas présent, les distributions cumulées des deux échantillons (par exemple, les valeurs cibles observées par rapport aux valeurs cible simulées). Une différence importante entre deux distributions cumulées observées (dans les deux échantillons) indique que les données ne sont pas issues de la distribution. Ce test peut être utilisé au cours de certains processus de construction de modèles afin de comparer les résultats prévus (basés sur les données d'entrée simulées) aux résultats observés. La différence acquise demeure non significative entre les résultats prévus et les résultats observés dénote généralement une suffisance du modèle (qui est en mesure de représenter convenablement les relations entre les entrées et les sorties).

Conclusion

Dans ce chapitre, on a pu constater qu'on a abordé une nouvelle approche de dimensionnement des cuves de stockage des eaux de pluie issu de la RREP. Cette approche suit une méthodologie qui touche des différents composent pré mentionnés.

Dans la première partie (A), on s'est limité de produire des graphes pratiques qui permettent des lectures des valeurs des volumes des cuves en fonction des surfaces dites drainantes séparément d'autres variables qui sont les zones (pluie) et nombres (nbr) des personnes.

En outre, on a déduit des points de vue économiques financiers et quantitatifs lié à l'utilisation de la RREP par les citoyens, et ses effets bénéfiques dans la gestion évolutive du secteur de l'eau par les pouvoirs publics, pour un développement durable.

Dans la deuxième partie (B), on a pu reproduire une unification corrélative de lectures des volumes en fonction des surfaces pour une bande Géographique à climat aride à semi-aride.

Cette lecture est accessible par une formule de calcul qui est notre fameux modèle mathématique de calcul des volumes des cuves de stockage de la RREP, et ceci pour une surface liées et contrôlé entre elles par trois (03) points Souk Ahras-Sfax-Tebessa, formant une particularité zonale (le Nord de l'Afrique).

Chapitre 05 : Récupération de l'eau de pluie en Algérie: utilisation et évaluation de la qualité physico-chimique Cas D'Étude de la région de Souk-Ahras

Introduction

En Afrique du Nord précisément dans la ville de Souk Ahras située dans l'Est de l'Algérie, le climat est caractérisé comme aride à semi-aride avec, une pluviométrie incertaine et irrégulière. L'eau comme ressource fragile, elle est inégalement distribuée et moins disponible. Comme il est rapporté au chapitre précédent l'utilisation des eaux de la RREP demeure une solution non-conventionnelle parmi d'autres. Les zones de collection de l'eau issu de la RREP peuvent avoir des eaux à qualités différentes, selon leur dynamique industrielle et économique. La pollution de l'eau de pluie se produit avant d'être collectée, joue également un rôle décisif dans la qualité de ces eaux et leurs domaines d'utilisation.

L'objectif de ce chapitre qui fait partie de notre contribution (Article publié) est d'évaluer la qualité physico-chimique de l'eau de pluie récoltée des toitures des maisons (zones). Les eaux de pluie sont récupérées et analysées à partir de trois sites d'échantillonnage en deux saisons différentes de l'année, hiver et été, stockés dans divers réservoirs de stockage (béton et plastique) pour différents paramètres de qualité: pH, dureté totale, minéralisation globale, calcium, Nitrate). Comme résultat, on peut argumenter pour la nature des matériaux des cuves de stockage la plus appropriée à la RREP pour l'Algérie est ceci selon les normes algériennes de l'eau de boisson (potabilité).

Dans les zones connues par des pénuries de ressources en eau et avec une éventuelle augmentation de la demande en eau en particulier, les chercheurs ne cessent d'explorer dans les zones arides et semi-arides, autres solutions comme substitution des eaux manquantes au fil des années. Parmi ces solutions, nous avons les méthodes d'eaux non conventionnelles comme la technique de récupération des eaux de pluie.

Un système de récupération des eaux de pluie est une installation pour la collecte et le stockage des eaux de ruissellement. Les systèmes qui récoltent de l'eau à partir des toits ou des surfaces du sol sont classés comme «des systèmes de récupération de l'eau de pluie», tandis que les systèmes qui collectent de l'eau provenant des cours d'eau sont connus comme «des systèmes de récupération d'eau de crue». L'enquête sur les systèmes traditionnels de la RREP a révélé qu'environ 25 systèmes sont utilisés dans la région arabe (Abdelaziz Zaki et al, 2006) (UNESCO Cairo, 1995).

Récupération de l'eau de pluie en Algérie: utilisation et évaluation de la qualité physico-chimique
D'Étude de la région de Souk-Ahras

Les sociétés anciennes ont développé des diverses technologies et constructions de récolte et de stockage de la pluie telles que les barrages pour des fins agricoles, les méthodes de contrôle du ruissellement et la construction des réservoirs ou de citernes dans les zones urbaines (Mays, L et al, 2013).

Elle est appliquée de manière traditionnelle dans certaines parties de l'Algérie (Guebail A et al, 2011), mais en réalité elle n'est pas très répandue (Abdelaziz Zaki et al, 2006) et la politique des pouvoirs algérienne vis-à-vis aux ressources en eau, ne permet pas à cette technique (RREP) d'avoir beaucoup d'importance et de prospérité par rapport aux défis et les différents problèmes ont affecté les ressources en eau de la région. La technique de récupération des eaux pluviales attire de plus en plus d'attention dans plusieurs pays comme une excellente pratique de la gestion durable de l'eau (Tariqui, I, M. Et al, 2016) (Debusk KM et al, 2013) (Domènech L et al, 2012), (Mafizur, MD, et al, 2011).

En fait, le prix de l'eau en Algérie est d'environ 26 DA / m³ (Boukhari, S, et al, 2009), ce qui freine le développement des structures de la RREP, mais la collecte d'eau pluviale offre une disponibilité constante d'eau presque gratuite.

L'une des principales préoccupations concernant l'utilisation de l'eau de pluie issue de la RREP pour les applications non potables ou potables est la qualité (Christopher D et al, 2009). Les eaux de pluie collectées en aval des toitures peuvent être utilisées à des fins non alimentaires et non liées à l'hygiène personnelle. L'utilisation de cette technique n'implique pas la création d'une installation coûteuse l'intérieur des bâtiments, une simple gouttière et un filtre terminée par une citerne s'avère suffisante pour la RREP.

Les problèmes liés aux qualités sont généralement plus complexes que ceux qui impliquent seulement un contrôle de la quantité. Les problèmes de contrôle de la qualité nécessitent à inspecter des paramètres différents et qui sont très variables d'un emplacement à l'autre.

L'eau de pluie capturée et stockée correctement est une source sûre, économique et durable. Le dioxyde de carbone (CO₂) dans l'atmosphère rend l'eau de pluie légèrement acide (pH 5 à 6). Malheureusement, il existe d'autres substances dans l'atmosphère, plus toxiques, elles réagissent avec l'eau de pluie ou se dissolvent dans l'eau. Par exemple, le dioxyde de soufre

Récupération de l'eau de pluie en Algérie: utilisation et évaluation de la qualité physico-chimique
D'Étude de la région de Souk-Ahras
extrait des voitures en acide sulfurique en contact avec l'eau est l'une des causes des pluies acides, où le pH s'abaisse au-dessous de "pH <4".

En général, l'eau de pluie est plus ou moins acide par rapport aux exigences de la qualité pour les eaux de baignade. Par contre, l'eau de pluie est également une eau très douce, car elle contient très peu de minéraux. La contamination maximale de l'eau de pluie se produit après le contact avec la surface du bassin versant (toit ou sol) et pendant la livraison et le stockage ultérieurs (Waller, 1989).

Dans ce chapitre, la qualité de l'eau de pluie de récolte de la région souk Ahras sera étudiée afin d'évaluer s'il est possible d'élargir l'utilisation de cette eau dans d'autres activités quotidiennes humaines en fonction des résultats de l'analyse et des normes algériennes d'eau.

Méthodes et matériels:

La qualité de l'eau collectée dans un système de prélèvement de pluie est affectée par de nombreux facteurs, notamment (Christopher Despins et al., 2009):

1. Conditions environnementales telles que la proximité de l'industrie lourde ou des routes principales, la présence d'oiseaux ou de rongeurs (Forster, 1998); (Taylor et al., 2000).
2. Les conditions météorologiques telles que la température, les périodes de sécheresse antécédent et les précipitations (Evans et al., 2006).
3. Contacter un matériel de captage et la saleté et les débris qui s'y déposent entre les pluies (Simmons et al., 2001, Van Meter & Mahler, 2003).
4. Traitement par des dispositifs de traitement pré-citernes tels que la filtration ou le détournement du premier pluie éclair (Yaziz et al., 1989; Martinson & Thomas 2005).
5. Processus de traitement naturel se déroulant dans la citerne d'eau de pluie (Scott & Waller, 1987; Spinks et al., 2003a).
6. Traitement par des dispositifs de traitement post-citernes tels que la filtration de particules, la désinfection ultraviolets, la chloration, la filtration lente au sable ou les systèmes d'eau chaude (Coombes et al. 2000; Kim et al., 2005; A hammed & Meera 2006; Sazakli et al., 2007).

Récupération de l'eau de pluie en Algérie: utilisation et évaluation de la qualité physico-chimique
D'Étude de la région de Souk-Ahras

Les réservoirs de stockage sont conçus à partir de divers matériaux, où certains réservoirs sont des composés de polyéthylène recyclables (en plastique) et d'autres sont en béton. La qualité de l'eau collectée dans le système de prélèvement d'eau de pluie est collectée à partir de trois endroits, tel que le centre-ville de Souk-Ahras est divisé en trois bandes selon les activités des personnes, comme le montre la figure 5.1.

