



République algérienne démocratique et populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



UNIVERSITE ABBES LAGHROUR - KHENCHELA -  
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
Département : d'Ecologie & Environnement

**MEMOIRE**

*Présenté pour l'obtention du diplôme de*

**MASTER**

**FILIERE : Ecologie et Environnement**

**OPTION : Protection et Décontamination des Eaux et des Sols Polluée**

*Thème:*

***Récupération-Réutilisation des eaux pluviales  
(Cas Université de Khenchela)***

*Présenté par :*

**HAMMADI.NASSIRA  
MAATALLAH. MALIKA**

*Encadré par :*

**Mlle : DALLI. N**

*Soutenue le : 14 /06/2015*

*Jury de soutenance :*

<b>Examineur:</b>	<b>BOUZOU.M</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Université de khenchela</b>
<b>Encadreur:</b>	<b>DALLI. N</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Université de khenchela</b>
<b>Président:</b>	<b>ZIOUCH.O.R</b>	<b>M.C.B</b>	<b>Université de khenchela</b>

**Promotion : juin 2015**

---

Laboratoire ou entreprise ou le travail a été réalisé :



*Remerciement:*

*En remercions avant tout, dieu, le puissant  
De nos avoir donné la volonté, le courage,  
La patience et la force durant toute notre année  
d'études et pouvoir de réaliser ce modeste travail.*

*En remercions notre promotrice*

*Mlle: Dali .Naouel*

*Pour ses conseils, encouragements, patience et surtout  
de sa gentillesse qui restera pour nous, un exemple  
Pour tout la vie.*

*Nous remercions les membres de jury :Mr ZIOUCH.O.R maitre  
de conférence de l'université Abbes laghroure khenchela et Mr  
BOUZOU.M de conférence de l'université Abbes laghroure*

*Khenchela Un grande merci à tous mes collègues qui ont contribué  
au bon déroulement du travail.*

# Dédicace

*À la plus belle créature que Dieu a crée sur terre,*

*À cet source de tendresse, de patience et de générosité,*

*A la lumière de mes jours, la source de  
Mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie*

*Mon bonheur : Maman*

*Je dédie ce modeste travail à l'homme de ma vie,  
Mon exemple éternel, Mon soutien moral et source de joie et de  
bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir,  
que dieu te garde.*

*À toi Mon père.*

*A toi mon grande mère je t'aime.*

*Au Person dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, à mon cher frère.*

*A mes princesses plins des joies et réussites*

*Mes chères sœurs.*

*A celui qui n'a accordé un grand privilège de son âme et  
celui qui ma confié l'échelle de la vie , avec moral et patience, à celui qui j'ai goûtée  
les plus belles choses et les plus beaux moments avec lui, au loschère  
et au plus proches ver moi dans cet univers « Azaddin »*

*Au cœurs des bienfaits et aux esprits sains, mes frères « Siham;Imane;Afnane*

*A tous ceux qui m'ont tissés un vrai amour de leur cœur les frères*

*« Raouf;adam »*

*A la bougie qui à éclaircit ma vie , la petite fille de mon frère « Israà»*

*A mes camarades:Malika;Nawal; Wafa;Naima*

**NASSIRA**

## **Liste des figures**

<b>Figure 01</b>	Ventilation de la consommation d'eau en fonction des usages (cas de France).....	9
<b>Figure 02</b>	Caractéristique de l'eau potable.....	10
<b>Figure 03</b>	Situation géographique de la région Khenchela .....	13
<b>Figure 04</b>	Diagramme des températures moyennes mensuelles de la période (1994-2014).....	17
<b>Figure 05</b>	courbe des précipitations moyennes mensuelles de la période(1994-2014)....	18
<b>Figure 06</b>	Diagramme Ombrothermique de Gaussen et Bagnoles de la région de « Khenchela » (1994-2014).....	20
<b>Figure 07</b>	Climagramme d'EMBERGER pour la région d'étude "Khenchela" (1994-2014).....	21
<b>Figure 08</b>	évaporation et évapotranspiration potentielle et réelle.....	24
<b>Figure 09</b>	Diagramme variation mensuelle des élément climatique.....	26
<b>Figure 10</b>	Variation mensuelle des résultats du bilan hydrique.....	26
<b>Figure 11</b>	Captage et de récupération de l'eau de pluie.....	31
<b>Figure 12</b>	Le composant de rinçage (déviation).....	32
<b>Figure 13</b>	position du filtre externe dans le dispositif de RUEP.....	33
<b>Figure 14</b>	Quelques modèles des filtres externes.....	34
<b>Figure 15</b>	La cuve de stockage d'un dispositif de RUEP.....	35
<b>Figure 16</b>	Différents types de cuves de stockage de l'eau de pluie.....	36
<b>Figure 17</b>	Filtre interne « micro-filtre –bobine- ».....	38
<b>Figure 18</b>	Un dispositif de RUEP.....	39
<b>Figure 19</b>	Plan des blocs C,D,E (univ.khenchela).....	42



## ***Listes des tableaux***

<b>Tableau 01</b>	les températures de la wilaya de Khenchela durant la période 1994-2014.....	16
<b>Tableau 02</b>	précipitations moyennes mensuelle durant la période 1994-2014.....	18
<b>Tableau 03</b>	Précipitations moyennes mensuelles et température moyennes mensuelles de la période(1994-2014):.....	19
<b>Tableau 04</b>	Estimation de ETP mensuelle selon THORNOTWAITE (1994/2014).....	23
<b>Tableau 05</b>	bilan hydrique selon C.W.Thornthwaite à la station d'EL HAMMA (1994-2014).....	25
<b>Tableau 06</b>	Enseignant et les étudiants au niveau du bloc C.D.E par faculté et par niveau( <i>Univ.Khenchela</i> ).....	25
<b>Tableau 07</b>	Les caractéristiques du bloc C.D.E( <i>Univ.Khenchela</i> ).....	44
<b>Tableau 08</b>	Coefficient de toiture de type de recouvrement.....	46

## Introduction générale

---

La Récupération et l'Utilisation de l'Eau de Pluie (RUEP) est une pratique très ancienne, attachée au bâtiment, a existé partout dans le monde depuis l'âge de l'antiquité. Elle était très répandue jusqu'au 19ème siècle. Cependant, avec l'arrivée des réseaux centralisés d'eau potable, elle aurait presque disparu, sauf dans certains endroits isolés où le réseau centralisé n'a pas fait son apparition [Chouli 2006]

Les systèmes de récupération - gestion - (ré) utilisation des eaux de pluie et eaux grises se développent dans différentes régions du monde. Les unes sont récupérées depuis les toitures, et les autres sont issues des eaux domestiques (douches, bains, lavabos, voire lave linge, lave vaisselle et éviers de cuisine). En zone résidentielle, les usages de ces eaux recyclées, non potables, concernent principalement l'arrosage du jardin et l'alimentation des chasses des toilettes. Au delà de l'attrait économique (réduction de la facture d'eau), il s'agit pour les usagers de contribuer à la protection de la ressource en eau, et de ne pas gaspiller une eau potable par des usages non alimentaires. La volonté de prévenir les périodes de sécheresse constitue également une motivation. Cependant, les réglementations concernant ces usages varient selon les pays, allant de l'incitation à l'interdiction. En effet, à des degrés différents, les eaux de pluie sont chargées et non indemnes de pollution, notamment bactériologique, ce qui pose des risques sanitaires évidents si elles tendent à être utilisées pour des usages traditionnellement fournis par l'eau potable du réseau.

La zone d'étude est soumise à des conditions climatiques plus ou moins difficiles et très sévères.

D'une manière générale, le climat de la zone se caractérise par deux saisons, l'une pluvieuse et froide et l'autre sèche et chaude et le climat semi aride, et pour cela ouvre un domaine pour étudier et proposer des solutions au "manque d'eau».

La récupération des eaux pluviale s'annonce comme une solution peu couteuse au problème de la rareté de l'eau.

## **I. Introduction**

La Récupération et l'Utilisation de l'Eau de Pluie (RUEP) est une pratique qui consiste à collecter, à stocker et à utiliser l'eau de pluie issue des toitures de bâtiments. Cette eau de pluie peut être utilisée pour des usages domestiques, industriels, agricultures, élevages ...voire, dans certains contextes et, après certains traitements, pour des usages de préparation des aliments ou boissons.

Elle peut être aussi utilisée comme moyen de lutte contre les inondations ou encore comme réserve Incendie [Datar 2006, Konig 2000].

Il convient de signaler que jusqu'au début du 20ème siècle, les dispositifs de RUEP 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].

## **II. Historique**

Historiquement, toutes les études ont montré que la RUEP est une pratique très ancienne (utilisée par l'homme dès l'antiquité). Plusieurs auteurs ont affirmé qu'il n'y a pas une origine déterminée à cette pratique. Néanmoins, Des traces et des preuves ont été trouvées partout dans le monde [Agawal et Narain 1997].

L'eau pluviale et la gestion à la parcelle de l'eau pluviale (par exemple, infiltration obligatoire des eaux pluviales à la parcelle pour tout nouveau projet)

Ces mesures ont encouragé la mise en place de projets pilotes sur des techniques alternatives, ainsi que la normalisation de ces techniques (création de guides techniques).

Plusieurs municipalités ont également choisi de renforcer les politiques de leur Land au niveau local. L'introduction des redevances d'assainissement assises sur la surface imperméabilisée est un choix municipal, souvent motivé par une pression des citoyens .La déconnexion du réseau pluvial du réseau d'assainissement dépend aussi des politiques locales.

- ❖ Avant 1986 : présence de quelques installations d'utilisation de l'eau pluviale en réponse à la demande des écologistes face à la raréfaction des ressources en eau souterraine à Brème, Hambourg, dans la Hesse et la Bavière ; les procédés et techniques ne sont pas encore professionnalisés.

- ❖ 1986 : développement du collecteur équipé d'un filtre. La récupération de l'eau pluviale devient une branche à part entière de la plomberie du bâtiment. Seuls environ 30 professionnels s'occupent officiellement de ce sujet. Des communes subventionnent les premières installations d'utilisation de l'eau pluviale.
- ❖ 1988 : les services fédéraux et régionaux en charge de l'hygiène essaient de faire interdire l'utilisation de l'eau pluviale dans les bâtiments. Les premières discussions sur les possibles risques sanitaires commencent et vont durer environ 14 ans, donnant naissance à environ un millier de bilans et études scientifiques sur la qualité de l'eau pluviale et sur la sécurité des techniques utilisées.
- ❖ 1991 : à cause de la sécheresse, on décrète l'état d'urgence pour l'eau et des taxes sur l'eau souterraine sont instaurées dans la Hesse. De nombreuses communes décident de subventionner les installations d'utilisation de l'eau pluviale. Le centre de recherche sur l'eau à l'Université de Fulda est créé. Le centre de formation sur l'utilisation de l'eau pluviale de Kefenrod est ouvert. Un premier état de l'art est définie.
- ❖ Depuis 1993 : des installations sont réalisées dans les immeubles d'habitation, des écoles, (y compris maternelles), des locaux industriels et administratifs. La plupart des entreprises de plomberie / sanitaire et les cabinets d'architectes / d'ingénieurs offrent des solutions techniques pour l'utilisation des eaux pluviales.
- ❖ Depuis 1995 : de nombreuses communes prescrivent des installations de collecte et rétention de l'eau pluviale dans les nouveaux quartiers et lotissements. Des pays européens comme la Belgique, le Danemark, les Pays-Bas reprennent les standards allemands.
- ❖ 1996 : fondation de l'association professionnelle de l'utilisation des eaux résiduaires et des eaux pluviales (FBR – Fachvereinigung Betriebs- un Regenwassernutzung) qui regroupe des fabricants, des prescripteurs et des installateurs.
- ❖ 2002 à 2006 : la norme industrielle allemande DIN (Deutsche Institut für Normung) 1989 entre en vigueur, avec valeur de règlement technique autonome pour l'utilisation des eaux pluviales. Les Allemands ont ainsi développé une dynamique pro-environnementale qui s'affiche dans leur participation aux projets urbains (projets de recyclage et de réutilisation de l'eau pluviale) et qui est reflétée par le choix de leurs élus.

Le fédéralisme a donné l'occasion à plusieurs Länder d'innover et de s'approprier rapidement les techniques alternatives. Mais par ailleurs, il est la source d'une grande hétérogénéité technique, si bien que certaines villes allemandes n'ont encore jamais pris en compte ces techniques dans leur planification locale.

Les facteurs déterminants qui peuvent être retenus par les Länder allemands pour la mise en place de techniques alternatives sont :

- leurs problèmes techniques pour gérer les eaux pluviales,
- la décentralisation des pouvoirs relatifs à la gestion de l'eau pluviale urbaine qui permet l'expérimentation et l'innovation au niveau local : plusieurs démarches locales réussies (grâce à des incitations réglementaires et économiques) sont peu à peu adoptées au niveau régional puis au niveau du Land, et peut être aussi, dans l'avenir, au niveau fédéral [Wack. H.O 2007 et Koenig .K 2006 ].

### **III. Eaux pluviales**

La norme européenne en 12056-1 sur les « Réseaux d'évacuation gravitaire à l'intérieur des bâtiments »<sup>1</sup> définit les eaux pluviales comme étant les eaux issues des précipitations naturelles et n'ayant pas pu être intentionnellement souillées.

L'eau pluviale utilisable provient de l'eau tombée sur les toitures et récupérée par le biais des gouttières. Il ne s'agit pas d'eau potable l'eau est souillée par le contact avec la toiture et est chargée de particules atmosphériques [Janny. P, Mars 2007 ].

#### **III.1. On distingue trois grandes familles de dépôts:**

- **Les résidus physique**, qu'il s'agisse de déchets d'origine humaine (plastiques, papiers, restes de marchés), des déchets végétaux, source de matière organique biodégradable mais aussi chargés d'azote et de pesticides et des déjections animales, sources de contamination bactérienne (déjections canines, fientes d'oiseaux...).
- **Les particules issues de l'érosion des sols et des matériaux** l'érosion est liée d'une part, à la nature et à l'état de la surface (chantiers...) ou des matériaux (toiture en zinc...), et d'autre part, aux caractéristiques de l'eau de pluie elle-même : l'acidité accroît l'agressivité vis-à-vis des matériaux, de même que la granulométrie (la taille des gouttes) et l'intensité de la pluie (une pluie violente arrache les particules des sols).
- **les « dépôts secs »**, c'est-à-dire les dépôts issus des rejets dans l'atmosphère d'activités naturelles (volcanisme...) ou assimilés (feux de forêts), de l'industrie (métaux, solvants et autres polluants organiques), de l'incinération des ordures ménagères et de

la circulation automobile. La plupart des surfaces aménagées imperméables (toitures, chaussées, autoroutes, pistes d'aéroports...) accumulent des dépôts secs qui seront mobilisés par temps de pluie et entraînés avec l'écoulement des eaux [ **Janny .P, Mars 2007**].