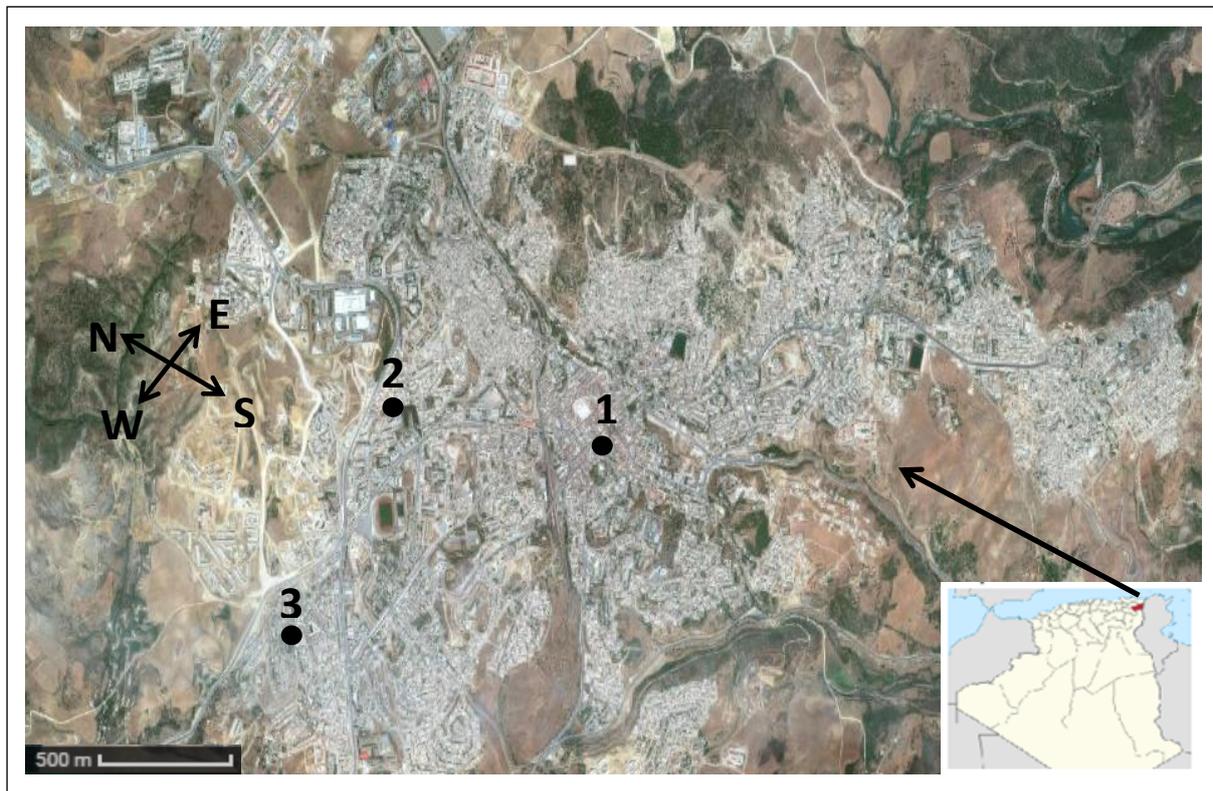


Figure 5.1: Emplacements des endroits de la qualité de l'eau (dans carte SoukAhras).

(● *Emplacement des échantillons*).

Les échantillons d'eau ont été recueillis dans des bouteilles en polyéthylène d'un litre (Pacheco et al., 2001). Ces bouteilles ont été précédemment lavées avec du détergent, rincées avec de l'eau du robinet, puis dans de l'eau distillée. Les échantillons d'eau ont été stockés dans un refroidisseur à une température d'environ 4 ° C avant d'être transportés au laboratoire.

Chaque échantillon a été testé pour sa propriété de paramètres chimiques et physiques tels que le pH et de nombreux autres paramètres dans (mg / l) comme: dureté totale, minéralisation globale, Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- (Maoudombaye et al .2015).

Récupération de l'eau de pluie en Algérie: utilisation et évaluation de la qualité physico-chimique
D'Étude de la région de Souk-Ahras

Pour déterminer l'état d'origine de l'eau de pluie et évaluer s'il était affecté par le matériau des citernes avant d'avoir été collecté. Un échantillon de contrôle dans les deux saisons de l'opération de récolte (hiver et été) a également été analysé.

Les résultats de l'analyse proviennent d'échantillons variés où ils seront comparés aux normes algériennes de l'eau (AWS, 2000).

Résultats et discussion:

Comme pré mentionné ci-dessus, l'eau de pluie récupéré des trois localités a été analysée et comparée aux valeurs des normes algériennes en matière possibilité d'y considéré boissons, comme le montrent les graphiques suivants :

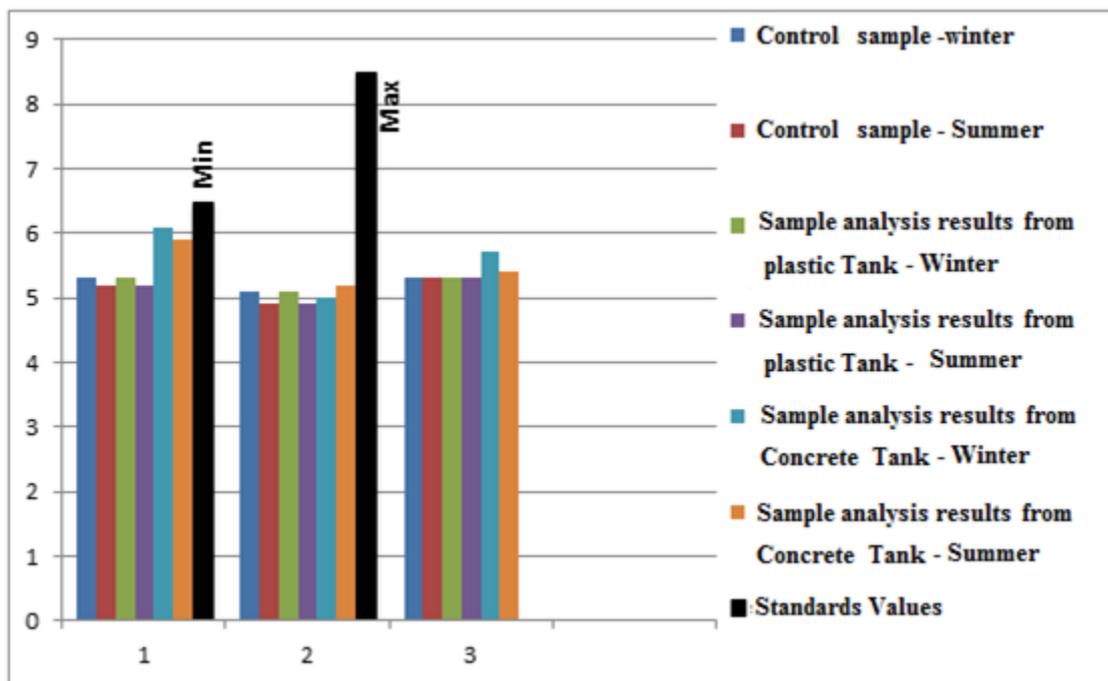


Figure 5.2: La variation des valeurs PH pour chaque échantillon.

À travers les résultats montrés dans la figure 5.2 , il semble que toutes les valeurs de pH soient légèrement acides, elles sont entre 5 et 6 quelle que soit la saison d'étude; En hiver ou en été et pour les deux types de réservoirs, en plastique ou en béton, avec peu de différence entre les valeurs attribuées aux réservoirs en plastique et le béton, où les réservoirs de béton permettent de réduire l'acidité de l'eau de pluie collectée (Thierry G et al., 2007) idem pour l'échantillon témoin. L'acidité de l'eau de pluie s'explique par la dissolution du dioxyde de carbone dans les eaux pluviales rendant l'eau acide et à l'extérieur de la plage de pH autorisée selon les valeurs standard.

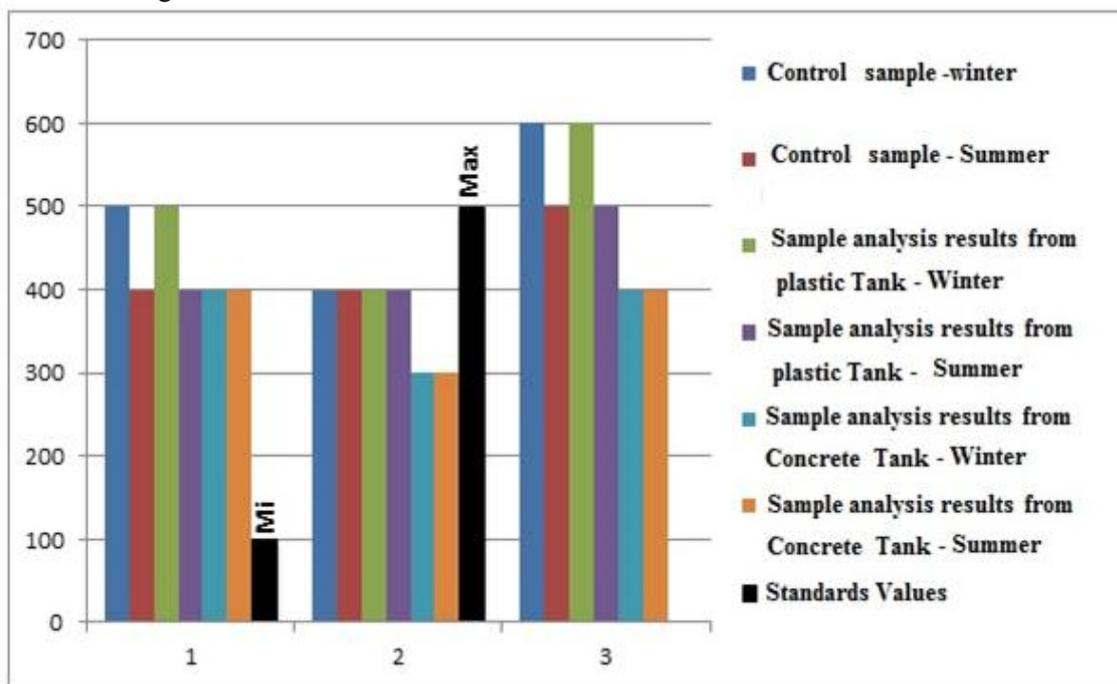


Figure 5.3 : La Dureté Totale en mg / l pour chaque échantillon.

Généralement, les valeurs de dureté des échantillons étudiés (figure 5.3) se situent dans la plage des valeurs standard autorisées, à l'exception de la troisième abscisse (zone n ° 3) où une augmentation négligeable de l'ordre de 16% enregistré pour le réservoir en plastique et l'échantillon de contrôle pris en hiver, où il est facile de conclure que le béton peut réduire la dureté de l'eau de pluie et cela peut être tiré des résultats des trois zones.

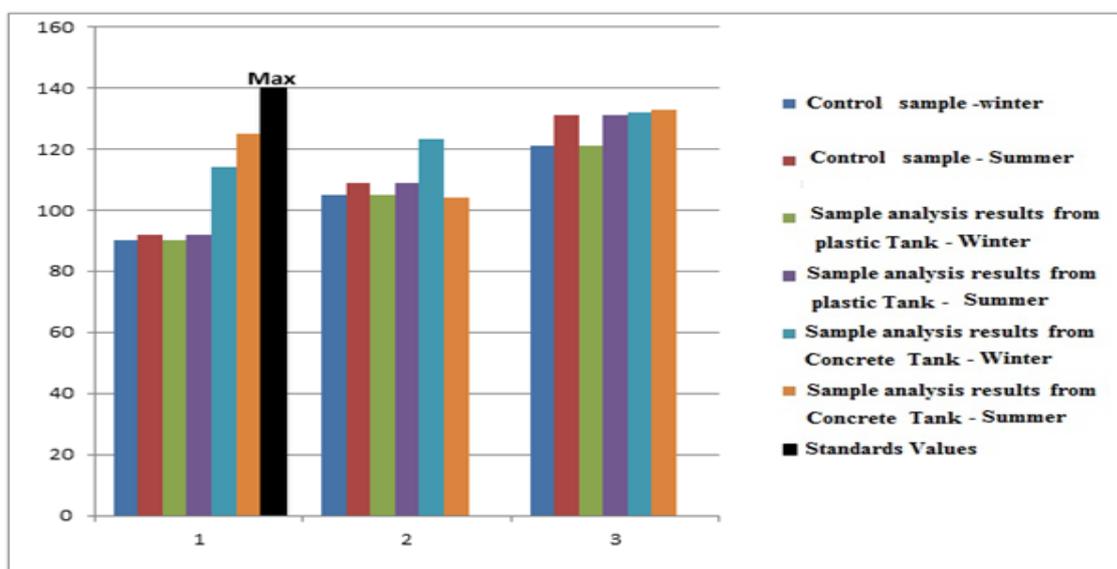


Figure 5.4: La minéralisation globale en mg/l pour chaque échantillon.

Récupération de l'eau de pluie en Algérie: utilisation et évaluation de la qualité physico-chimique Cas D'Étude de la région de Souk-Ahras

Comme le montre la figure 5.4, la minéralisation globale croît d'une région à l'autre, la troisième ayant enregistré la concentration la plus élevée. Le réservoir de béton englobe la forte concentration de la minéralisation globale, ce qui s'explique par la réaction de l'eau avec les composants de base du réservoir qui introduisent des minéraux en solution. Les résultats obtenus montrent que la minéralisation globale de l'eau de pluie appartient aux normes algériennes d'eau potable.

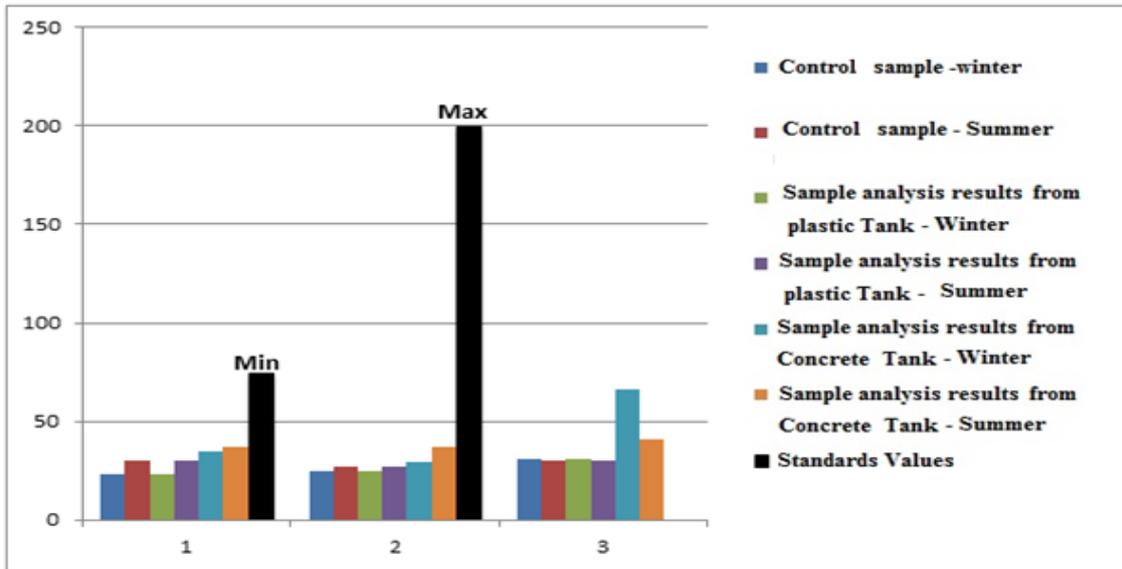


Figure 5.5 : La variation du calcium, ionisé en mg/l pour chaque échantillon.

On peut constater que l'eau est chargée d'ions de calcium lorsqu'elle traverse des sols calcaires, de sorte que les valeurs faibles de concentration de calcium enregistrées dans les trois zones sont logiques. Mais dans tous les cas, les réservoirs de béton ont légèrement enregistré des valeurs élevées par rapport aux réservoirs en plastique, ce qui explique que l'eau récoltée a réagi avec du béton comme il est obtenu dans la figure 5.5.

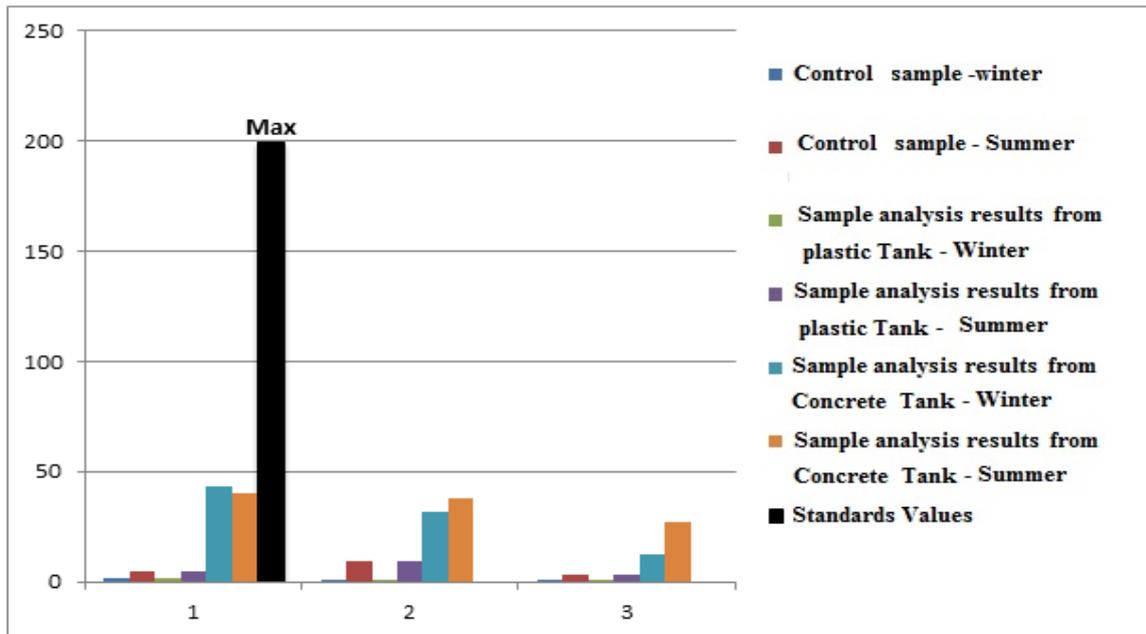


Figure 5.6: Le taux de sodium en mg / l pour chaque échantillon.