### **III.2. Techniques procéder à la récupération des eaux pluviales**

Le procédé consiste à récupérer les eaux pluviales, en général par le biais de la toiture, puis à les stocker dans des cuves plutôt que de les rejeter directement vers le réseau d'assainissement. Les eaux de pluie ainsi captées servent le plus souvent à l'alimentation des chasses d'eau, à l'arrosage des espaces verts, au nettoyage des voiries et des véhicules ou encore à l'industrie. Cette pratique se répand de plus en plus aussi bien chez des particuliers que des entreprises [[**kedda .H 2007**].

### **III.3. Situation de la RUEP dans les différents continents**

Récupérer les eaux pluviales afin de les réutiliser pour un usage domestique voire industriel est très répandu dans des pays comme la Belgique, l'Allemagne, la Suède ou encore le Norvège. Dans ces pays, les systèmes de récupération et de réutilisation de ce type d'eaux séduisent de plus en plus de collectivités et d'entreprises. On dénombre plus de 100 000 installations par an dans ces pays. D'autres pays en voie de développement empruntent cette voie et des expériences pilotes sont menées dans certains pays d'Afrique comme le Sénégal, le Cameroun ou le Mali [ **keddal.H 2007**].

**Aux Etats-Unis:** la réutilisation des eaux pluviales est rarement encouragée voire permise. Certains états, dont la Floride et la Californie où il y a une forte pénurie d'eau, font exception à la règle. On estime à 100 000 le nombre de systèmes de récupération des eaux de pluie aux Etats-Unis et dans les territoires américains. Des niveaux de qualité ou de traitement différents sont exigés pour la consommation humaine, pour les eaux de contact et pour les utilisations sans contact comme l'irrigation [**keddal.H 2007**]:

**L'exemple de la Belgique:** des campagnes incitant à économiser l'eau ont favorisé le recours à la réutilisation des eaux pluviales, recours stimulé par les pouvoirs publics. En 2002, des mesures législatives nationales ont imposé que toute nouvelle construction soit pourvue d'une installation de captage des eaux pluviales aux fins de chasse d'eau des toilettes et de l'utilisation de l'eau à l'extérieur . Certaines communes de Wallonie et la plupart en Flandre octroient des primes pour l'installation d'une citerne de récupération des eaux de pluie. On estime que la Belgique compte actuellement 300 000 citernes. [ **Chéron 2004**].

**A l'opposé, les Pays-Basont:** tout récemment interdit l'utilisation des eaux pluviales dans l'habitat résidentiel pour usages domestiques. Des dérogations peuvent être délivrées mais les mesures à respecter sont très strictes. Cette interdiction fait suite à une étude nationale ayant mis en évidence de nombreux cas de contamination du réseau d'eau potable par interconnexion avec le réseau d'eaux pluviales. Toutefois, cette utilisation reste autorisée pour le secteur tertiaire (établissements publics, bureaux) lorsqu'un cahier des charges strict est respecté [Siret 2005].

**En France:** à l'heure actuelle, la récupération des eaux de pluie relève plus de l'exception que de la règle Les installations existantes sont implantées principalement dans le Nord de la France [De Gouvello 2004].

**Dans le Nord-Est thaïlandais,** les populations recueillaient traditionnellement l'eau de pluie en utilisant des jarres en terres. L'eau était ensuite utilisée pour les usages domestiques et notamment pour la boisson. Avec la détérioration des eaux souterraines, très salées et calcaires, cette tradition est réapparue en 1979. Le gouvernement thaïlandais a appuyé la mise en place d'un vaste programme de développement de l'approvisionnement en eau dans les zones rurales du pays.

reposant sur la construction de jarres « améliorées » (en ferrociment) pour collecter l'eau de pluie au niveau des habitations individuelles, par ruissellement sur les toitures. Depuis 1980, plus de 10 millions de jarres de ce type (d'un volume unitaire de 2 m<sup>3</sup>) ont été produites [ARENE 2010].

#### **IV. L'usage des eaux de pluie**

##### **IV.1. Spécificité de la pratique de RUEP**

Il nous semble nécessaire de dégager les spécificités de la pratique de RUEP afin de concevoir une idée précise de sa particularité par rapport au service d'approvisionnement en eau potable du réseau public :

- Le système de RUEP est un service complémentaire eau réseau public d'eau potable. En effet, l'utilisation de l'eau de pluie n'est autorisée que pour des usages domestiques restreints, alors que l'eau du réseau public peut être utilisée pour tous les usages domestiques possibles.

- La RUEP se caractérise par sa variabilité, dont la disponibilité est liée à plusieurs facteurs : les précipitations, la capacité de récupération, le volume de stockage et la demande en eau non potable.
- La gestion intégrée du dispositif de RUEP. Effectivement, cette mission revient au propriétaire du bâtiment qui a la charge de gérer son dispositif (fonctionnement, entretien,...), alors qu'habituellement ce rôle dépend du gestionnaire du réseau public : le propriétaire du bâtiment n'étant responsable que du réseau intérieur (à l'intérieur de son bâtiment) qui se résume souvent à un ensemble de tuyaux d'approvisionnement et d'évacuation.
- La gratuité de la ressource est aussi un caractère distinctif du système de RUEP. L'eau de pluie qui tombe sur la toiture du bâtiment est un bien du propriétaire du bâtiment et elle est totalement gratuite (dans son état brut), alors que dans le système d'approvisionnement classique, le propriétaire n'est qu'un simple bénéficiaire qui paie une redevance en échange de ce service.
- Le contrôle de qualité caractérise aussi l'eau de pluie par rapport à l'eau potable du réseau public, alors que la première ne subit aucun contrôle de qualité, la seconde est soumise à des contrôles multiples afin de garantir sa potabilité.

Le degré de traitement distingue également l'eau de pluie par rapport à celle du réseau public. En effet, l'eau de pluie ne subit aucun traitement, ou un traitement léger (filtre ou UV), tandis que l'eau potable du réseau public passe par plusieurs étapes de traitement avant sa distribution dans le réseau public [Belmeziti. A 2012 ] .

## **V. Récupérer et utilisé l'eau de pluie**

### **V.1. L'eau de pluie est une eau naturellement douce qui présente de nombreux intérêts.**

Les usages pour lesquels il est possible d'utiliser de l'eau de pluie dans le contexte actuel :

- ❖ Certains usages ne nécessitent pas de disposer d'une eau dont la qualité atteigne celle des eaux destinées à la consommation humaine : il s'agit par exemple, selon l'Office International de l'Eau, de l'arrosage des espaces verts, le lavage des sols, de la voirie ou des véhicules, de la recharge des réserves à incendies. Un traitement minimum (une filtration mécanique par exemple) peut être mis en place pour améliorer la qualité de l'eau récupérée et pour éviter de colmater les systèmes de distribution d'eau [Coudron 2002].

Les conditions de stockage de cette eau doivent permettre de ne pas en dégrader la qualité [Herman 2002].

Le développement des systèmes de récupération – réutilisation des eaux pluviales dans les établissements scolaires et notamment les lycées s'explique par leur configuration particulièrement favorable : forte imperméabilisation, grande surface de collecte, regroupement des sanitaires, bonne adéquation entre besoins et disponibilité de la ressource (fermeture l'été quand la pluviométrie est minimale)

Exemple : le lycée Saint-Exupéry à Lyon, en cours de rénovation. Situé sur un plateau presque entièrement imperméabilisé, le sous-sol du bâtiment accueillera une citerne souple de 100 m<sup>3</sup> (alimentation des WC, nettoyage des sols) et un bassin de 18 m<sup>3</sup> sera créé à l'extérieur pour l'arrosage des espaces verts [Ragot 2003].

**L'alimentation des WC** à partir d'eau pluviale impose la réalisation d'un réseau d'alimentation en eau qui doit être distinct de celui amenant l'eau potable .

Il faut impérativement empêcher les retours d'eaux pluviales dans le réseau d'eau potable. De plus l'eau doit subir un traitement poussé : elle ne doit être ni agressive ni corrosive pour les équipements et les utilisateurs, et doit être biologiquement saine c'est-à-dire respecter les critères microbiologiques fixés pour l'eau destinée à la consommation humaine [Chéron 2004].

- ❖ Les usages pour lesquels il ne semble pas possible d'utiliser des eaux pluviales dans le contexte actuel : L'usage d'eau de pluie à des fins alimentaires (boisson, préparation d'aliments) ou sanitaires (nettoyage corporel, nettoyage du linge et des produits et objets destinés à être placés en contact avec des denrées alimentaires) ne semble pas possible d'après l'OI Eau: il faudrait en effet pouvoir la traiter de telle sorte qu'elle respecte les critères requis pour la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Or à l'heure actuelle un tel traitement semble difficile à obtenir et très coûteux dans le cadre d'une installation domestique.

la place disponible :

- si les besoins sont inférieurs à 500 litres, un réservoir extérieur sera suffisant
- si les besoins sont supérieurs à 500 litres, choisir entre un réservoir extérieur, un réservoir

Intérieur ou une cuve à enterrer.

Ces deux derniers sont plus pratiques puisqu'ils sont placés hors gel et ne devront pas être vidangés en hiver contrairement au réservoir aérien extérieur.

Afin de bien dimensionner un tel ouvrage, on peut utiliser en première estimation la pluviométrie.

Locale et le nombre moyen de semaines de sécheresse consécutives. Dans la plupart des cas, la capacité optimale est calculée sur la base de la consommation en eau non potable de trois semaines cumulées [Chéron 2004].

La récupération de l'eau de pluie comporte de nombreux avantages : limiter les inondations en cas de fortes pluies, préserver les ressources en eau potable, diminuer la facture d'eau pour les particuliers ou les collectivités, limiter les réseaux et les stations de traitement de l'eau. Pour cela il existe plusieurs solutions :

- ❖ En ce moment la majeure partie des habitations ont simplement leurs gouttières reliées au réseau d'eaux usées de la ville. Ce système n'a pas d'objectif environnemental. On traite les eaux de pluies comme les eaux usées alors que cela n'est pas nécessaire. Il a comme gros avantage sa simplicité d'installation. Mais on ne prend pas en compte la capacité des réseaux existants donc il y a un risque d'inondation.
- ❖ Il existe une alternative à cette solution. Elle permet d'éviter l'engorgement des réseaux existants. Pour ça on réalise un bassin entre les collecteurs et le réseau. On peut alors contrôler le débit des eaux de pluies allant aux égouts.

## **V.2.L'intérêt de la récupération des eaux pluviale**

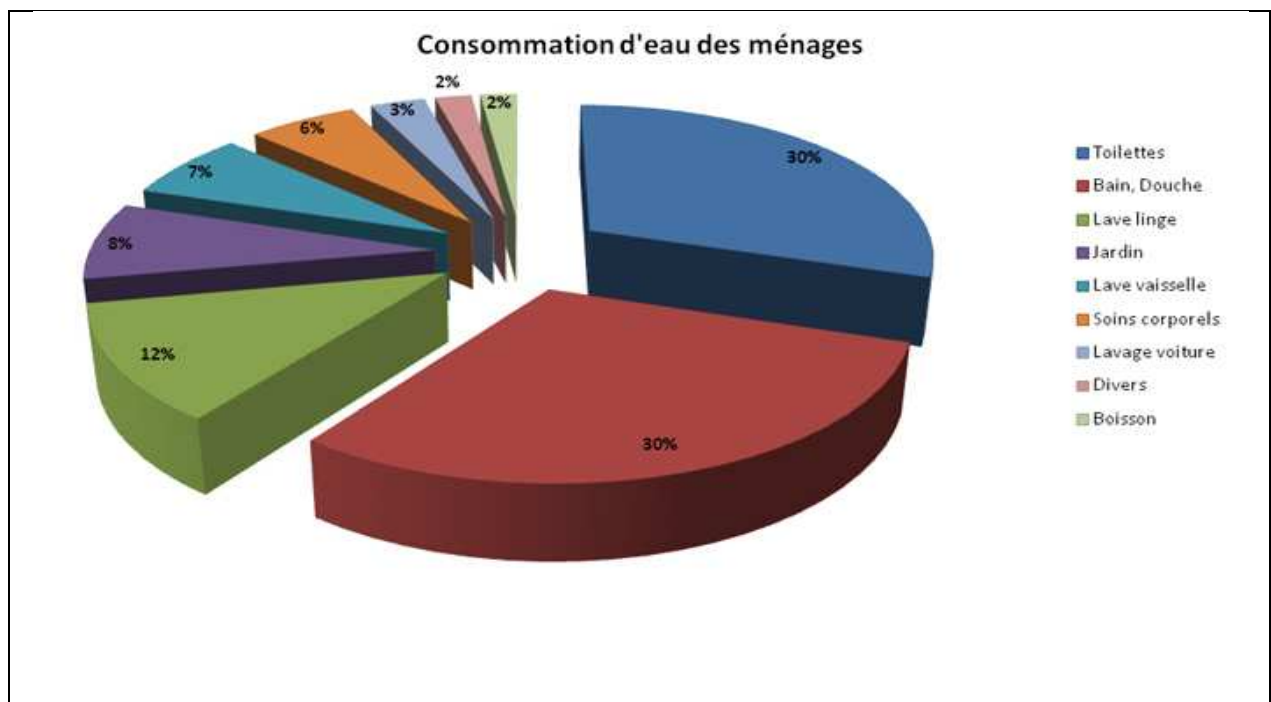
### **V.2.1.Financierement**

- Valorise d'une ressource naturelle gratuite et inépuisable
- Évite l'entartrage des canalisations
- Augmente la durée de vie des appareils sanitaires (robinets, machines à laver, chauffe-eau, fer à repasser, cafetière...)
- Réduit la consommation de produits d'entretien (savon, anti-calcaire, détergent)
- Économise l'énergie électrique du chauffe-eau : 1cm de tartre, c'est 50% de perte d'efficacité

**V.2.2. Pour l'environnement :**

L'utilisation de l'eau de pluie a de nombreux avantages écologiques

- Diminue les pompages dans les nappes phréatiques menacées de surexploitation et de plus en plus polluées
- Réduit les problèmes de ruissellement et d'inondation
- Moins de produits d'entretien donc des eaux usées moins chargées
- Évite les rejets de chlorure de sodium présents dans les adoucisseurs d'eau
- Diminution des prélèvements des eaux souterraines et de surface dans la mesure où la récupération de l'eau de pluie est largement pratiquée,
- Allègement du réseau de distribution (théoriquement 40 à 50 % des besoins en eau des ménages pourraient être couverts par l'eau de pluie),
- Baisse d'utilisation de produits de lavage et de produits d'entretien pour le nettoyage des surfaces ou des véhicules. Il en est de même pour l'anti-tartre utilisé pour les WC.
- Alternative aux restrictions de consommation d'eau pendant l'été [Brigitte, éd. Eyrolles 2007].



**Figure n°1 :** Ventilation de la consommation d'eau en fonction des usages (cas de la France)

Source : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Eau\\_pluviale](http://fr.wikipedia.org/wiki/Eau_pluviale)

## VI. Les caractéristiques de l'eau potable

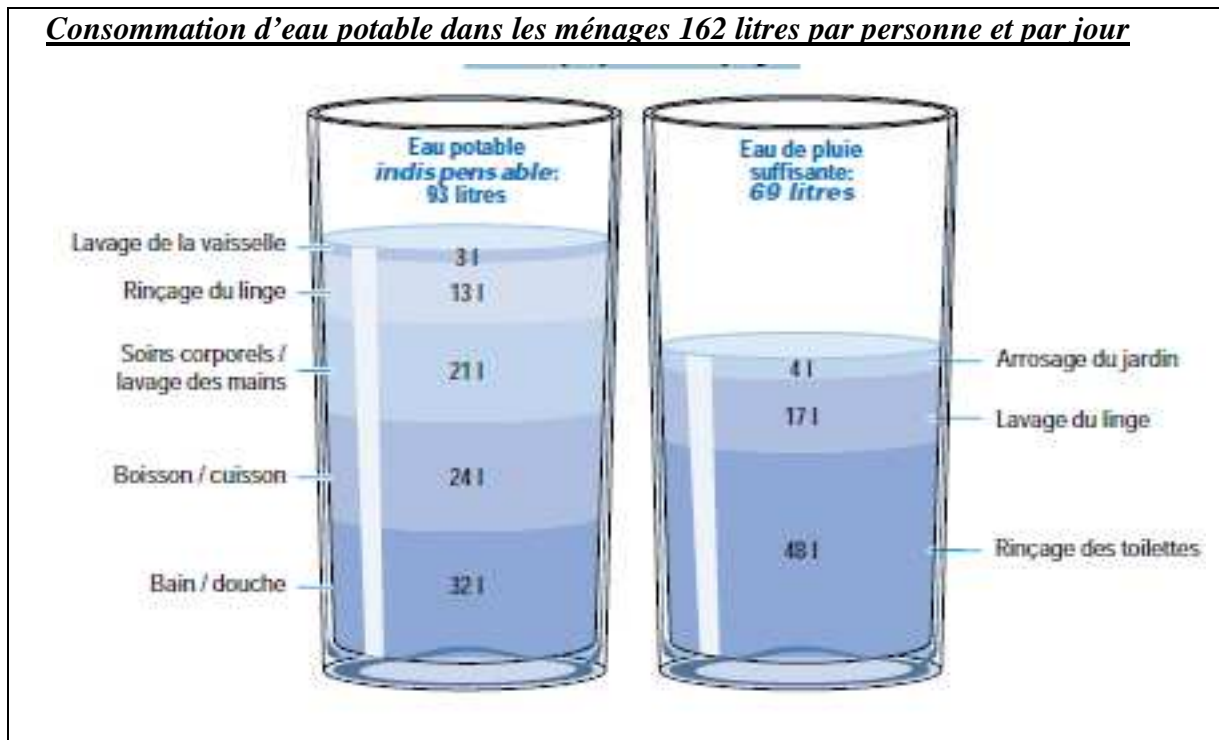


Figure n°2 : Les caractéristiques de l'eau potable

L'artisanat et l'industrie ont des exigences diverses quant à la qualité de l'eau. L'eau potable n'est pas impérativement nécessaire:

- pour les stations de lavage,
- pour le refroidissement (tours de refroidissement),
- pour le nettoyage des étables,
- comme eau pour les procédés industriels [Fritz.B et Zurich 3003] .

### VI.1. Qualité de l'eau de pluie

Pour la qualité physico-chimique et microbienne de l'eau de pluie, une étude de comparaison entre sa qualité et la qualité exigée pour chacun des usages envisagés (WC, arrosage, linge, nettoyage du sol) a montré qu'il est difficile de se prononcer de manière précise sur la qualité de physico-chimique de l'eau de pluie issue des toitures des bâtiments. Néanmoins,

pour son usage non potable, cette dernière peut satisfaire facilement les exigences minimales demandées dans chacun de cas [**Dérangère et al. 2000**].

Il faut accorder une attention particulière à la stricte séparation de l'eau de pluie et de l'eau potable. L'eau de pluie peut subir sur les toits des pollutions microbiennes et chimiques par des bactéries, des virus, des œufs de vers ou des métaux lourds et ne doit donc en aucun cas parvenir par refoulement dans le réseau d'eau potable. Il est donc nécessaire d'installer un branchement qui permette d'alimenter le système d'eau de pluie avec de l'eau potable. En cas de manipulation ou de maintenance incorrecte, l'eau de pluie peut se mélanger à de l'eau potable, par exemple lors d'un refoulement de l'eau de pluie dans le réseau d'eau potable. La technique modern permet d'éviter ce problème (protection contre le refoulement) [**Dérangère et al. 2000**].

## I. Introduction

Toute étude hydro climatologique dépend de deux paramètres essentiels :

- Les précipitations: qui nous renseignent sur les quantités d'eau utile au renouvellement de réserves et sur le régime pluviométrique.
- Les températures: sont nécessaires pour estimer l'évaporation et l'évapotranspiration qui influent sur la part d'eau contenue dans le sol et par conséquent utilisable.

Ce dernier point est important pour les réserves souterraines en eau que pour la végétation et les cultures agricoles.

L'Algérie est caractérisée par une variabilité climatique liée aux irrégularités topographiques et aux influences opposées de la Méditerranée et du Sahara [Younssi. H. E 2009].

Pour étudier le climat de la zone d'étude, nous avons exploité les données climatiques qui ont été recueillies au niveau de la station météorologique d'El-hamma (khenchela), située à une altitude de 890 m.

Les données s'étalent sur une période de 20 ans de puis 1994 jusqu'à 2014 .

## II. Situation géographique de la région de Khenchela

La région de Khenchela est située au Nord de l'Algérie, au Sud-Est du constantinois ; et au contrefort du mont des Aurès entre  $34^{\circ} 06' 36''$  et  $35^{\circ} 41' 21''$  latitudes Nord ; et entre  $06^{\circ} 34' 12''$  et  $07^{\circ} 35' 56''$  de longitudes Est, située à une altitude moyenne de 1122 m. Distance de **570 Km** de la capitale Alger .Sa superficie est de 9811 Km<sup>2</sup>(superficie agricole est de **963.014 Ha**); **50%** actives dans les zones agricoles [DSA, 2015].Elle est composée de **21**communes et **07** daïra . Elle est limitée géographiquement au :

- **Nord** : par la Wilaya d'Oum El Bouaghi.
- **Sud** : par la wilaya d'El Oued.
- **Est** : par la wilaya de Tébessa.
- **Ouest** : par la wilaya de Batna.
- **Sud- Ouest** : par la wilaya de Biskra [Khabtane 2010].



### III. Facteur abiotique de la région de Khenchela

#### III.1. Reliefs

Le relief de la wilaya de Khenchela, est composé de quatre (04) grands ensembles géographiques.

- **Les montagnes** : On les rencontre essentiellement dans la zone Ouest de la wilaya (les Aurès) ; dans la zone centrale (les monts des Nememchas) et au Nord - Est (Ain - Touila) [ANDI 2015].
- **Les plateaux** : Ils sont situés au Nord /Est (plateau de Ouled Rechache) et s'étendent sur les communes de Mahmel et de Ouled Rechache [ANDI 2015].
- **Les plaines** : Elles sont Situées au Nord et Nord /Ouest de la wilaya, elles comprennent Remila , Bouhmama et M'toussa. Il est à noter que ces deux derniers ensembles sont parfois appelés les hautes plaines [ANDI 2015].
- **Les parcours steppiques et les dépressions** : Ils sont situés dans la partie méridionale de la wilaya. Ils se caractérisent par des terres sablonneuses et la présence de chotts .Ces derniers constituent ainsi le point de convergence exutoire des oueds drainant le Sud de la wilaya. La zone steppique, qui couvre 56% des zones naturelles de la wilaya de Khenchela , se situe dans le centre et le sud de la wilaya. On y trouve les pâturages et l'élevage des troupeaux à grande échelle [ANDI 2015].

De ce point de vue l'hétérogénéité du relief de la wilaya implique une extrême des aspects climatiques. En général le climat est de type continental au Nord et presque saharien au Sud. Les Hivers, sont très rigoureux et les étés chauds et secs [ANDI 2015].

#### III.2.Géologies

La région de Khenchela est caractérisée par trois zones naturelles qui peuvent être distingué comme suit :

- **Au Nord** : c'est le bassin miocène de Timgad et de Douffana. C'est une zone plate, steppique qui correspond à la bordure méridionale de la grande dépression de Garat El Taref.
- **Les parties occidentales et centrales** constituent la terminaison périclinale Nord/Est de la chaîne des Aurès, région caractérisée par les Diapirs triasiques.

- **La zone méridionale** au Sud constitue les monts des Nememchas ; et plus au Sud, c'est la zone plate qui correspond à la bordure septentrionale du pays des chotts (**Khabtane 2010**).

Du point de vue tectonique, le territoire de la Wilaya de Khenchela est situé au Nord de la flexure sud atlasique. Les reliefs montagneux sont très accidentés par des failles. On rencontre deux principales familles :

- ✓ La première correspond aux plus grandes failles de direction Est/Ouest à Nord-Est/ Sud-Ouest.
- ✓ La seconde celle des plus petites et dont la direction est de Nord-Ouest/Sud – Est.

Ces deux types de failles sont verticaux [**Khabtane 2010**].

### **III.3. Hydrogéologies et Hydrologie**

Les estimations en eau souterraine de la wilaya ont été établies par l'ANRH [Agence Nationale des Ressources Hydrique ] sur la base des caractéristiques de nombreux forages. Trois nappes ont été différenciées et ce grâce à leurs profondeurs moyennes :

- La nappe phréatique (en moyenne inférieure à 100 m de profondeur) est captée par plusieurs forages répartis à travers la wilaya (Nord, Est et Sud).
- Une nappe moyenne (des grès miocènes) : sa profondeur varie de 100 à 300 m est elle aussi, captée par de nombreux forages à travers la wilaya.
- Une troisième nappe peut être différenciée par sa profondeur qui varie de 300 à 600 m (nappe profonde) ; Cette nappe concerne exclusivement le Sud de la wilaya [**ANDI 2015**].

## **IV. Les facteurs climatiques de la région de Khenchela.**

**IV.1. Le climat:** Le climat est l'ensemble des actions de l'atmosphère (température, pluie, vent,...). L'irrégularité spatio-temporelle du climat de la région peut avoir des conséquences plus ou moins graves sur la production agricole et les facteurs climatiques sont les plus difficiles à modifier de façon notable [**Ramade 2003**].

### IV.1.2.Températures

La température représente un facteur limitant de toute première, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métabolique condition de ce fait la répartition de totale des espaces et de communautés d'être vivant dans la biosphère [Ramade 2003].

La wilaya de Khenchela se caractérise par trois zones climatiques différentes :

- ❖ Dans les hautes plaines, le climat est froid, rigoureux en hiver et chaud en été.
- ❖ Dans les zones montagneuses, le climat est très rude en hiver et tempéré en été.
- ❖ Dans les parcours sahariens, le climat est doux en hiver, chaud et sec en été.

L'analyse des données du **tableau 01** montre que ; le mois le plus froid est janvier avec une température moyenne de 6.69°C, tandis que le mois le plus chaud est juillet avec une température moyenne de 26,80°C, la température moyenne annuelle est de 15,90°C.

**Tableau 01** : les températures de la wilaya de Khenchela durant la période (1994-2014)

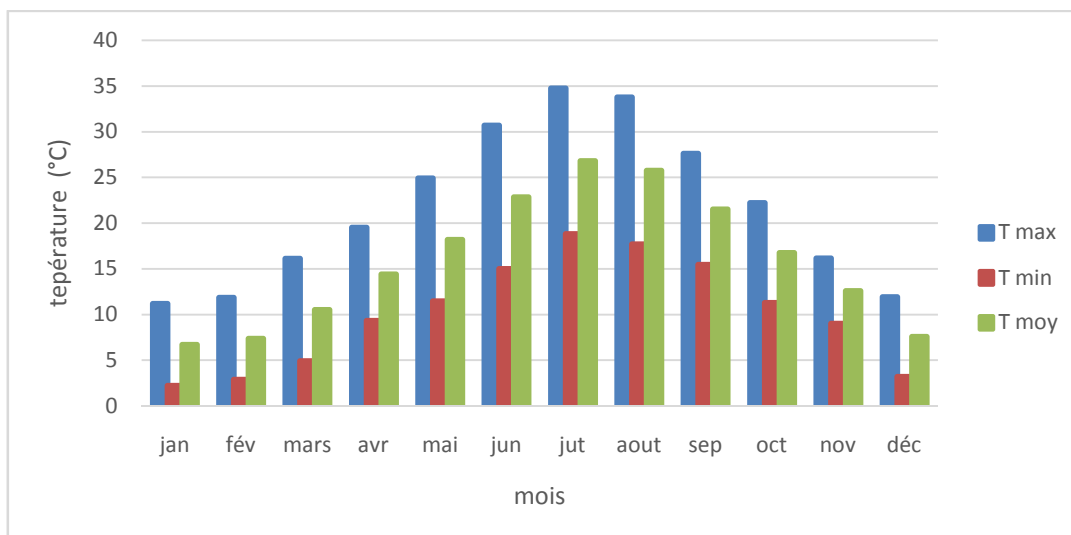
Mois	jan	fév	mars	avr	mai	jun	jut	aout	sep	oct	nov	déc
M C°	11.17	11.84	16.1	19.51	24.92	30.67	34.74	33.78	27.59	22.19	16.15	11.91
m C°	2.2	2.87	4.92	9.3	11.44	15	18.81	17.68	15.43	11.27	9	3.19
M' C°	6.69	7.35	10.51	14.4	18.18	22.83	26.78	25.73	21.51	16.73	12.57	7.55

Source: station météorologique d'Elhamma

M: température moyennes des maxima mensuels

m: température moyennes des minima mensuel

M': la moyennes des maximums et minimum



**Figure n°4:** Diagramme des températures moyennes mensuelles de la période(1994-2014)

#### IV.1.2.Précipitations

La concordance relativement étroite existante entre la pluviosité générale et la repartition des grandes biocénoses, suffit à démontrer l'importance du facteur eau sur la localisation des êtres vivants. Mais cette relation est aussi fortement reconnaissable à l'échelle régionale, locale ou stationnelle [Beghami 2013].