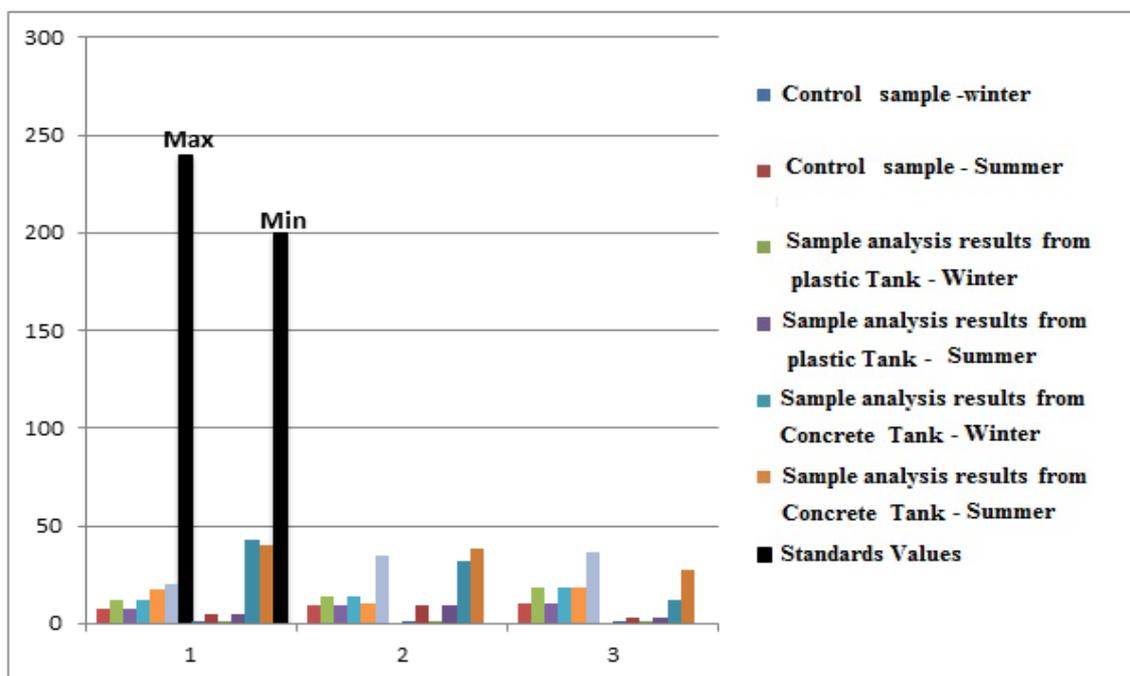


Figure 5.7: Le taux de potassium en mg/l varie pour chaque échantillon.

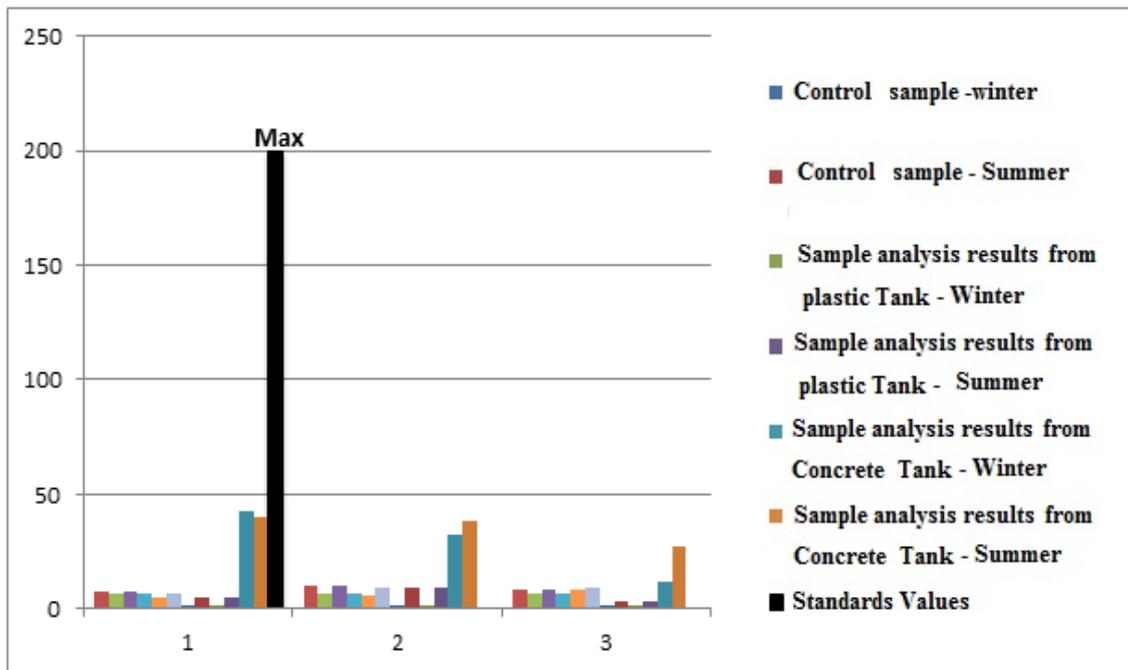


Figure 5.8: Le chlorure en mg / l pour chaque échantillon.

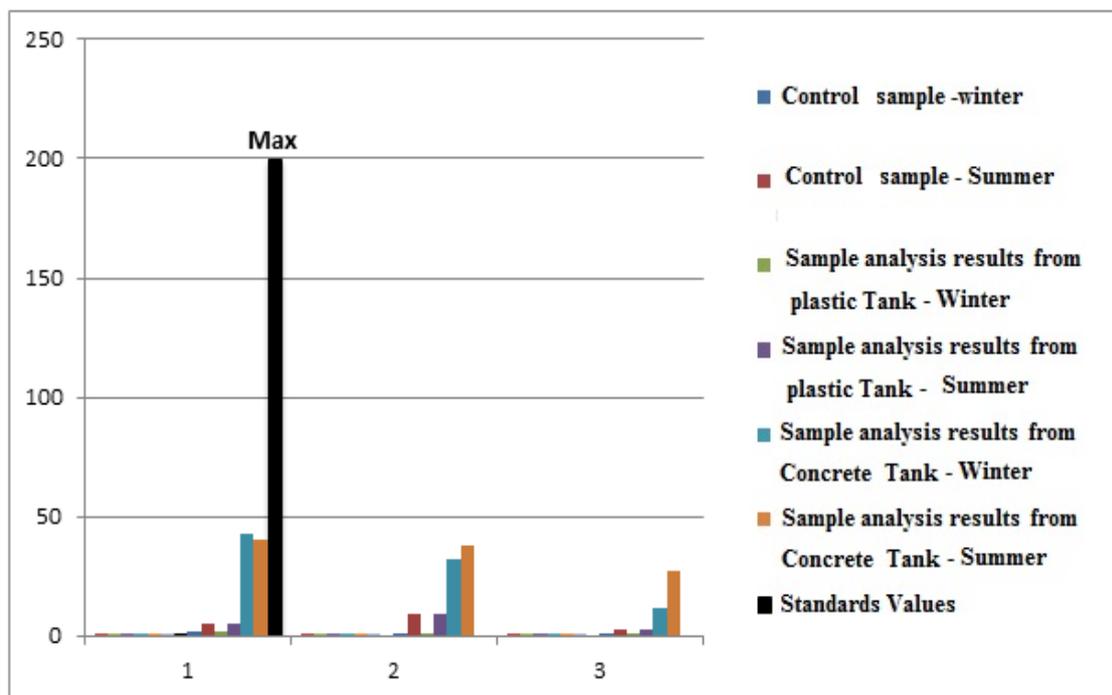


Figure 5.9:Le nitrate en mg / l pour chaque échantillon.

L'eau de pluie adsorbe les particules atmosphériques et dissout les gaz dans l'atmosphère. Ces éléments ont des origines naturelles ou humaines. La qualité de l'eau de pluie reflète la qualité de l'air.

La composition chimique de l'eau de pluie est variable, avec le temps et selon l'endroit. Comme le montrent les figures 5.6, 5.7, 5.8 et 5.9. Les résultats trouvés au niveau de chaque zone sont proches quel que soit l'élément d'étude: l'ion sodium ou potassium ou le chlorure ou le nitrate. Ce phénomène s'explique par le fait que tous les trois lieux étudiés ont des activités et des environnements assez similaires. Les résultats présentés dans les figures 5.6, 5.7, 5.8 et 5.9 sont tous loin des normes algériennes d'eau potable. Les échantillons stockés dans des réservoirs de béton ont enregistré la concentration la plus élevée de Na, K, Cl, NO₃ par rapport aux autres échantillons.

Conclusions

Pour les trois échantillons, les valeurs de pH sont légèrement acides en raison de la dissolution du dioxyde de carbone dans les eaux pluviales rendant l'eau acide et à l'extérieur de la plage de pH autorisée selon les valeurs standard. La minéralisation globale appartient aux normes algériennes d'eau potable. Pour le reste des sels: Ca, Na, K, Cl, NO₃, ils sont tous enregistrés avec des valeurs faibles qui confirment le fait que tous les trois lieux étudiés sont assez similaires. D'après cette étude les réservoirs en béton sont beaucoup plus adaptés à la récolte d'eau en raison du comportement du béton vers la qualité de l'eau. En général, l'eau collectée est faible dans les minéraux (peut être rattrapé) et le besoin d'équilibrage des sels est approprié par rapport aux normes algériennes d'eau potable.