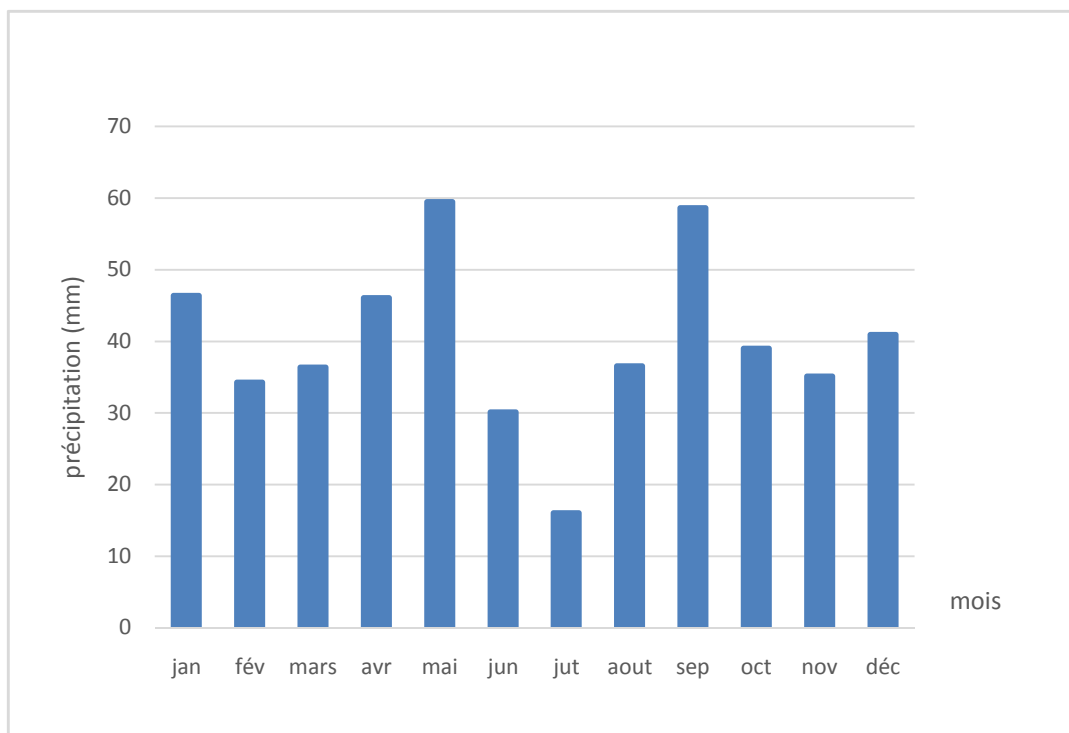
En dehors de la région montagneuse du Nord-Ouest (DJ.Chelia et DJ.Aidel) qui reçoit entre 700 et 1200 mm de pluies par an et du sud (les parcours sahariens) qui reçoit moins de 200 mm de pluies par an (Oued EL Maita) ; le reste du territoire de la wilaya est compris entre les isohyètes 200 et 600 mm (de pluies par an) [ANDI 2015].

L'examen des données montre que ; la quantité totale chutée est de 476,94 mm. Le mois le plus pluvieux est Mai avec 59.5 mm, alors que le mois le plus sec est juillet (16 mm).

**Tableau n°2** : précipitations moyennes mensuelle durant la période (1994-2014)

Mois	jan	fév	mars	avr	mai	jun	jut	aout	sep	oct	nov	déc
P mm	46.4	34.3	36.3	46.1	59.5	30.1	16	36.5	58.6	39	35.1	40.9

Source: station météorologique d'Elhamma

**Figure n°5**: courbe des précipitations moyennes mensuelles de la période (1994-2014)

## V. Synthèse climatique

### V.1. Indice d'aridité de Martonne

En 1925 Emmanuel De Martonne a proposé une formule climatologique permettant le calcul d'un indice dit indice d'aridité ( $I_a$ ). Cet indice est fonction de la température ( $T$  en °C) et des précipitations ( $P$  en mm) et permet de déterminer le type de climat qui caractérise la zone d'étude [Gaagai, 2009]

Ce paramètre se calcule selon la formule suivante:

$$I_a = P / T + 10$$

**Avec:**

**I<sub>a</sub>:** indice d'aridité

**P:** précipitations moyennes annuelles (mm).

**T:** températures moyennes annuelles (°C).

Les valeurs de l'indice permettent déterminer le climat selon le classement suivant:

**Quand:**

$I < 5$  le climat est hyperaride

$5 < I < 7.5$  le climat est désertique

$7.5 < I < 10$  le climat est steppique

$10 < I < 20$  le climat est semi-aride

$20 < I < 30$  le climat est tempéré

$I > 30$  le climat est humide.

Pour la station d'Elhamma,  $P = 476,94$  mm et  $T = 15.90$  °C donc cet indice est égale à:

**I<sub>a</sub> = 18,41.** Ce qui permet de dire que le climat est semi-aride avec un écoulement temporaire

## V.2. Diagramme Ombrothermique de Gaussen

Ce diagramme est une méthode graphique à travers laquelle nous pouvons définir la période sèche de l'année pour pouvoir éventuellement combler le déficit hydrique

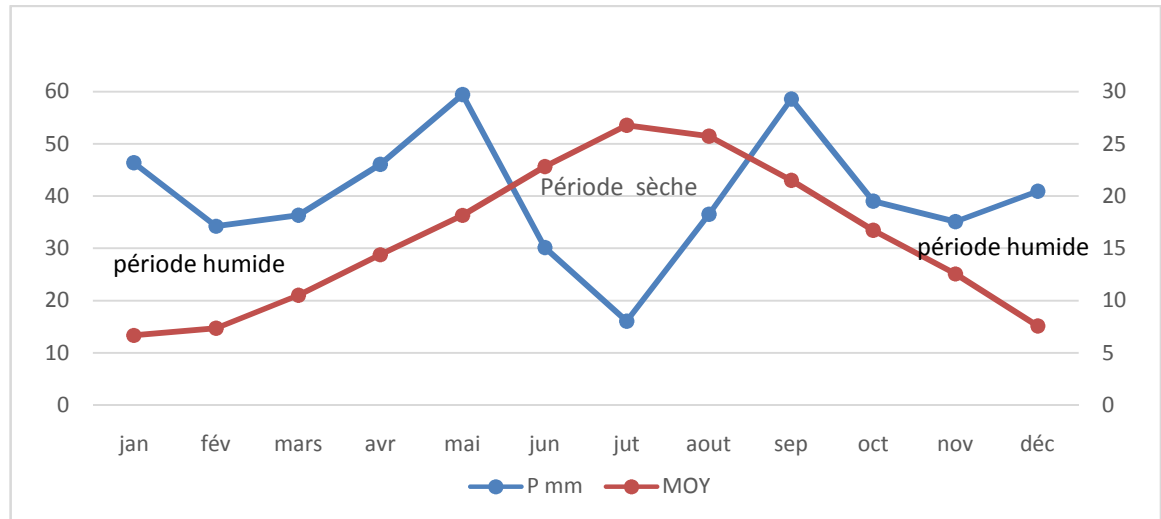
Les mois sont portés en abscisse, les précipitations (P) en ordonnées à droite et à gauche les températures (T) à une échelle double de celle des précipitations ( $P = 2T$ ) [**indice de Gaussen**].

L'intersection des deux courbes des deux courbes (P et T) permet de définir la période sèche ( $P < 2T$ ) et la période humide ( $P > 2T$ ). La figure 1 ; montre que la période sèche de la fin de mai jusqu'au début de septembre.

**Tableau n°3:** Précipitations moyennes mensuelles et température moyennes mensuelles de la période (1994-2014):

mois	jan	fév	mars	avr	mai	jun	juil	août	sep	oct	nov	déc
P mm	46.4	34.3	36.3	46.1	59.5	30.1	16	36.5	58.6	39	35.1	40.9
T moyC°	6.69	7.36	10.5	14.4	18.2	22.8	26.8	25.7	21.5	16.7	12.6	7.56

Source: station météorologique d'Elhamma



$$P = 2T$$

**Figure n°6:** Diagramme Ombrothermique de Gaussen et Bagnouls de la région de « Khenchela » (1994-2014).

### V.2.Climagramme d’Emberger

Le quotient pluviométrique d’Emberger (Q destiné à caractériser le climat méditerranée et sec nuances. En effet Emberger 1930 a remarqué que dans les régions méditerranée l’amplitude thermique annuelle est un facteur importante de la répartition de la végétation [Guyote G 1999].

C'est un quotient qui est fonction de la température moyenne maximale M de moi plus chaud de la moyenne minimale m de moi plus froide en degré Celsius et de la pluviométrie moyenne annuelle Pen mm ce quotient est d' autant plus élevé que le climat de la région est humide , il est calculé par la formule suivant [Emberger 1971].

$$Q = \frac{P}{2\left(\frac{M+m}{2}\right) * (M - m)} * 100$$

Ce quotient a été simplifié par STEWART en 1969 :  $Q2 = 3.43 * \frac{P}{(M-m)}$

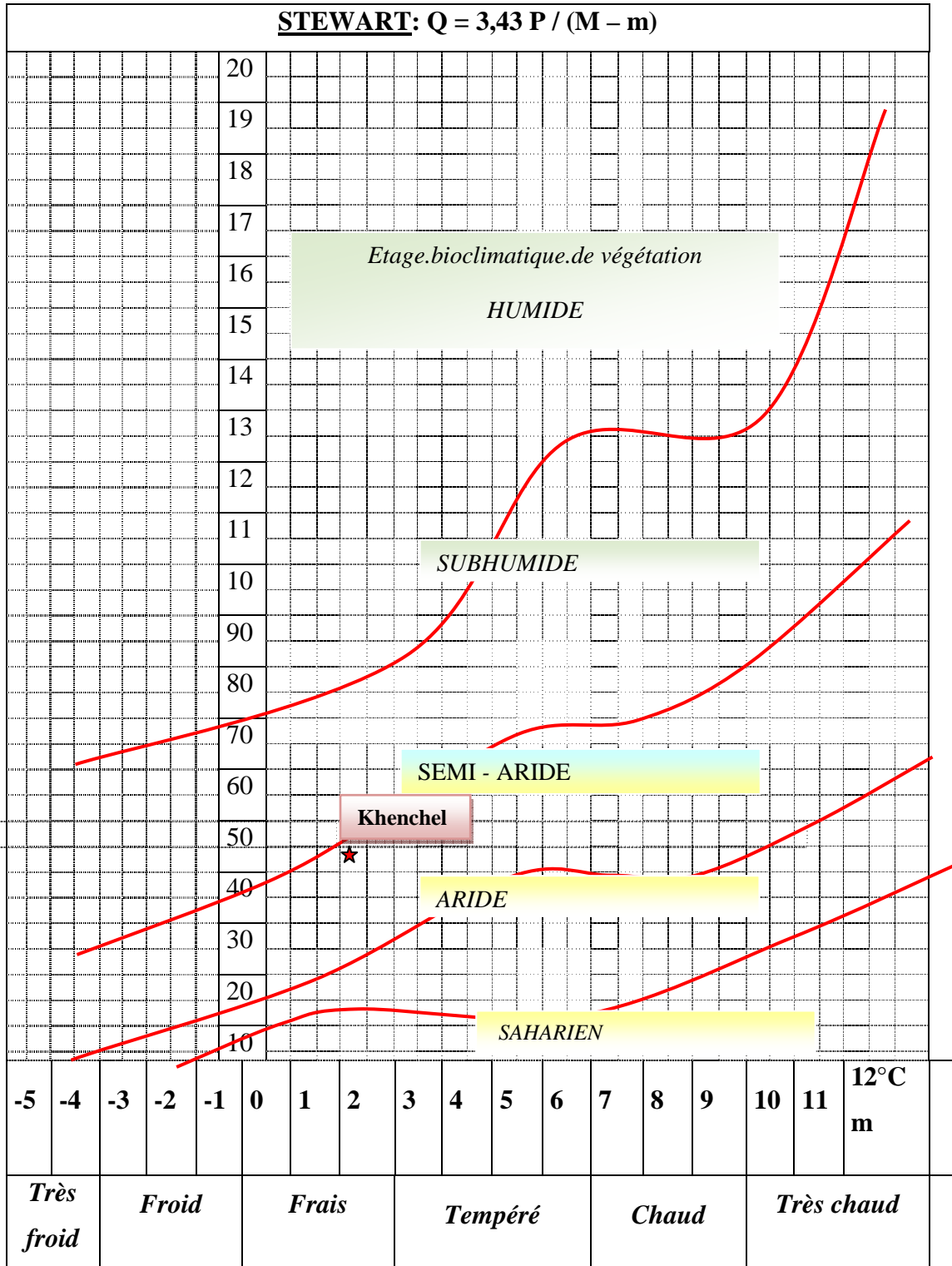
**P** = Pluviométrie en (mm).

**M** = Moyenne des maximums du mois le plus chaud.

**m** = Moyenne des minimums du mois le plus froid.

**(M+m) / 2** = Température moyenne.

Pour notre cas : P (1994- 2014) = 476,94mm (**tableau n°3**). M (1994- 2014) = 34,74°C, et m (1994- 2014) = 2,20°C (**tableau n°1**). La valeur obtenue pour Q est de 42,322 mm/°C, la région de Khenchela est classée dans l'étage bioclimatique semi-aride (**figure n°7**).



**Figure n°7:** Climagramme d'EMBERGER pour la région d'étude "Khenchela"(1994- 2014)

## VI. Le bilan hydrique

### VI.1. Bilan hydrologique selon la méthode de Thornthwaite

Cette méthode est utilisée pour les climats sub-humide et semi-aride. Elle est basée sur la notion de réserve d'eau facilement utilisable (RFU). (Tableau n°4)

### VI.2. L'évapotranspiration potentielle (ETP)

L'évapotranspiration potentielle se calcule indépendamment de la pluviométrie pour des surfaces évaporantes bien alimentées en eau.

Elle correspond donc à une restitution hydrique maximale à l'eau atmosphère par évaporation directe au niveau du sol ou des plantes dont la température demeure la principale fonction.

[Younssi.H.E 2009].

Pour l'estimation de ce paramètre, nous utiliserons la formule de C.W.Thornthwaite dont la relation s'écrit :

$$ETP = 16 \left( \frac{10T}{I} \right)^a * k$$

**ETP** : L'évapotranspiration potentielle en mm ;

**T** : température moyenne mensuelle en °C ;

**I** : indice thermique annuel qui est la somme des douze indices thermiques mensuels  $i$ .

$$i = \left( \frac{T}{5} \right)^{1.514} \quad a = \left( \frac{1.6}{100} \right) I + 0.5$$

**K** : est un terme correctif qui intègre la durée théorique d'insolation dépendant de la latitude et du mois.

Les résultats de calcul de ETP sont représentés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau n°4** : Estimation de ETP mensuelle selon THORNOTWAITE (1994 /2014)

Période	$T_p$ (°C)	i	K	ETP <sub>C</sub> (mm)
S	21.51	9.1	1.03	99.2
O	16.73	6.2	0.97	61.1
N	12.57	4.0	0.86	33.4
D	7.55	1.9	0.85	14.0
J	6.69	1.6	0.87	11.7
F	7.35	1.8	0.85	13.4
M	10.51	3.1	1.03	29.6
A	14.4	5.0	1.08	52.8
M	18.18	7.1	1.2	87.0
J	22.83	10.0	1.2	127.8
J	26.78	12.7	1.21	168.8
A	25.73	11.9	1.15	149.9
Année	15.9	74.3		848.8

### VI.3. Évapotranspiration réelle (ETR)

L'évapotranspiration réelle représente la quantité de vapeur d'eau effectivement dégagée vers l'atmosphère par le sol et les végétaux. [Younssi.H.E 2009].

La détermination de l'ETR est fonction de l'ETP et la quantité d'eau disponible (Pluie+RFU)

- Si  $ETP=P$ , il y a existence d'une évapotranspiration réelle ETR, la réserve RFU ne se modifié pas et aucune infiltration ne se produit en direction de la nappe.
- Si  $ETP>P$ , On a  $ETR =ETP+RFU$ , un déficit apparaît, une partie de RFU sera sollicitée jusqu'à la compensation de l'ETP. L'évapotranspiration agit donc sur le sol. Aucune infiltration ne se produit en direction de la nappe.
- Si  $l'ETP<P$ , on a  $ETR = ETP$ .

La RFU pourra atteindre son maximum au-delà duquel, il y aura infiltration vers la nappe.

(Tableau n°4)

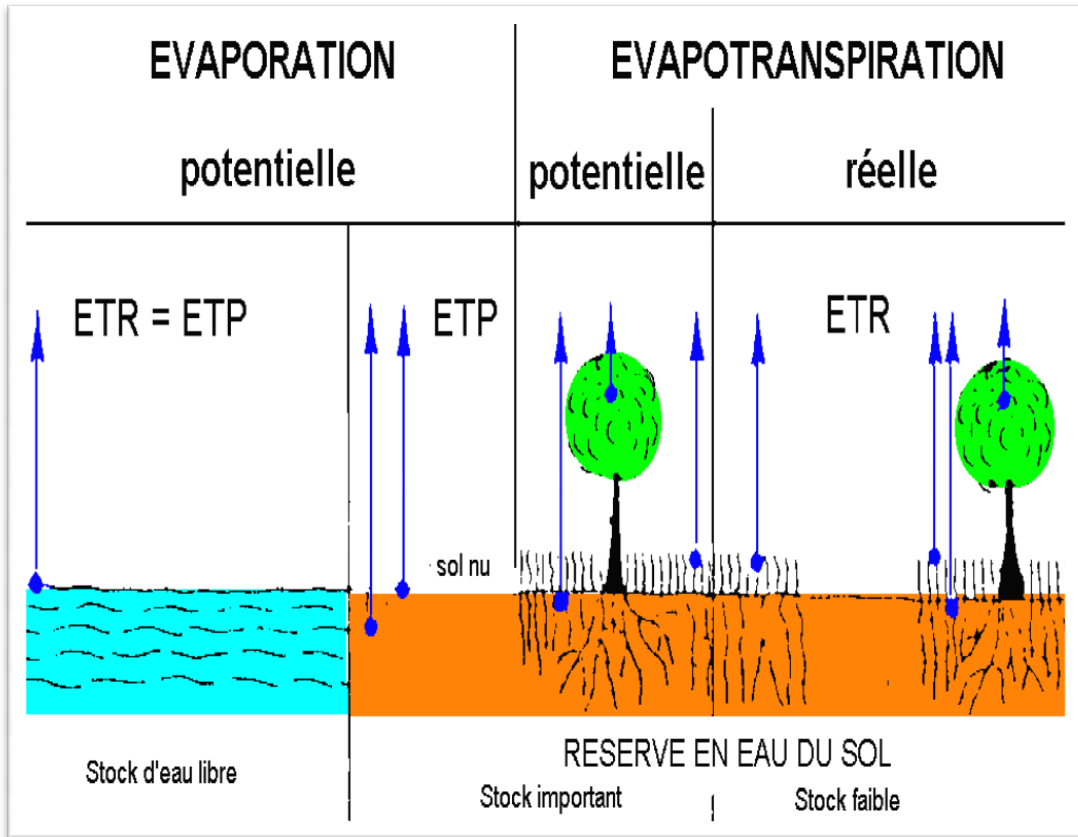


Figure n°8: évaporation et évapotranspiration potentielle et réelle

**Tableau n°5:** bilan hydrique selon C.W.Thornthwaite à la station d'EL HAMMA (1994-2014)

Période	T <sub>p</sub> (°C)	i	K	ETP <sub>C</sub> (mm)	Pr (mm)	BH (mm)	CH	VR (mm)	RFU (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
S	21.51	9.1	1.03	99.2	58.6	-40.6	-0.4	0.0	0.0	58.6	40.6	0.0
O	16.73	6.2	0.97	61.1	39.01	-22.1	-0.4	0.0	0.0	39.0	22.1	0.0
N	12.57	4.0	0.86	33.4	35.09	1.6	0.0	1.6	1.6	33.4	0.0	0.0
D	7.55	1.9	0.85	14.0	40.94	27.0	1.9	27.0	28.6	14.0	0.0	0.0
J	6.69	1.6	0.87	11.7	46.37	34.7	3.0	34.7	63.3	11.7	0.0	0.0
F	7.35	1.8	0.85	13.4	34.28	20.9	1.6	20.9	84.2	13.4	0.0	0.0
M	10.51	3.1	1.03	29.6	36.34	6.7	0.2	6.7	91.0	29.6	0.0	0.0
A	14.4	5.0	1.08	52.8	46.07	-6.8	-0.1	-6.8	84.2	52.8	0.0	0.0
M	18.18	7.1	1.2	87.0	59.46	-27.6	-0.3	-27.6	56.6	87.0	0.0	0.0
J	22.83	10.0	1.2	127.8	30.12	-97.7	-0.8	-56.6	0.0	86.7	41.1	0.0
J	26.78	12.7	1.21	168.8	16.04	-152.7	-0.9	0.0	0.0	16.0	152.7	0.0
A	25.73	11.9	1.15	149.9	36.53	-113.4	-0.8	0.0	0.0	36.5	113.4	0.0
Année	15.9	74.3		848.8	478.9	-370.0				478.9	370.0	0.0

**DEF:** le déficit agricole est le déficit entre ETP et ETR donc : **DEF=ETP-ETR**

**EXC:** l'exidant c'est la quantité d'eau pouvant s'écouler lorsque l'ETP et RFU sont satisfaits donc:

**EXC=P-ETR**

**BH:** le bilan hydrique: **BH=RFU-DEF**

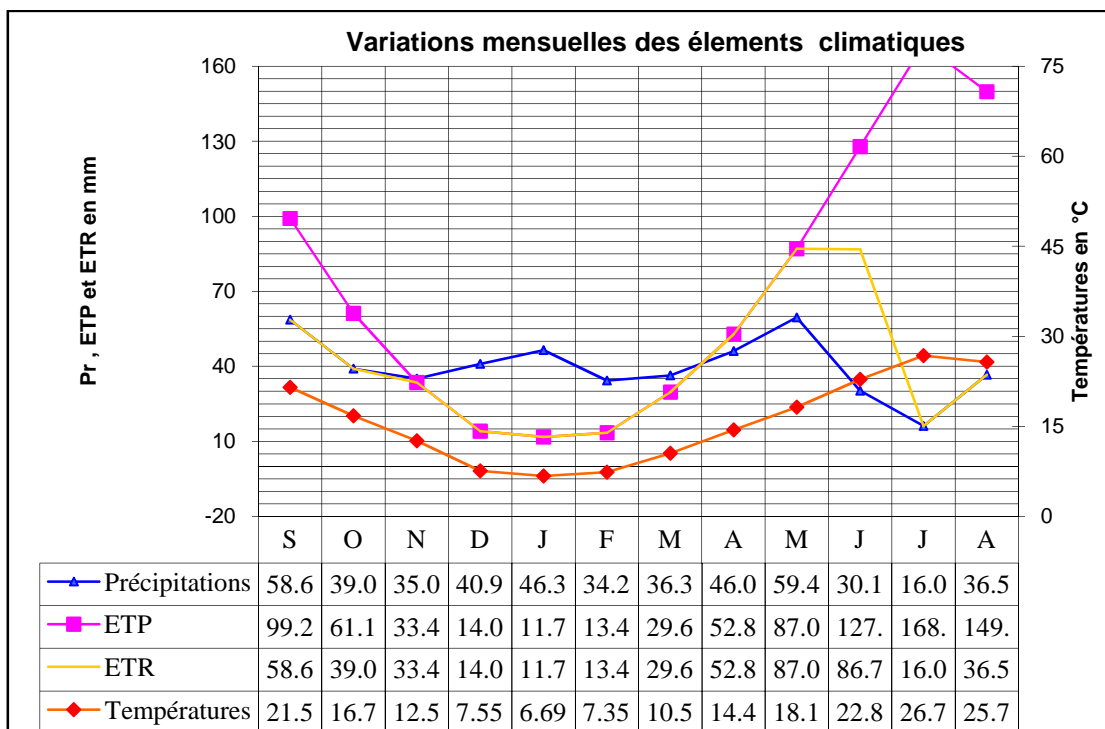


Figure n°9: Diagramme variation mensuelle des éléments climatique

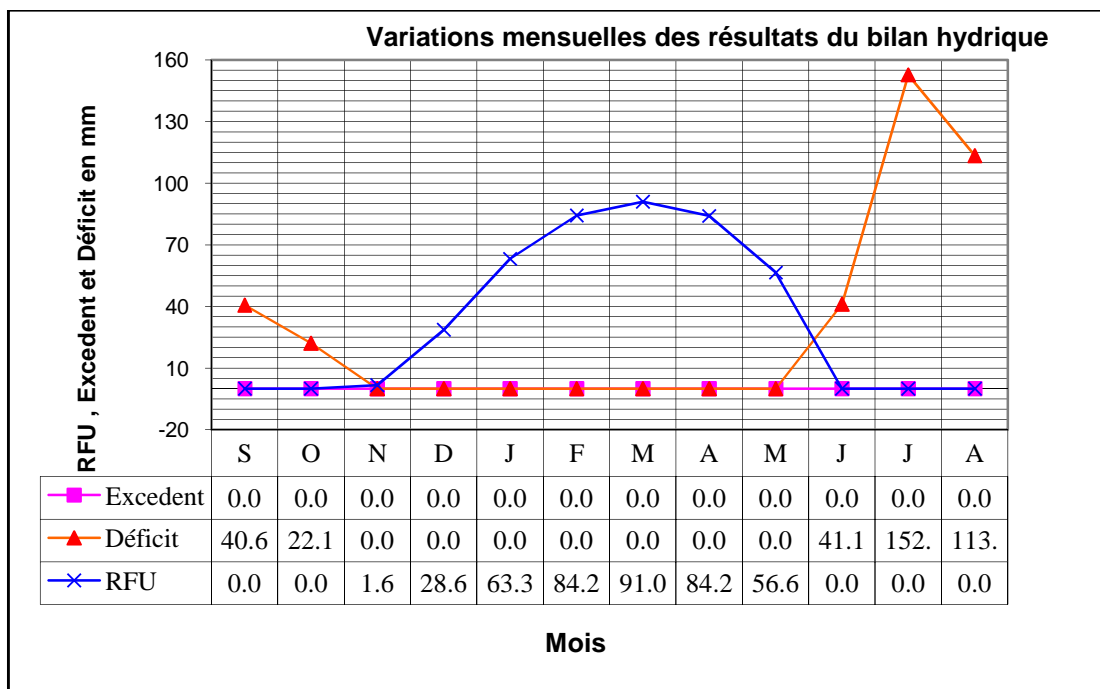


Figure n°10: Variation mensuelle des résultats du bilan hydrique

#### VI.4. Interprétation du bilan hydrique

Ce graphe montre que l' évapotranspiration atteint son maximum au mois de juillet ce qui produit un déficit agricole et nécessite une irrigation pour les zones de culture. Par contre on observe une recharge de la nappe à partir du mois de novembre jusqu' au mois de mai. Au mois de novembre la RFU commence à augmenter et atteint son maximum avec 50 mm à partir du mois de décembre jusqu' à avril pour la station de Khenchela et jusqu' au mois mars

#### VI.5. Estimation du bilan d'eau

La formule générale du bilan d'eau donne l'égalité des apports et des pertes évaluées sur de grandes périodes. La formule du bilan est la suivante:

$$P = ETR + R + I + \Delta W$$

**Avec:**

**P:** La hauteur de la précipitation annuelle en (mm).

**R:** Le ruissellement de surface annuel en (mm).

**ETR:** L'évapotranspiration réelle annuelle en (mm).

**I:** L'infiltration annuelle (mm).

**$\Delta W$ :** La variation de réserves en (mm), souvent négligeable.

## **I. Introduction**

Un « dispositif de RUEP »9 peut 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, tous les dispositifs de RUEP partagent au moins les composants suivants [Gould et Nissen, Peterson 1999].

- *La surface de récupération* : la toiture du bâtiment qui permet de capter l'eau de pluie.
- *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.

A. Fewkes classe les usages de l'eau pluie comme suit [Fewkes 1999 (a)]

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

Il convient de signaler que jusqu'au début du 20<sup>ème</sup> siècle, les dispositifs de RUEP 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 montré que la RUEP est une pratique très ancienne (utilisée par l'homme dès l'antiquité). Plusieurs auteurs ont affirmé qu'il n'y a pas une origine déterminée à cette pratique. Néanmoins, Des traces et des preuves ont été trouvées partout dans le monde [Agawal et Narain 1997].

D'autres preuves de l'usage des dispositifs de RUEP 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].

Par ailleurs, dans le contexte actuel les dispositifs de RUEP sont largement diffusés dans certaines zones rurales où la réalisation du réseau d'eau potable demeure chère et peu

rentable. Au début des années 80. 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].

l'eau de pluie à des fins non potables dans les zones urbaines a nettement augmenté au cours des 20 dernières années [Fewkes 2006].

## **II. La composition d'un dispositif de RUEP**

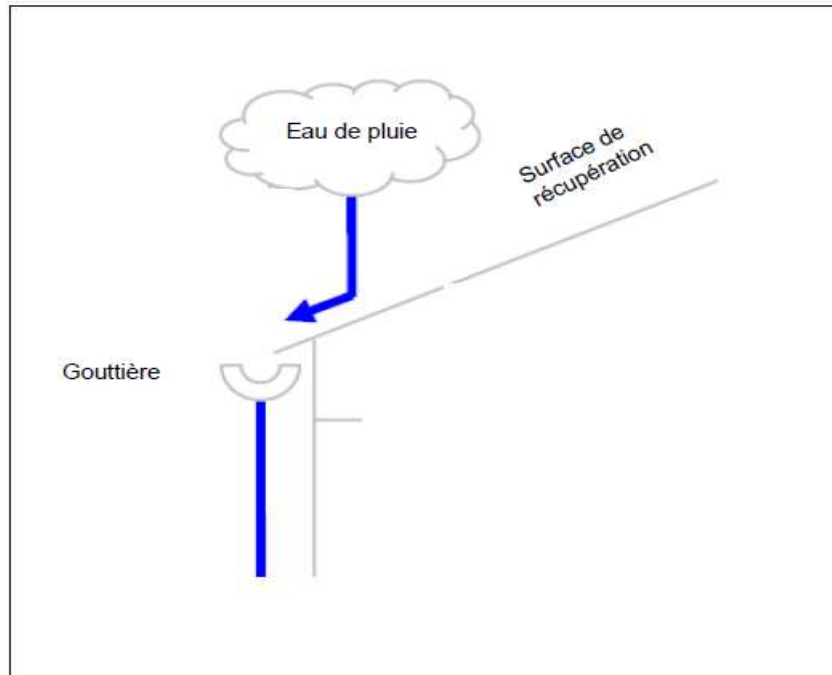
Les composants d'un dispositif de RUEP peuvent être classés en deux catégories :

- *Les composants propres au bâtiment.* Ils caractérisent le bâtiment, mais ils sont nécessaires au fonctionnement du dispositif de RUEP. Il s'agit de la surface de collecte, des gouttières, les points d'usage susceptibles d'être 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 RUEP. 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,...).