CONCLUSION GENERALE

La RREP comme une méthode de gestion et d'apport en eau non-conventionnelle dument était une pratique très ancienne, pratiquée par les premières nations qui ont pensés selon une stratégie gestionnaire visant la disponibilité adjacente et accessible à l'eau.

De nos jours, cette stratégie est adoptée d'une manière scientifique ainsi que réglementaire. Et cela toutes à travers le monde en lui attribuant une dynamique novatrice dans les domaines urbaines (comme mode de protection contre les inondations, gestion de l'eau...) et technologiques (point de vue conception et design). Mais, en Algérie et malgré les efforts de développement au secteur de l'eau et l'urbanisme ont à jamais penser à adopter et valoriser la RREP. Même si elle est qualifiée comme méthode non-conventionnelle, et en adoptant un modèle Algérien, la RREP peut apporter des solutions réactives abaissent les investissements dans le secteur de l'eau en Algérie.

En Algérie et durant les dernières années, on put remarquer une expansion rurale (logements rurales) et urbaine (crédits pour auto constructions) où, on pouvait introduire la RREP et inciter les citoyen à la pratiquer par des législations et des encouragements financières c'est le modèle Algérien en RREP qui a été existée qu'on parle.

Ce modèle algérien de la RREP espéré peut prendre l'allure technologique simple et abordable dans des cuves de stockage enterrées en béton armé ou banché. Ces cuves dimensionné selon notre approche par le modèle mathématique de calcul exact et économique défini dans cette thèse, extensible sur tout le territoire algérien selon le paramètre Pluviométrie (zones pluvieuses, semi-aride et aride) et le paramètre demandes (zone urbaines, rurales et structures réservant la RREP comme les écoles, administrations...).

Toutefois, et selon notre vision on peut introduire la RREP en Algérie comme par es grande :

- Des réglementations juridiques en incitant et encouragent les propriétaires des logements individuelles d'installer un système de RREP adéquat ;
- Des encouragements fiscaux et financiers aux futures utilisateurs (auto constructeurs des maisons, concepteurs et fabriquant des composantes des installations de la RREP).

D'une compasé analytique, la qualité des eaux pluviale issu de la RREP est le facteur déterminant pour les domaines d'utilisation de cette eau. Les réservoirs en béton sont beaucoup plus adaptés à la récolte d'eau en raison du comportement du béton vers la qualité de l'eau. c'est notre proposition pour un modèle technologique adaptable pour l'Algérie.

Enfin, la RREP à partir offre une des perspectives futures comme axes de recherches selon notre philosophie et point de vue comme suit :

- Extensibilité du modèle numérique de dimensionnement (selon les considérations des paramètres de calcul présentés dans la partie A chapitre 04) du volume des cuves de stockage avec notre approche à l'échelle national, régional et mondial ;
- Généralisation de la RREP pour les administrations, écoles, hôpitaux...etc ;
- Evaluation de l'intérêt de l'utilisation de la RREP comme protection contre les inondations par rétention, en l'élaboration des comparaisons des hydro grammes des crues ou des (HU) des sous bassins ou bassins urbanisés utilisant et non utilisant la RREP ce qui argumente pour un impact environnemental positive ;
- L'orientation vers l'analyse des paramètres physico-chimiques et pathologiques des eaux issu de la RREP pour déterminer des méthodes d'améliorations à l'échelle national en offrant donc aux pouvoirs publics en Algérie, des outils de vision réglementaire pour inciter aider et encourager les citoyen à utiliser la RREP.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	O	P	Q	R
1	Cout m3 Béton	DA20 000,00	Cout Eau	DA148,00									
2	Cout m3 Terrassement	DA1 000,00											
Surface de drainage													
	Réservoir	AEP (ADE)	Eau de Pluie	Taux d'utilisation du réservoir	Béton	Coût AEP (ADE)	Économie	Coût Réservoir	Coût Total	Surface de drainage	Volume Rés min	Volume Rés Max	Cout
3													
4	0	33 233,20	-	0%	-	4 918 513,60	-	-	4 918 513,60	20	0,5	1	2100000
5	0,5	32 971,50	261,70	1%	0,55	4 879 781,41	38 732,19	11 693,78	4 891 475,19	30	1	2,5	2050000
6	1	32 860,17	373,03	1%	0,70	4 863 304,86	55 208,74	15 177,29	4 878 482,15	40	1	3	2000000
7	5	32 741,69	491,51	1%	1,20	4 845 769,68	72 743,92	29 900,83	4 875 670,50	60	2,5	6	1900000
8	10	32 700,87	532,33	2%	1,51	4 839 728,91	78 784,69	42 113,15	4 881 842,06	80	3,5	8	1820000
9	15	32 698,87	534,33	2%	1,72	4 839 432,76	79 080,84	52 470,96	4 891 903,72	100	5	11	1720000
1	Cout m3 Béton	DA20 000,00	Cout Eau	DA148,00									
2	Cout m3 Terrassement	DA1 000,00											
Surface de drainage													
	Réservoir	AEP (ADE)	Eau de Pluie	Taux d'utilisation du réservoir	Béton	Coût AEP (ADE)	Économie	Coût Réservoir	Coût Total	Surface de drainage	Volume Rés min	Volume Rés Max	Cout
3													
4	0	33 233,20	-	0%	-	4 918 513,60	-	-	4 918 513,60	20	0,5	1	2100000
5	0,5	32 971,50	261,70	1%	0,55	4 879 781,41	38 732,19	11 693,78	4 891 475,19	30	1	2,5	2050000
6	1	32 860,17	373,03	1%	0,70	4 863 304,86	55 208,74	15 177,29	4 878 482,15	40	1	3	2000000
7	5	32 741,69	491,51	1%	1,20	4 845 769,68	72 743,92	29 900,83	4 875 670,50	60	2,5	6	1900000
8	10	32 700,87	532,33	2%	1,51	4 839 728,91	78 784,69	42 113,15	4 881 842,06	80	3,5	8	1820000
9	15	32 698,87	534,33	2%	1,72	4 839 432,76	79 080,84	52 470,96	4 891 903,72	100	5	11	1720000
10	20	32 698,87	534,33	2%	1,90	4 839 432,76	79 080,84	61 940,20	4 901 372,96	120	7	13	1625000
11	25	32 698,87	534,33	2%	2,04	4 839 432,76	79 080,84	70 869,84	4 910 302,60	140	8	16	1535000
12	30	32 698,87	534,33	2%	2,17	4 839 432,76	79 080,84	79 430,68	4 918 863,44	160	10	20	1435000
13	35	32 698,87	534,33	2%	2,29	4 839 432,76	79 080,84	87 720,63	4 927 153,39				
14	40	32 698,87	534,33	2%	2,39	4 839 432,76	79 080,84	95 801,65	4 935 234,41				

	A	B	C	D	E	F
1	Coût m3		148,00	Coût Initial	29 901	
2		Année	Option 1: Avec Réc	Option 2 : Sans Récupération	Coût Réel	
3	1	2008	59 395,75	49 158,20		
4	2	2009	29 494,92	49 158,20		
5	3	2010	29 494,92	49 158,20		
6	4	2011	29 494,92	49 158,20		
7	5	2012	29 494,92	49 158,20		
8	6	2013	29 494,92	49 158,20		
9	7	2014	29 494,92	49 158,20		
10	8	2015	29 494,92	49 158,20		
11	9	2016	29 494,92	49 158,20		
12	10	2017	29 494,92	49 158,20		
13	11	2018	29 494,92	49 158,20		
14	12	2019	29 494,92	49 158,20		
15	13	2020	29 494,92	49 158,20		
16	14	2021	29 494,92	49 158,20		
17	15	2022	29 494,92	49 158,20		
18	16	2023	29 494,92	49 158,20		
19	17	2024	29 494,92	49 158,20		
20	18	2025	29 494,92	49 158,20		
21	19	2026	29 494,92	49 158,20		
22	20	2027	29 494,92	49 158,20		
23						
24			619 799,23	983 164,00		
25						
26		Taux d'Intérêt	Option 1: Avec Réc	Option 2 : Sans Réc	Option 3: Sans Récup	Différence
27	Taux d'intérêt	6,50%	353 065,88 €	541 649,98 €	95 154,73 €	53,41%
28		7,50%	328 500,43 €	501 142,85 €	88 038,61 €	52,55%
29		8,50%	306 678,72 €	465 200,59 €	81 724,43 €	51,69%

Liste des figures

Figure 1.1: cuve de stockage des eaux de pluie abandonnée Ferme Botoz à Souk-Ahras	18
Figure 1.2 : Exemple d'un système de collection des eaux de pluie	19
Figure 1.3 : Dispositif de puisement de l'eau de pluie collectée dans un Majel dans une villa moderne de Sfax	19
Figure. 1.4 : Le principe général de RREP	19
Figure 1.5 : Le composant de rinçage (déviation)..	20
Figure 1.6 : déviation par infiltration. Source	21
Figure 1.7: Rainwater Harvesting System with Roof Catchment Connecting Pipes and Storage Tank	21
Figure 1.8: Aboveground Tank	21
Figure 1.9: Plastic Rainwater Harvesting Tanks.....	23
Figure 1.10: First rain water harvesting concrete tank installation.....	24
Figure 1.11: Photo of "water concert tank" R	24
Figure 1.12: Metal-tank	25
Figure 1.13 Wood-Tank	25
Figure 1.14 : filtrante-eau-de-pluie	26
Figure 1.15 : Filtre interne « micro-filtre – bobine- »	26
Figure 1.16 : Schéma du traitement de l'eau par UV.	26
Figure 2.1. Ventilation de la consommation d'eau en fonction des usages (cas de la France)	30
Figure 2.2 : La réutilisation des eaux pluviales en milieu urbain	31

Figure 2.3: Installation de 25,000-gallon à Timbertank au Texas	40
Figure2.4: Un système domestique de 8m ³ de récupération en Seri Lanka.....	41
Figure2.5: Un système domestique de 46m ³ de récupération en Uganda.....	41
Figure 3.1. Volume optimal (U _{3opt}).	48
Figure 4.1.: Pour quoi on cherche un supplément d'eau nécessaire ailleurs	55
Figure 4.2.: Carte enveloppant les positions des zones d'étude	57
Figure 4.3. : Contrôle de pluie annuelle d'une station par rapport à une autre	60
Figure4.4 : Représentation générale climatique des Zones d'étude	63
Figure 4 .5. A: Volume de l'eau dans le réservoir en utilisant la pluie de 10 années moyennes (1969 - 1979) région de Sfax pour une habitation de 100m ² abrite 7 personnes	65
Figure 4 .5.B: Volume de l'eau dans le réservoir en utilisant la pluie de 10 années moyennes (1969 - 1979) région de S/A pour une habitation de 100m ² abrite 7 personnes	65
Figure 4 .5.C: Volume de l'eau dans le réservoir en utilisant la pluie de 10 années moyennes (1969 - 1979) région de Tébessa pour une habitation de 100m ² abrite 7 personnes.....	66
Figure 4.6.A: Pourcentages de consommation d'eau de pluie par rapport au volume total région de Sfax pour une habitation de 100m ² abrite 7 personnes.....	67
Figure 4.6.B: Pourcentages de consommation d'eau de pluie par rapport au volume total région de S/Ahras pour une habitation de 100m ² abrite 7 personnes	67
Figure 4.6.C: Pourcentages de consommation d'eau de pluie par rapport au volume total région de Tébessa pour une habitation de 100m ² abrite 7 personnes	68
Figure 4.7.A : Variation des couts réservoir+AEP avec le volume des réservoirsrégion de Sfax pour une habitation de 100m ² abrite 7 personnes	69

Figure 4.7.B : Variation des couts réservoir + AEP avec le volume des réservoirs région de Souk-Ahras pour une habitation de 100m ² abrite 7 personnes	69
Figure 4.7.C : Variation des couts réservoir+AEP avec le volume des réservoir srégion de Tébessa pour une habitation de 100m ² abrite 7 personnes.....	70
Figure 4.8.A : Représentation de suivi des couts avec une comparaison des options région de Sfax pour une habitation de 100m ² abrite 7 personnes étalant 20 années	71
Figure 4.8.B : Représentation de suivi des couts avec une comparaison des options région de Souk Ahras pour une habitation de 100m ² abrite 7 personnes étalant 20 années.....	71
Figure 4.8.C : Représentation de suivi des couts avec une comparaison des options région de Tébessa pour une habitation de 100m ² abrite 7 personnes étalant 20 années ...	72
Figure 4.9 : Représentation des couts avec une comparaison des options selon les différents taux d'intérêt région de Souk ahras pour une habitation de 100m ² abrite 7 personnes étalant 20 années	72
Figure 4.10.A : Comparaison des volumes d'eau récupérés par rapport aux pertes AEP + évapo pour 240 maisons d'une moyenne de 100m ² abrite 7 personnes région de Sfax	73
Figure 4.10.B : Comparaison des volumes d'eau récupérés par rapport aux pertes AEP + évapo pour 240 maisons d'une moyenne de 100m ² abrite 7 personnes région de Souk AHRAS	74
Figure 4.10.C: Comparaison des volumes d'eau récupérés par rapport aux pertes AEP + évapo pour 240 maisons d'une moyenne de 100m ² abrite 7 personnes région de Tébessa.....	74
Figure 4.11.A: Représentation de la tendance optimale zone de Sfax pour une habitation de 100m ² qui abrite 7 personnes	76
Figure 4.11.B: Représentation de la tendance optimale zone de Souk Ahras pour une habitation de 100m ² qui abrite 7 personnes	76

Figure 4.11.C: Représentation de la tendance optimale zone de Tébéssa pour une habitation de 100m ² qui abrite 7 personnes	77
Figure 4.12.A: Représentation graphique des choix des volumes des cuves concernant les besoins en eaux de 5 personnes	79
Figure 4.12.B: Représentation graphique des choix des volumes des cuves concernant les besoins en eaux de 7 personnes	79
Figure 4. 12. C: Représentation graphique des choix des volumes des cuves concernant les besoins en eaux de 10 personnes	80
Figure 4. 12. D: Représentation graphique des choix des volumes des cuves concernant les besoins en eaux de 15 personnes	80
Figure 4. 12 .E: Représentation graphique des choix des volumes des cuves concernant les besoins en eaux de 20 personnes	81
Figure 4.13: Vue Aérienne De La Cité Quouicem Souk Ahras Algérie (Google Earth)....	82
Figure 4.14: Représentation de la compréhension des couts ave des différents taux	82
Figure 4.15: Représentation de la compréhension des couts d’investissement initial etle prix de revient avec les différents taux d’intérêt étalé sur 20 ans.	83
Figure 4.16.A Graph $\text{Log}(V)=f(\text{Log}(S))$ lier à 5 personnes	86
Figure 4.16.B Graph $\text{Log}(V)=f(\text{Log}(S))$ lier à 7 personnes	86
Figure 4.16.C Graph $\text{Log}(V)=f(\text{Log}(S))$ lier à 10 personnes.....	87
Figure 4.16.D Graph $\text{Log}(V)=f(\text{Log}(S))$ lier à 15 personnes.....	87
Figure 4.16.E Graph $\text{Log}(V)=f(\text{Log}(S))$ lier à 20 personnes	88
Figure 5.1: Emplacements des endroits de la qualité de l'eau (dans carte SoukAhras). (Emplacement des échantillons).	97
Figure 5.2: La variation des valeurs PH pour chaque échantillon.	98

Figure 5.3 : La Dureté Totale en mg / l pour chaque échantillon.	99
Figure 5.4: La minéralisation globale en mg/l pour chaque échantillon.	99
Figure 5.5 : La variation du calcium, ionisé en mg/l pour chaque échantillon.....	100
Figure 5.6: Le taux de sodium en mg / l pour chaque échantillon.....	101
Figure 5.7: Le taux de potassium en mg/l varie pour chaque échantillon.	102
Figure 5.8: Le chlorure en mg / l pour chaque échantillon	102
Figure 5.9: Le nitrate en mg / l pour chaque échantillon	98

Liste des tableaux

Tableau 1.1: Les règles qui permettent le calcul de l'espace nécessaire à la mise en œuvre de la cuve.	27
Tableau 3.1. Volume de base d'utilisation de l'eau	50
Tableau 4.1 : choix des volumes des cuves.....	78
Tableau 4.2 : Valeurs aléatoires des coeff a et b.....	89
Tableau 4.3 : Classement de b pour avoir une corrélation entre les 03 zones et les différents nbr des personnes (utilisateurs)	90
Tableau 4.4 : Valeurs de b simulés (obtenue par la formule [4.2])	90
Tableau 4.5 : Valeurs de la simulés (obtenue par la formule [4.3]).....	91

Table des Abréviations

ADE : Algérienne Des Eaux

AEP : Alimentation en Eau Potable

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques

ARENE : Agence régionale de l'environnement et des nouvelles énergies (France)

Art. 2 : Règlement grand-ducal du 14 mai 2003 concernant l'allocation d'une aide budgétaire aux particuliers pour la mise en place d'une installation de collecte des eaux de pluie.

AWS : La station météorologique automatique

BCEOM : Bureau Central d'Etudes pour les équipements France d'Outre-Mer

CIDECALL : Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia (Pnama)

C.I.Eau : Centre d'information sur l'eau (France)

Cf : Coefficient de ruissellement

DIN 1989 : Institut des Normes Allemand

DVGW W 555 : Fédération Allemande du Secteur du Gaz et de l'Eau

Govt: Manual on rain water harvesting (Eng), DDWS, Govt. of India

IRCS: International Research Center on Sustainability

ONS : Office National des Statistiques

REFEA : Réseaux français d'eau et d'assainissement

RREP : Récupération et Réutilisation des eaux de pluie

SAD : Système Interactif d'aide à la décision

SEAAL : Société des eaux et de l'assainissement d'Alger la production et la distribution de l'eau potable et l'assainissement des eaux usées

TARGA-Aide : Association interdisciplinaire pour le développement et l'environnement

UNEP : Le Programme des Nations unies pour l'environnement

UN-Habitat : Le Programme des Nations unies pour les établissements humains (PNUEH), également appelé ONU-Habitat

UNESCO : L'Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture.