Un dispositif de RUEP peut prendre plusieurs formes selon la nature du bâtiment qui abrite le dispositif, les usages visés 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.

Afin de comprendre le fonctionnement d'un dispositif (qualifié comme sophistiqué) et de ses composants, nous suivons le cheminement de l'eau de pluie de son état initial « événement pluvieux » jusqu'à sa finalité « usage » :

### II.1. Captage et récupération de l'eau de pluie



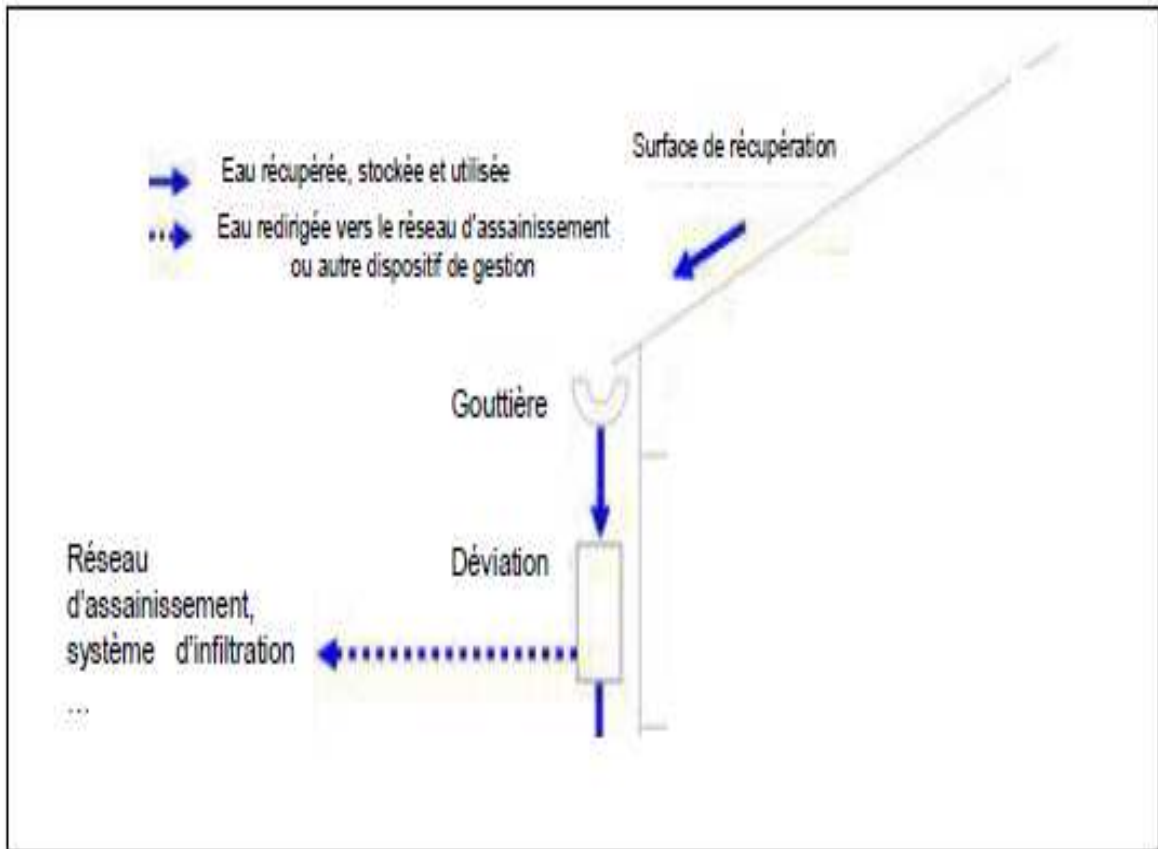
**Figure n°11:** Captage et de récupération de l'eau de pluie. Source : adapté de [Roebuck 2007].

L'eau de pluie d'un événement pluvieux tombe sur le toit d'un bâtiment (Surface de récupération), elle ruisselle par la suite sur cette surface vers les gouttières et les descentes qui assurent son transport en bas du bâtiment.

### II.2. La déviation de rinçage

L'eau de pluie issue de la phase précédente passe ensuite par un dispositif de « déviation » utilisé pour rincer la surface de récupération et pour éviter de stocker et d'utiliser les premières pluies après une longue période sèche. En effet, après une telle période les toitures des bâtiments (surfaces de récupération) sont deviennent contaminées par des polluants : particules atmosphériques, fientes d'oiseaux, feuilles des arbres et autres débris [Cunliffe 1998, 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 montré 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 n°12:** Le composant de rinçage (déviation). Source : adapté de [Roebuck 2007].

Par conséquent et dans le même sens, D.B. Martinson a mis en évidence que si l'eau de pluie de la première vague ne se reverse pas dans la cuve de stockage (elle se reverse dans un autre dispositif de gestion de l'eau tel que : le réseau d'assainissement, puits d'infiltration,...), l'eau stockée a une qualité nettement meilleure [Martinson et Thomas 2005].

Techniquement, il existe plusieurs appareils pour éviter que l'eau de pluie issue de la première vague ne soit pas stockée dans la cuve. Dans la figure ci-dessous, nous donnons quelques exemples de ces appareils.

### **II.3. Filtre externe**

Après le rinçage de la surface de récupération grâce aux appareils de déviation, l'eau de pluie qui vient ensuite traverse un premier « filtre externe ». Ce dernier est recommandé pour filtrer l'eau de pluie avant de faire son entrée dans la cuve de stockage.

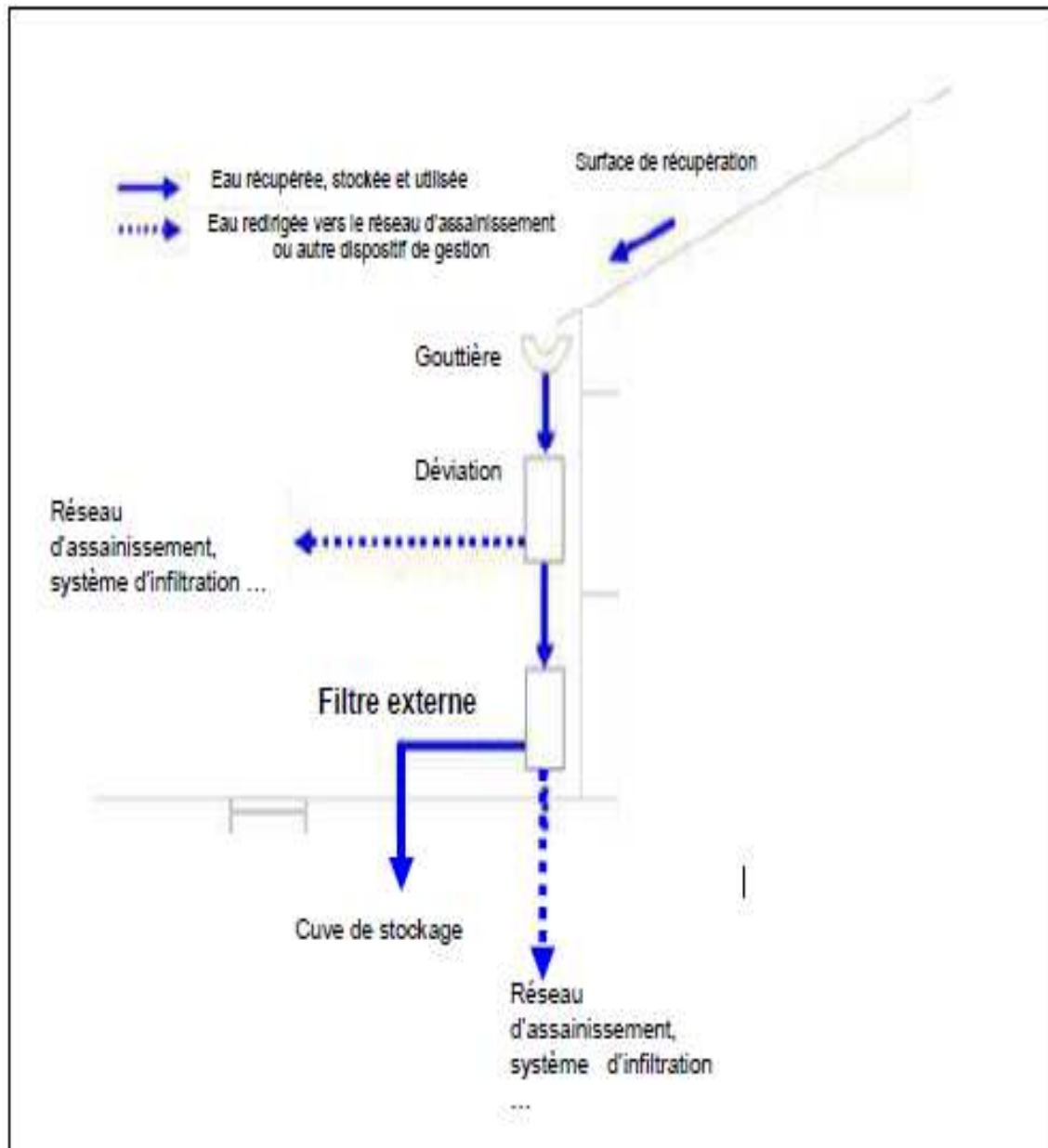
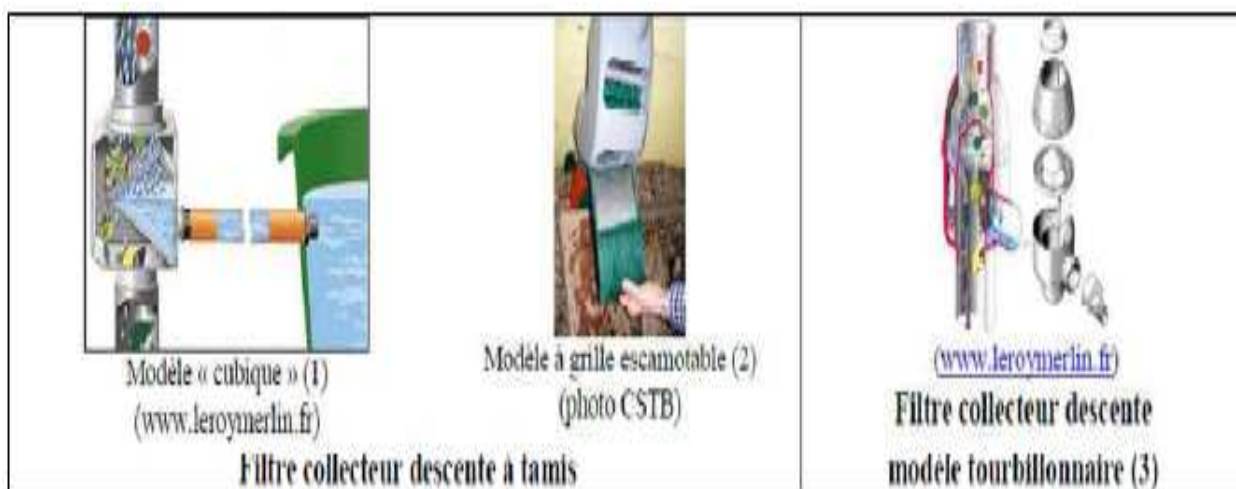


Figure n°13:La position du filtre externe dans le dispositif de RUEP. Source : adapté de [Roebuck 2007]



**Figure n°14:** Quelques modèles des filtres externes.



*Photo n°1 : Collecteur filtrant*



*Photo n°2 : Collecteur filtrant regendieb*



*Photo n°3 : Filtre interne*

#### II.4. Cuve de stockage

L'eau de pluie qui traverse le filtre externe s'achemine vers « la cuve de stockage », il s'agit d'un espace de stockage et de conservation d'eau récupérée afin de la mettre en sécurité en quantité et en qualité [de Gouvello 2010].

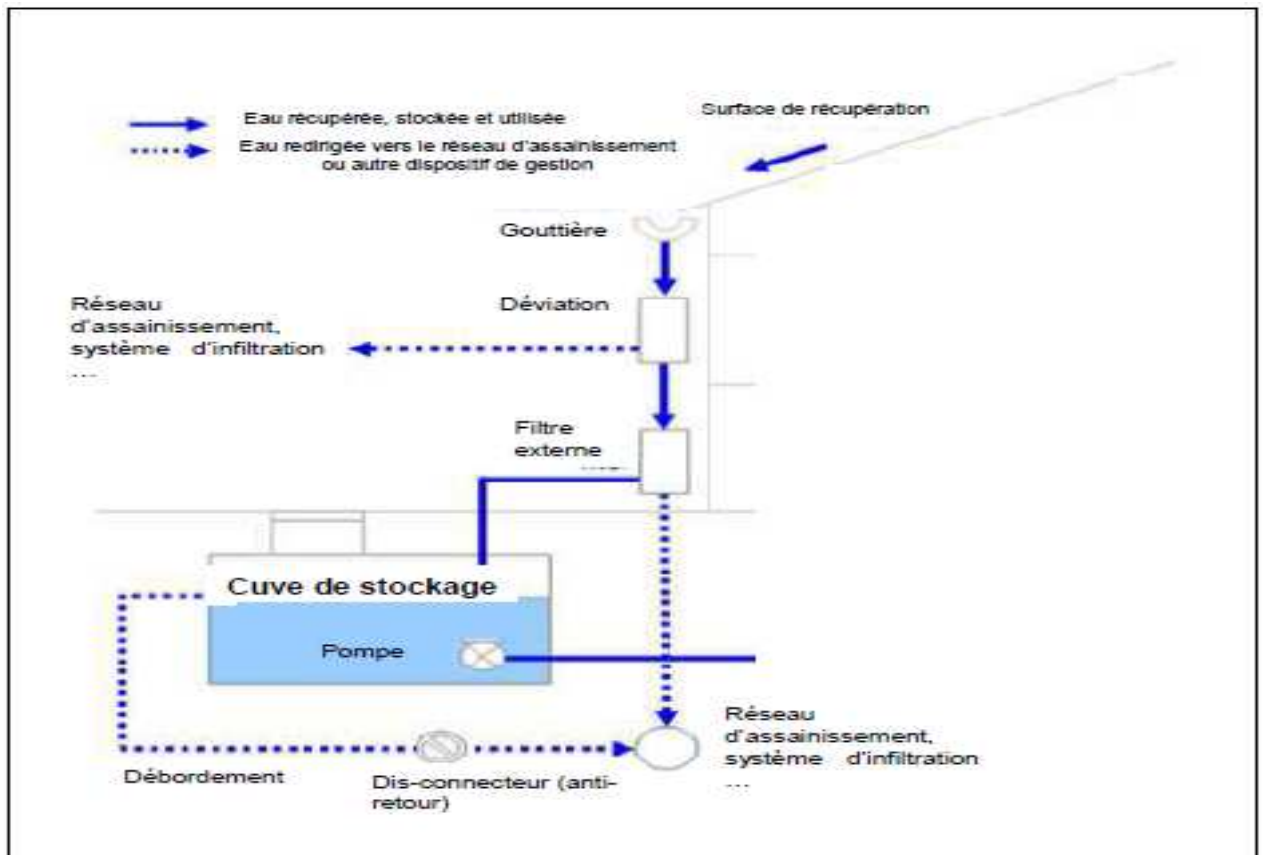
La cuve est utilisée dans la majorité des cas comme espace de stockage, elle varie selon deux critères : son matériau de fabrication et son emplacement.