Références Bibliographiques

- [1]. Abdelaziz Z, Radwan AW and Mohamed A (2006) Water Harvesting Techniques in the Arab Region. UNESCO/G-WADI Workshop on Water Harvesting, 20-22 November, Aleppo, Syria.
- [2]. Abichared et al., 2008. Abichared M., Delage D., Faby J.A., 2008, Utilisation des eaux pluviales dans l'habitat aux Pays-Bas et en Allemagne, O.I.Eau / Onema, 38 p.
- [3]. ADE, 2007.
- [4]. ADE, 2008.
- [5]. Ahammed MM, Meera V(2006) Iron hydroxide-coated sand filter for household drinking water from roof-harvested rainwater. J. Water Sup: Res and Techno-AQUA. 55(7-8), 493 - 498.
- [6]. Agawal et Narain 1997. Agawal. A. and Narain. S. « Dying wisdom: the rise, fall and potential of India's traditional water harvesting systems ». State of India's Environment 4, A Citizen's Report, CSE, New Delhi 1997.404 p.
- [7]. American Water Works Association, 1999. Residential end uses of water. Denver (CO): American Water Works Association Research Foundation. 310 p.
- [8]. Andrieu et al., 2010 .Andrieu H., Bruno T., Et Sylvie B. (2010) — Hydrologie urbaine, ou Comment rendre l'eau transparente dans la ville. Ecologies Urbaines. Coutard O., Lévy J.-P. (Ed.). Editions Economica.130-139
- [9]. (ANRH, 2008).
- [10]. Anne, 2004.
- [11]. (ARENE, 2010).
- [12]. Austin, 2005
- [13]. Baillieux 2004.

- [14]. Belmeziti 2012. Belmeziti Ali. Thèse Présentée 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.
- [15]. BCEOM, 2008. Rapport Mission A : Saisie des plans et données du système existant – Cartographie. Étude de diagnostic et de réhabilitation du système d'alimentation en eau potable De la ville de Souk-Ahras, 42 p.
- [16]. Bennasr A., et Verdeil E., 2009. Gestion publique de l'eau potable, développement urbain durable et Majel-s (citernes d'eau pour l'eau de pluie) à Sfax en Tunisie. Flux, 2-3 (N° 76-77), pp 38-50.
- [17]. (Bernard Corbel Annexes3
- [18]. Boukhari S., Djebbar Y., et Abida H., 2008a. Prix des services de l'eau en Algérie, un outil de gestion durable, 4^{ème} conférence internationale sur les Ressources en Eau dans le Bassin Méditerranéen, Hôtel El-Aurassi- Alger 22-23 Mars 2008.
- [19]. Brunet-Moret, 1979.
- [20]. Chéron, 2004. Comparaison financière des solutions avec et sans réutilisation des eaux pluviales.
- [21]. Christopher D, Khosrow F and Chantelle L (2009) Assessment of rainwater quality from rainwater harvesting systems in Ontario, Canada. J. Water Supply: Res and Techno - AQUA. 85(02) 117-134.
- [22]. C.I.Eau, 2009. « 56 questions pour "tout" savoir sur l'eau ». C.I.Eau 2009. URL:
<http://www.cieau.com/cieau/mediatheque/les-brochures-pratiques>
- [23]. Coombes et Kuczera 2003. Coombes. P.J et Kuczera. G. « Analysis of the Performance of Rainwater Tanks in Australian Capital Cities ». The Institution of Engineers, Australia 28th International Hydrology and WaterResources Symposium 10 – 14 November 2003 Wollongong NSW.
- [24]. Cunliffe ,1998. David A Cunliffe. National Environmental Health Forum Monographs. Water Series No. 3. National Environmental Health Forum. 1998

- [25]. [Datar 2006] Datar. R. « Designing and implementing rainwater harvesting systems for industries -case study from Mumbai ». 2nd Joint International Conference on "Sustainable Energy and Environment (SEE 2006)", 21st-23rd November, 2006, Bangkok, Thailand.
- [26]. Debusk KM, Hunt WF, Wright JD (2013) Characterizing rainwater harvesting performance and demonstrating stormwater management benefits in the humid southeast USA. *J Am Water Resour Assoc* 49(6) 1398–1411.
- [27]. Desrochers, 2004.
- [28]. Djabri, 2007.
- [29]. Domènech L, Heijnen H, Saurí D (2012) Rainwater harvesting for human consumption and livelihood improvement in rural Nepal: benefits and risks. *J. Water Environ* 26 465–472.
- [30]. De Gouvello B., 2004. La récupération et l'utilisation de l'eau de pluie dans le bâtiment. Les enseignements de suivis in situ et d'un dispositif expérimental In *Novatech 2004. 5^{ème} Conférence Internationale*, Lyon, 7-9 juin 2004. Lyon : Edition Graie, 2004, 863 p.
- [31]. De Gouvello, 2012. B. de Gouvello, A. Gerolin et N. Le Nouveau Panorama international de l'utilisation de l'eau de pluie. Vol. 2 : Enseignements pour le cas français Rapport final
- [32]. Evans C A, Coombes PJ, and Dunstan R H (2006) Wind, rain and bacteria: the effect of weather on the microbial composition of roof-harvested rainwater. *Water Res.* 40(1) 37– 44.
- [33]. Ferrari O., 2005. Du savoir faire traditionnel à la gestion moderne de la biodiversité, résumé de projet de recherche, Institut de géologie et de paléontologie, Université de Lausanne, 2 p.
- [34]. Foucault T.,
- [35]. Fewkes 2006. Fewkes. A. « The technology, design and utility of rainwatercatchment systems. In: Butler ». *Water Demand Management*. IWA Publishing. London 2006. pp27-61.

- [36]. Gould J., et Nissem-Petersen E., 1999. systèmes de captage des eaux de pluie pour la pluie domestiques: Conception, construction et mise en œuvre. Londres: Intermediate Technology Publications. 335 p.
- [37]. (Govt. of Ontario, 2010).
- [38]. Guebail et al., 2011. A .Guebaili, Y. Djebbar, A. Guedri, S. Boukhari Rainwater harvesting in North Africa: A novel method for reservoir sizing. J. Mater. Environ. Sci. 2 (S1) (2011) 469-472
- [39]. Guebail et al. 2017 Abdelkarim Guebail' Tewfik Bouziane, Lotfi Zeghiadnia, Yasmine Djebbar, Satiha Bouranene
- [40]. Guide pratique 2010. Guide pratique. « Installation d'assainissement autonome : conception, mise en oeuvre et entretien pour maison individuelle – en application de norme XP DTU 64.1 » CSTB – mars 2010. ISBN978-2-86891-455-2.
- [41]. Hassan KEDDAL, 2007. Rainwater harvesting: a lifeline for human well-being. UNEP. 2009. Guide pratique pour la récupération des eaux pluviales au Maroc. Hassan Keddal. 2007.
- [42]. Herrmann et Schmida 1999. Herrmann. T, & Schmida. U. "Rainwater utilisation in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects". Urban Water, 1 (4), pp307-316. 1999.
- [43]. Journal officiel algérie, 2005.
- [44]. Journal officiel Belge, 2007.
- [45]. J E Allen, et al., 1014 .
- [46]. Jue Jue et al., 2012. Determination of Rainwater Harvesting System in Mindat District, Myanmar (IJSETR) Volume 1, Issue 1, July 2012
- [47]. Kchari, 2008.
- [48]. Khouri J, Amer A, and Salih A (1995) Rainfall Water Management in the Arab region. State of the Art Report edited for UNESCO, Cairo.

- [49]. Konig, 2000 . Konig. K. W. "Rainwater utilisation. In: Technologies for Urban Water Recycling". Cranfield University. 2000.
- [50]. Konig 2001.Konig. K. W. « The rainwater technology handbook: rain water harvesting in building ». Wilo-Brain, Dortmund, Germany. 2001.
- [51]. Krishna et al. 2005. Krishna, H.J., Brown, C., Gerston, J. & Colley, S. 2005. « The Texas manual on rainwater harvesting ». Texas Water Development Board, 3rd Edition, Austin, Texas, United States of America.
- [52]. Krishna H., 2003. Un aperçu des systèmes de récupération d'eau et des lignes Directrices aux États-Unis Compte rendu de la First American Rainwater Conférence de récolte; 21 au 23 août 2003; Austin (TX).
- [53]. Le Bris et Coutard 2008. Le Bris. C et Coutard. O. « Les réseaux rattrapés par l'environnement ? Développement durable et transformations de l'organisation des services urbains », Flux, 2008/4 n° 74, p. 6-8.
- [54]. Leggett et al. 2001. Leggett, D.J., Brown, R., Brewer, D., Stanfield, G. & Holliday, E.2001(a). « Rainwater and greywater use in buildings: best practice guidance ». CIRIA report C539, London.
- [55]. Ludovic, 2004.
- [56]. Maliki, 1994.
- [57]. Maoudombaye T, Ndoutamia G, Seid ali M, Ngakou A (2015) Etude comparative de la qualité physico-chimique des eaux de puits, de forages et de rivières consommées dans le bassin pétrolier de doba au Tchad" ; Larhyss Journal, 24 193-208.
- [58]. Martinson D, Thomas T (2005) Quantifying the first-flush phenomenon. Coventry, United Kingdom, DTU/University of Warwick. Proceedings of the 12th International Rainwater Catchment Systems Association Conference, New Delhi, India, November.
- [59]. Micheau A., 2007.
- [60]. Mrad,2009.Mrad Dounia 2009 Impact of climatic variability on the water resources in the catchment seybouse.