Selon le premier critère (les matériaux de fabrication) la cuve de stockage peut être en :

- PEHD (Polyéthylène haute densité).
- béton (préfabriquée ou construite in-situ).
- acier galvanisé.

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

- aérienne extérieure.
- aérienne intérieur.
- enterrée.



**Figure n°15:** La cuve de stockage d'un dispositif de RUEP. Source : adapté de [ Roebuck 2007]



**Figure n°16:** Différents types de cuves de stockage de l'eau de pluie.

En croisant les deux principaux critères de la cuve de stockage. Plusieurs configurations sont possibles et constatées sur le terrain :

- la cuve en PEHD (Polyéthylène Haute Densité): peut être placée dans différents emplacements : aérienne-extérieure, aérienne-intérieure ou enterrée. A noter que dans le cas où elle est placée dans un endroit de passages des piétons et/ ou des véhicules, un renforcement est obligatoire afin qu'elle puisse supporter les charges de ces derniers.
- La cuve en béton est souvent enterrée. Deux cas de figure sont possibles : le modèle préfabriqué ou celui fabriqué sur place (il concerne surtout les cuves de grande capacité).

- La cuve en acier est aussi souvent enterrée. Son utilisation est généralement limitée aux grosses capacités (50 m<sup>3</sup> et plus)

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 » qui peuvent être intégrées comme revêtement mural.

Par ailleurs, une cuve de stockage de l'eau de pluie doit être obligatoirement équipée d'un :

**Trop-plein.** Il est possible que la cuve de stockage soit totalement remplie, alors qu'elle continue à recevoir l'eau de pluie (un grand événement pluvieux, par exemple). C'est pourquoi, un dispositif d'évacuation de ce surplus « trop-plein » est obligatoire. Concrètement, il s'agit d'une conduite connectée à un système d'évacuation (réseau d'assainissement ou autre). La section de cette conduite doit être calculée pour absorber la totalité de l'eau rentrant lorsque la cuve est pleine [de Gouvello 2010].

Alors qu'il est simplement recommandé qu'elle soit équipée d'une :

**Pompe de distribution.** Pour remettre l'eau stockée en pression dans le but de l'acheminer vers les points d'usages. Toutefois, cette mission peut être assurée de deux façons : par gravité (dans le cas d'un réservoir de tête) ou par pompe de distribution. de Gouvello a dégagé 4 types de pompes : pompe manuelle, pompe émergée, pompe de surface et pompe sur-presseur [de Gouvello 2010].

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

### **II.5. Filtre interne**

Ces types de filtres sont placés après la cuve de stockage. Il s'agit d'un micro-filtre « bobine » qui exige le passage de l'eau sous pression. Les micro-filtres ont pour rôle d'assurer une filtration fine afin de répondre aux exigences qualitatives de certains usages (le lave linge, par exemple), leur principe de fonctionnement est comparable : les particules avec taille supérieure à la maille du filtre seront retenues, alors que l'eau traverse le filtre sous l'effet de la pression. Parfois, il existe plusieurs séries de filtres placés dans l'ordre décroissant, c'est-à-

dire, l'unité avec la maille la plus grande en premier, ensuite le reste des unités selon la taille de leurs mailles [de Gouvello 2010, Leggett et al. 2001(b)].



**Figure n°17: Filtre interne « micro-filtre –bobine- ».**

## **II.6. Réservoir de tête**

Ce type de réservoir se trouve dans les dispositifs de RUEP qui utilisent la gravité comme moyen de distribution de l'eau de pluie. Pour que ce principe fonctionne, le réservoir doit être situé au-dessus de tous les points d'usage.

Le réservoir de tête est aussi équipé par un « trop plein » qui dirige l'eau pompée vers le réseau d'assainissement, bien que celui-ci (réservoir) dispose d'un appareil qui coupe le pompage de l'eau dès son remplissage. Ce trop plein est utilisé seulement dans le cas d'un dysfonctionnement de cet appareil.

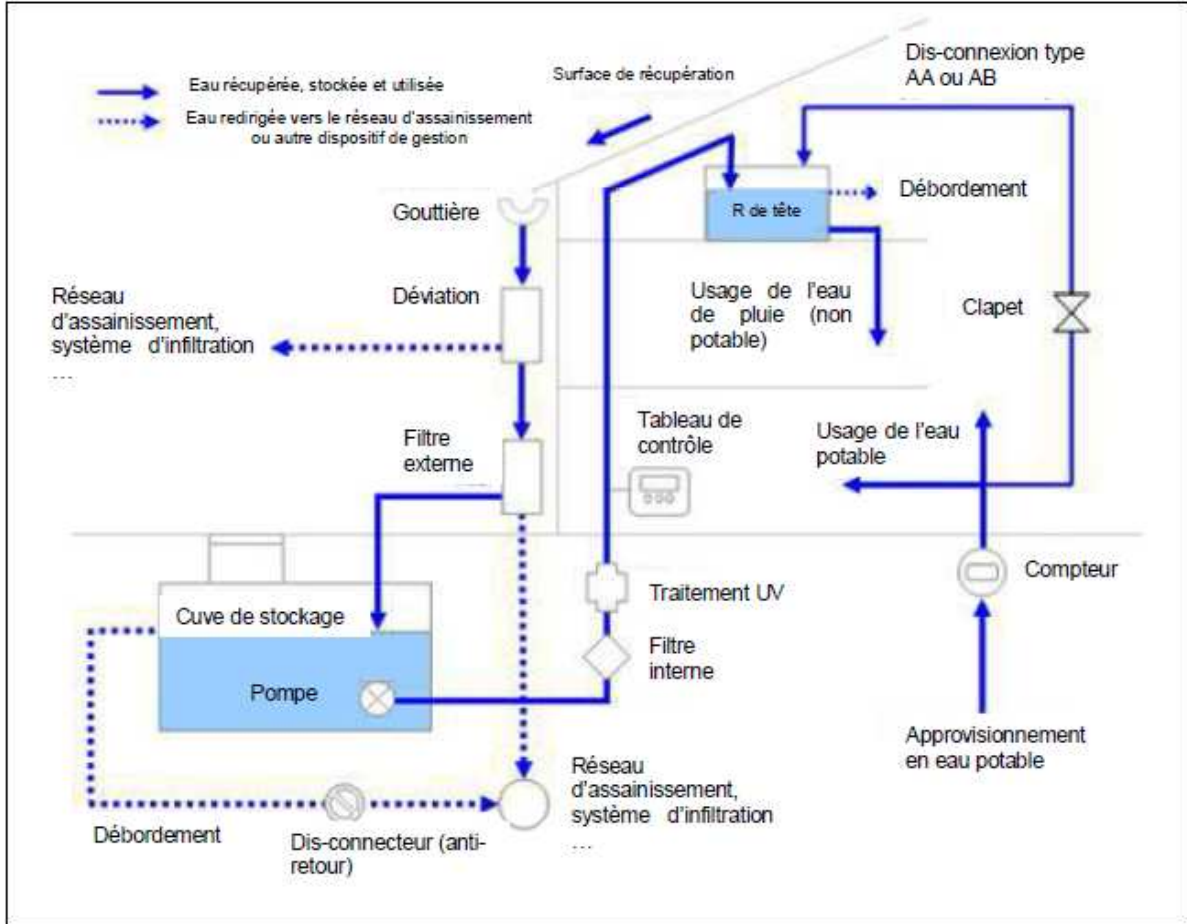
## **II.7. Points de puisage**

L'eau de pluie est désormais prête à l'utilisation, elle sera transportée vers les points d'usage non potable (chasses d'eau des toilettes, machine à laver, robinet d'arrosage...) à travers un réseau de tuyaux. Ces derniers sont généralement soumis à la même norme que les tuyaux du réseau d'eau potable, mais parfois, il est nécessaire de les signaler par une étiquette ou une couleur spécifique [Leggett et al. 2001(b)].

## **II.8. Autres composants**

Il existe d'autres composants du dispositif de RUEP tels que : les vannes qui isolent une partie du dispositif lors de l'entretien et de la réparation, les compteurs qui estiment le volume d'eau de pluie utilisée (parfois de chaque usage), ...

Cependant, les composants les plus importants sont les « dispositifs de sécurisation ». Il s'agit d'un ensemble d'outils et de mesures qui ont pour rôle d'assurer la sécurité et la prévention des usagers. B. de Gouvello a relevé 3 types de sécurisation d'un dispositif de REUP .



**Figure n°18:** Un dispositif de RUEP. Source : adapté de[Roebuck 2007]

Nous avons choisi ce schéma pour représenter un dispositif de RUEP car il est le plus complet en termes des composants et d'appareils nécessaires à son fonctionnement. Cependant, dans la littérature, quatre types de dispositifs de RUEP sont repérés. Le critère de classification de ces dispositifs repose sur la méthode de pompage de l'eau vers les points de puisage [Leggett et al. 2001(b), Herrmann et Schmida 1999].

On trouve alors :

- Dispositif où l'eau de pluie est pompée vers un réservoir de tête et la gravité se charge de la distribution. Ce type de dispositif est nommé « dispositif avec système de pompage indirect ».

- Dispositif où l'eau de pluie est pompée directement à l'aide d'une pompe industrielle. Ce type de dispositif est nommé « dispositif avec pompe ».
- Dispositif où l'eau de pluie est pompée en utilisant directement la gravité sans l'aide de la pompe industrielle. Il est nommé « dispositif gravitaire »
- Toutefois, il existe un autre type qui n'utilise pas de pompe industrielle ni la gravité, mais dans lequel l'eau est utilisée directement à partir de la cuve de stockage à l'aide d'un arrosoir ou d'un tuyau même si la pression reste faible. Ce système concerne les dispositifs de RUEP simple de type « cuve aérienne-extérieure » qui sont réservés à l'arrosage du jardin ou encore au lavage des véhicules.

D'autres types et configurations peuvent exister (selon : emplacement de la cuve, les usages visés, les types et les fonctions des bâtiments,...) mais ils gardent, cependant, le même principe de fonctionnement évoqué plus haut.

### **III. La simulation théorique du dispositif RUEP**

Faire une étude théorique d'un dispositif de RUEP nécessite un ensemble des paramètres d'entrée et un modèle (ou une règle de calcul) pour avoir des résultats de sortie permettant de prendre une décision. Nous nous appuyons de cette logique pour faire notre démonstration.

#### **III.1. Paramètres d'entrée permettant La simulation théorique du dispositif RUEP**

Trois paramètres sont à prendre en considération pour le calcul du volume de la cuve :

- Les précipitations locales (Pluviométrie annuelle moyenne :  $Q$  en mm)
- Surface de récupération (Surface de la toiture :  $S$  en  $m^2$ )
- Besoins en eau de pluie ( $B$  en  $m^3$ )

Un grand nombre d'acteurs ont détaillé les paramètres à prendre en compte pour étudier la performance hydraulique d'un dispositif de RUEP [Latham 1983; Fewkes 1999 (b), Coombes al. 2004;Chilton et al. 1999].

Ainsi T. Thomas a listé le nombre minimum de paramètres et de données à préconiser pour étudier la performance hydraulique de RUEP. Il s'agit de la pluviométrie, de la surface de récupération et du besoin en eau de pluie [Thomas 2002].

##### **III.1.1. La pluviométrie**

Le dispositif de RUEP dépend en premier plan de la pluviométrie de la zone où se trouve l'objet d'étude (le bâtiment). Ainsi la pluie est un phénomène naturel connue par son caractère aléatoire et imprévisible [Zhu et Liu 1998, Coombes et al. 1999; Concha et Conchita 2004; Su al. 2009, Basinger al. 2010].

Dans le calcul de la performance hydraulique des dispositifs de RUEP, la majorité des modèles utilisent aujourd'hui un pas (laps) de temps journalier pour simuler la quantité de l'eau de pluie qui tombe sur la toiture et qui sera ensuite acheminée vers la cuve de stockage [Zhang et Chen 2009, Wu et al. 2003; Fewkes 1999 (a), Fewkes 1999 (b), Su et al. 2009,...]

### **III.1.2. La surface de récupération (Sr)**

Dans les dispositifs de RUEP, la surface de toiture du bâtiment est considérée comme « surface de récupération » [Arrêté 2008, Vialle et al. 2010, Gould et Nissen-Petersen 1999; Leggett et al. 2001].

Si la toiture est en pente, cette méthode donne la surface projetée en plan et non la surface réelle, ainsi, certains modèles parlent de la surface de l'emprise au sol (sans le débordement de la toiture).

On note que tous ces termes constituent une bonne approximation de la surface de récupération. Il convient de signaler aussi que dans le calcul de la quantité de l'eau de pluie, les modèles supposent que la pluie tombe verticalement sur la toiture [Environment Agency 2003]

Cependant, l'élément le plus important dans cette surface de récupération est le « *coefficient de récupération* » qui détermine la quantité de l'eau de pluie collectée en amont de la cuve par rapport à celle tombée sur la toiture du bâtiment [Farreny et al. 2011].

### **III.1.3. Les besoins en eau de pluie (B)**

Il s'agit des besoins à satisfaire en eau de pluie qui remplace l'eau potable utilisée habituellement (avant la mise en œuvre du dispositif de RUEP) [Vialle et al. 2010].