- [61]. Mays L, Antoniou, G P, Angelakis A N (2013) History of water cisterns: Legacies and lessons. *Water* . 5 1916–1940.
- [62]. Normes algériennes (NA 6360-1992) potabilité de l'eau.
- [63]. Office International de l'Eau, 2008.
- [64]. ONS 2008.
- [65]. Pacheco J, Marin L., Cabrera A, Steinich B. and Escolero O (2001) Nitrate temporal and spatial patterns. *Environmental Geology* 40 708-715.
- [66]. Perrens 1982. Perrens, S. « Design strategy for domestic rainwater systems in Australia ». Proc. of 1st International Conference on Rainwater Cistern Systems. Hawaii 1982
- [67]. Réfea, Réseau Francophone sur l'Eau et l'Assainissement, 2004.
- [68]. Réidener Energiatelier A.s.b.l., 1989. Récupération d'eau de pluie. Classification de différentes qualités d'eau. Eau potable, pp 2-38.
- [69]. (Report on Rainwater Harvesting and Grey Water for Reuse for Potable and Non-Potable Uses, 2002).
- [70]. Rivron, 2009. Rivron C. « Réalisation d'un outil de dimensionnement de stockage de récupération d'eau de pluie ». Stage scientifique, sous la direction de B. de Gouvello. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées réalisé au LEESU, 69 p. 2009.
- [71]. Roebuck 2007. Roebuck R M. « A WHOLE LIFE COSTING APPROACH FOR RAINWATER HARVESTING SYSTEMS: An investigation into the whole life cost implications of using rainwater harvestingsystems for non-potable applications in new-build developments in the UK ». A thesis submitted in Partial Fulfilment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy. School of Engineering, Design and Technology University of Bradford. 2007.
- [72]. Rouaibia F., 2009.
- [73]. Sazakli E, Alexopoulos A, Leotsinidis M (2007) Rainwater harvesting, quality assessment and utilization in Kefalonia Island, Greece. *Water Res.* 41(9), 2039–2047.

- [74]. Scott R, Waller D (1987) Water quality analysis of a rainwater cistern system in Nova Scotia, Canada. Proceedings of the 3rd International Rainwater Collection System Association Conference. Khon Kaen, Thailand, January.
- [75]. SEAAL,2008.
- [76]. Shata 1982. Shata. A. « Past, present and future development of catchment areas in the Mediterranean coastal desert of Egypt ». Proc. of International Conference on Rainwater Cistern Systems, Honolulu, Hawaii 1982,pp 23-32.
- [77]. Spinks A T, Coombes P, Dunstan R H and Kuczera G (2003) Water quality treatment processes in domestic rainwater harvesting systems. In: Proceedings of the 28th International Hydrology and Water Resources Symposium, Wollongong, Australia, 10–14 November.
- [78]. Spourse,2005 .
- [79]. Tariqu I M, Mohabbat U M, Mostofa Amine, MG, Sahadat H (2016). Rainwater harvesting potential for farming system development in a hilly watershed of Bangladesh. Appl Water Sci. doi:10.1007/s13201-016-0444-x
- [80]. Taylor R, Sloan D, Cooper T, Morton B and Hunter I (2000) A waterborne outbreak of Salmonella Saintpaul. Commun. Dis.Intell. 24(11) 336–340
- [81]. TARGA-Aide Janvier 2008 guide pratique pour la récupération des eaux pluviales au maroc département de l'environnement Edition bilingue70 pages
- [82]. Texas Water Development Board, 2005. The Texas Manual on Rainwater Harvesting, Third Edition. Austin, Texas Water Development Board, 88 p.
- [83]. The official journal of laws of the republic state of Algeria, water drinks standards (AWS). (2000) 5 18-23.
- [84]. Thierry G, Martin CD, Downing P (2007) Controlling for interstimulus perceptual variance abolishes N170 face selectivity. Nature Neuroscience. 10(4) 505-11.
- [85]. Triantafillou 1987 Triantafillou. C. « la dégradation et la réhabilitation des réseaux d'assainissement France - Angleterre - Etats-Unis ». Thèse présentée à l'école

- nationale des ponts et chaussées, sous la direction de Dupuy. G. soutenue le 8 Décembre 1987.
- [86]. Turner, 2000.
- [87]. UNESCO 2010. UNISCO 2010. « L'eau dans un monde qui change ». 3^e rapport mondial des nations unies sur la mise en valeur des ressources en eau.
- [88]. (UNEP, 2009).
- [89]. (UN-Habitat, 2005).
- [90]. Van M, Mahler S G, Hope V, Lewis G, Whitmore J and Gao W (2003) Contamination of potable roof-collected rainwater in Auckland. *Water Res.* 35(6), 1518–1524.
- [91]. Véronique Pascal annexes3
- [92]. Verdil E, 2007. Eric Verdeil 2007 Gestion publique de l'eau potable, développement urbain durable et Majel-s (citernes d'eau pour l'eau de pluie) à Sfax en Tunisie.
- [93]. Virginia Rainwater Harvesting Manual, 2007. The Cabell Brand Center
- [94]. Waller D (1989) Rain Water _ An Alternative Source in Developing and developed Countries, *Water International*, 14 27-36.
- [95]. Ward et al. 2010] Ward. S., Memon. F.A., Butler. D. 2010. « Harvested rainwater quality: the importance of appropriate design ». *Water Science and Technology* 61 (7), 1707-1714.
- [96]. Wu et al. 2003. Wu. C., Junqi. L., Yan. L & Wenhai. W. « First flush control for urban rainwater harvest systems ». Proc. of 11th International Rainwater Catchment Systems Conference, Texcoco, Mexico, August 2003.
- [97]. Yaziz M I, Gunting H, Sapari N and Ghazali A W (1989) Variations in rainwater quality from roof catchments. *Water.Res.* 23(6) 761–765.
- [98]. Zouari K., 1997. Plan de gestion des ressources en eau pour la zone côtière de Sfax. Vol. I ; Programme des Nations Unies pour l'Environnement ; Plan d'Action pour la Méditerranée, Etude réalisée pour le compte du MEAT dans le cadre du Programme d'Aménagement Côtier de la région de Sfax.

Sites Internet

www.ade.dz/Organisation/org.php

www.minenv.gov.ma

www.afrinspire.org.uk

www.bleu-citron.fr

www.rainwaterharvesting.tamu.edu

www.rainwaterresources.com/sites/

www.hybridcreation.com/maquette/aqua/wp-content/uploads/2012/

www.fr.wikipedia.org/wiki/Eau_pluviale

<https://fr.wikipedia.org/wiki>

<http://www.cieau.com/cieau/mediatheque/les-brochures-pratiques>

Sommaire

Liste des Figues	i
Liste des Tableaux	xi
Tables des Abréviations	xii
Résumé.....	5
Introduction Générale.....	10
Partie I : Etat De L'art.....	14
Introduction.....	15
CHAPITRE 1 : Technologies et mise en œuvre.....	16
Introduction.....	17
Le principe général de la pratique de RREP.....	19
.Comment procéder à la RREP.....,	19
Cuves en plastique (PEHD)	23
Cuves en béton	23
Cuve en métal.....	24
Cuve en bois	25
Filtres	26
Accessoires	26
Pompe de distribution.....	27
La disponibilité de l'espace pour la mise en place de la cuve de stockage	27
Conclusion	28
CHAPITRE 2 Domaine d'utilisation, Réglementations et Programmes relatives à la RREP à travers le monde.....	29
Domaine d'utilisation.....	30

Réglementations et Programmes relatives à la RREP à travers le monde	31
Introduction	31
En Europe	32
En Amérique	35
En Asie	36
En Afrique	37
Quelques modèles à travers le monde, Récupération et valorisation des eaux de pluie.....	40
Conclusion	42
CHAPITRE 3 :Dimensionnements et économies.....	43
Introduction	44
Méthodes Existantes de Dimensionnement	45
Le calcul du Potentiel de Stockage et d'Utilisation (PSU) de l'eau de pluie	48
Les données pluviométriques « précipitation »	48
Les besoins en eau de pluie	48
Conclusion	51
PARTIE II : CONTRIBUTION	53
CHAPITRE 4 : Approche de dimensionnement	54
Introduction	55
Pluviométrie des zones d'étude	58
Postes des mesures pluviométriques	59
Contrôle des données	59
Coefficient de ruissellement (Cf)	60
Disposition d'activité et dotation des habitations	60
L'évaporation.....	61
Perte dans les réseaux d'AEP	62
Méthodologie	62

Résultats et analyses	64
Balance journalière	64
Pourcentages d'utilisation	66
Configuration optimal des Coûts et économies	68
Suivi d'investissement initial	70
Comparaison des volumes d'eau	73
Choix des volumes des réservoirs	75
Interprétation globale et valorisation économique	81
Partie B	84
Introduction	84
Méthodologie	84
Analyses et résultat	85
Le modèle numérique finale	91
Test et confiance du modèle	92
Conclusion	92
Chapitre 05 : Récupération de l'eau de pluie en Algérie: utilisation et évaluation de la qualité physico-chimique Cas D'Étude de la région de Souk-Ahras.....	93
Introduction	94
Méthodes et matériels	96
Résultats et discussion	98
Conclusions	103
CONCLUSION GENERALE	104
Références Bibliographiques	107
Sommaire	
Annexes	