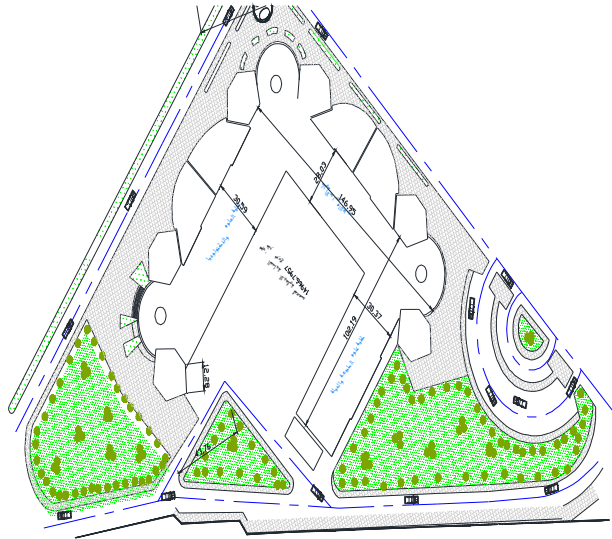
En s'appuyant sur la littérature scientifique, nous avons pu distinguer trois étapes qui permettent de calculer le volume de l'eau de pluie qui remplace l'eau potable :

- D'abord, déterminer les usages de l'eau de pluie envisagés : soit la totalité ou une partie des usages domestiques qui ne nécessitent pas la qualité « potable » et qui sont autorisés par la loi à utiliser l'eau de pluie à la place de l'eau potable.
- Ensuite, définir la quantité de base de chaque usage sous forme d'un ratio et ainsi sa fréquence (périodicité).
- Et enfin, définir les variables de chaque usage (nombre, la surface,...)

#### **IV. Dimensionnement du système de récupération des eaux pluviale au niveau des blocs C.D.E (univ.khenchela)**

Les établissements scolaires doivent être les cibles privilégiées de la récupération des eaux de pluies pour les raisons suivantes :

- La surface des toits est souvent importante donc les volumes récupérables peuvent être considérables.
- L'école reste l'espace le plus prédisposé pour l'émergence d'une culture éco-citoyenne et pour la sensibilisation à l'économie d'eau.



**Figure n°19:**Plan des blocs C,D,E (univ.khenchela)

**IV.1. Besoin en eau au niveau du bloc C.D.E**

**Tableau n°6:** Enseignant et les étudiants au niveau du bloc C.D.E par faculté et par niveau(*Univ. Khenchela*)

Année	01 <sup>er</sup> année	02 <sup>ème</sup> année	03 <sup>ème</sup> année	01 <sup>er</sup> année	02 <sup>ème</sup> année	Professeure ingénieur
Faculté	licence	licence	licence	master	master	
Lettres & langues	/	/	/	605	556	115
Sciences et de la technologie	1097	565	398	424	267	71
Sciences de nature et de la vie	433	346	299	243	194	160

**Tableau n°7:** Les caractéristiques du bloc C.D.E(Univ.Khenchela)

Paramètres	Données
<b>Caractéristiques générales</b>	
Nombre de bâtiments étudiés	<b>01</b>
Nombred'usagers	<b>5775</b>
<b>Usages</b>	
Toilettes	72
Robinets	72
Arrosage espace vert	<b>11197m<sup>2</sup></b>
<b>Toiture</b>	
Surface totale du toit	<b>14967m<sup>2</sup></b>
Type de toiture	<b>0.9 (Glacié)</b>

#### **IV.2.Détermination des besoins en eau au niveau des bâtiments C.D.E**

Il est extrêmement difficile de déterminer avec précision la quantité d'eau utilisée. Le recours à une moyenne générale est la seule issue pour déterminer celle-ci [Butler et Memon 2006].

Les recherches montrent que le niveau de consommation de l'eau est lié à deux facteurs : le *type du bâtiment et ses fonctions* (habitation, bureau ...) et la *taille du bâtiment et ses occupants* (la taille du ménage, l'âge de l'utilisateur et la période de l'année ...) [Gato et al. 2004, Sim et al. 2005]

<b>Besoins en eaux non potable du bâtiment étudié</b>
=
<b>Besoin en eau des toilettes + Eau de nettoyage + Arrosage</b>

**IV.2.1. Eau des toilettes**

Il faut connaître la capacité des réservoirs des toilettes En moyenne on peut considérer qu'une personne va 2,5 fois aux toilettes par jour.

<b>Besoin en eau des toilettes</b>	
=	
<b>2,5 * Capacité des réservoirs * Nombre de jours d'ouvertures * Nombre d'usagers</b>	

Capacité des réservoirs	<b>10 L</b>
Nombre de jours d'ouvertures	<b>211 jours</b>
Nombre d'usagers	<b>5775 personne</b>
Besoin en eau des toilettes	<b>30463 m<sup>3</sup></b>

**IV.2.2. Besoin en eau des nettoyages**

L'eau de nettoyage correspond à l'eau utilisée pour le nettoyage des sols, selon Université de Khenchela blocs C.D.E Ces besoins sont déterminés lors du diagnostic à l'aide des relevés de compteurs

On considère en moyenne: 5L par jour par m<sup>2</sup> de surface nettoyages, les espaces de nettoyages corresponde la Surface du toit c'est 14967m<sup>2</sup> donc la quantité d'eau de nettoyage sont 75 m<sup>3</sup>

**IV.2.3. Arrosage**

On considère en moyenne : 1m<sup>3</sup> par an par m<sup>2</sup> de surface arrosée ;les espaces verte qui a tuer blocs C,D,E c'est **11196 m<sup>2</sup>** sont donc les espaces arrosés est **11196 m<sup>3</sup>**

**Résultat ;**

**Les besoins en eaux non potable sont donc 41734m<sup>3</sup>**

### IV.3. Estimation du volume de l'eau de pluie récupérable

Calcul de la quantité d'eau de pluie captée

<b>Quantité d'eau de pluie captée</b>
=
<b>Surface effective * Pluviométrie * Coefficient de toiture / 1000</b>

Le coefficient de toiture dépend du type de recouvrement

**Tableau n°8:** Coefficient de toiture de Type de recouvrement

Type de recouvrement	Coefficient de toiture	<b>Le coefficient : 0,9</b>
Tuile Glacier	0,9	
Tuile Ardoise	0,8	
Toiture Terrasse	0,6	
Toiture Plantée	0,4	

**La surface effective** est la surface au sol d'un bâtiment indépendamment de l'inclinaison de la toiture, la surface effective au niveau des blocs C.D.E est **14967m<sup>2</sup>**

**La valeur de la pluviométrie** locale donne la quantité de pluie tombée en une année en mm. Il est nécessaire de faire une moyenne de la pluviométrie annuelle sur 20 ans. La Pluviométrie locale:**477mm**

La quantité d'eau de pluie captée est de **642 m<sup>3</sup>**

#### **IV.4. Estimation du volume de stockage**

**Détermination du volume de la cuve** Le résultat principal de l'étude et du calcul d'un système de RUEP est de volume de la cuve de stockage que le volume de la cuve de stockage d'un système de RUEP est un élément important à la fois hydrauliquement et économiquement,

Parmi les deux valeurs obtenues aux étapes 1 et 2 (quantité d'eau de pluie captée et besoin en eau non potable), choisissez la plus petite comme « Facteur de calcul ».

$$\text{Volume de cuve nécessaire} = \text{Facteur de calcul} * 28/365$$

Le coefficient 28/365 détermine le temps d'autonomie souhaité de la cuve (ici 28 jours par an) afin que durant l'été la cuve puisse subvenir à une demande en eau pour une durée de 28 jours d'autonomie

Le facteur de calcul c'est quantité d'eau de pluie captée:  $6425\text{m}^3$

**Le volume de la cuve =  $493\text{m}^3$**

#### **IV.5. Le rendement du système de récupération des eaux pluviales au niveau des blocs C.D.E**

On considère en moyenne: Le pourcentage % et La quantité d'eau de pluie captée est de  **$6425\text{m}^3$** , besoins en eaux non potable sont  $41734\text{m}^3$ , donc la quantité d'eau en obtient permet de couvrir 15% des besoins en eau non potable au niveau des blocs C.D.E.

#### **IV.6. La mise en œuvre de récupération et utilisation les eaux pluviales**

##### **IV.6.1. La réalisation de la cuve**

A partir des résultats obtenue on obtient que le volume de la cuve est égale à :  $49\text{m}^3$  on diviser cette quantité d'eau d'une manière équitable sur trois cuves .chaque cuve à une capacité de  **$214\text{m}^3$**

## **IV.6.2. Les caractéristiques de la réalisation correcte de la cuve d'eau récupérée**

### **IV.6.2.1 Lieux d'implantation**

Les cuves doivent être installées le plus près possible des blocs C,D,E et enterrées à l'écart de toute charge fixe ou du passage de véhicule. Elles doivent rester accessibles pour l'entretien.

Ne pas placer la cuve au pied d'une pente ou d'un talus. La pression exercée par la terre ou par les écoulements d'eau à cet endroit peut endommager la cuve

### **IV.6.2.2. Les caractéristiques du sol**

Il est recommandé de vérifier les caractéristiques du sol sur 3m de profondeur. La présence de pierres et de graves est à exclure. La nappe phréatique doit être à une profondeur telle, qu'elle ne rentre pas en contact avec la cuve. Attention aux risques de remontées de nappe, l'installation doit être réalisée afin que la citerne enterrée ne puisse pas remonter à la surface.

### **IV.6.2.3. Manutention de la cuve**

L'enlèvement de la cuve doit être effectué par une entreprise équipée de matériel adapté et du personnel formé. Durant le transport, les cuves doivent être sécurisées afin de ne pas glisser ou tomber du camion.

Conformément aux normes, il est obligatoire d'utiliser des anneaux de levage et un palonnier pour la manutention des cuves.

L'utilisation de chaînes pour amarrer ou soulever les cuves est interdite.

### **IV.6.2.4. La Pose de la cuve**

Il est conseillé d'installer en fond de fouille un lit de sable d'environ 20 cm d'épaisseur afin d'assurer la stabilité de la cuve et éviter les déformations. Si le sol n'est pas assez résistant ou stable, réaliser une semelle en béton.

Les espaces entre la cuve et les parois de l'excavation devront être remblayés de toutes parts avec du sable ou des matériaux sableux tout en remplissant la cuve d'eau afin d'équilibrer les pressions. Le remblayage final doit être réalisé avec de la terre végétale non compactée.

**Tableau n°09:**Conseils de mise en œuvre du stockage

	Cuve enterrée	Cuve aérienne
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les conditions d’implantation et de pose de la cuve au regard de la stabilité des fondations avoisinantes doivent être respectée</li> </ul>	
Implantation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• proximité de l’immeuble connecté et de préférence à l’écart du passage de toute charge roulante ou de toute charge statique.</li> <li>• Dans les cas particuliers (passage de charges roulantes, charges statiques, nappe phréatique, etc.) des précautions adaptées doivent être prises.</li> </ul>	De préférence à proximité des tuyaux de descente de gouttières et protégée contre les élévations importantes de température et le gel
Pose	<p>l’écart des zones de ruissellements, sur une surface autoportante, lisse, horizontale et exempte d’aspérités.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La hauteur d’enfouissement doit prendre en compte la protection contre le gel.</li> <li>• Les dimensions de la fouille doivent permettre la mise en place de la cuve, sans permettre le contact avec les parois de la fouille avant le remblaiement (espace minimum de 0,20m sur toute la périphérie de la cuve).</li> <li>• La surface du lit de pose est dressée et compactée pour que la fosse ne repose sur aucun point dur ou faible. La planéité et l’horizontalité du lit de pose doivent être assurées.</li> <li>• Le remblayage latéral de la cuve est effectué symétriquement en couches successives, avec du sable ou d’autres matériaux suivant les prescriptions du fabricant.</li> <li>• L’utilisation de raccords souples entre cuves et canalisations est conseillée, ce afin de s’affranchir d’éventuels mouvements de terrain pouvant provoquer fuites de réseau et conséquences pathogènes sur les fondations avoisinantes</li> </ul>	

## **V.L'entretien**

L'entretien de l'ensemble des ouvrages précités revient, suivant la répartition ordinaire de leurs responsabilités, au locataire ou au propriétaire de l'immeuble. Les ouvrages de tamponnement doivent notamment être vides par temps sec. En cas d'ouvrage mixte (permettant la récupération des eaux de pluie), un volume équivalent au besoin de stockage doit rester libre dans l'ouvrage.

L'entretien dépend de la destination de l'eau de pluie. Pour l'arrosage des abords (citerne de jardin), il se résume à vérifier que rien n'obstrue le collecteur d'eau (en toiture au niveau de la gouttière ou de l'avaloir et au niveau de la descente d'eau pluviale).

Pour un usage domestique, le plus important reste le nettoyage des dispositifs de collecte : surfaces de toiture, gouttières, châteaux, descentes d'eaux pluviales. Une vérification et un nettoyage des filtres collectant l'ensemble des eaux pluviales en amont de la citerne est à effectuer selon les prescriptions du fabricant. La fréquence d'entretien dépend de la qualité de l'eau de pluie récoltée (dépend de l'environnement : présence d'arbres et du type de surface de ruissellement : toitures vertes). On parle d'un entretien tous les 3 à 4 mois au maximum.

La citerne doit aussi être entretenue régulièrement, selon l'efficacité du pré-filtrage (filtration et décantation) : tous les ans en l'absence de celui-ci, et tous les 5 à 10 ans dans les autres cas. On procède à la vidange, en faisant aspirer le fond vaseux par un camion-citerne, et on nettoie les parois à l'aide d'une brosse, ou d'un nettoyeur à haute pression.

**Tableau n°10 :** Vérification les dispositives de récupération et utilisation les eaux pluviale

Vérification tout les semestres	tous les ans
<ul style="list-style-type: none"><li>• la propreté des équipements de récupération des eaux de pluie.</li><li>• l'existence de la signalisation le bon fonctionnement du système de dis connexion.</li><li>• vérification que la protection est toujours adaptée au risque, et que l'installation du système de dis connexion est toujours conforme, accessible et non inondable.</li><li>• vérification que la capacité d'évacuation des réseaux collecteurs des eaux de rejet est suffisante.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• nettoyage des filtres et évacuation des refus de filtration.</li><li>• vidange, nettoyage et désinfection de la cuve de stockage</li><li>• man œuvre des vannes et robinets de soutirage.</li></ul>

# Conclusion générale

---

Nous présenterons ici la conclusion générale de notre travail de mémoire. Nous reviendrons tout d'abord sur le contenu du rapport ainsi que sur les résultats obtenus. Puis, nous formulerons les limites et les perspectives du travail. Nous interrogerons ensuite, d'autres pistes de recherche dans le but d'améliorer la démarche de changement d'échelle proposée.

La **récupération d'eau de pluie** consiste en un système de collecte et de stockage de l'eau pluviale dans la perspective d'une utilisation ultérieure. La mise en place d'une installation spécifique, qui peut varier dans sa complexité suivant l'utilisation finale, est nécessaire à la satisfaction de cet objectif.

Notre travail consiste à la récupération et l'utilisation des eaux pluviales au niveau des blocs C.D.E situés dans l'université de khenchela , cette dernière est située à l'Est de l'Algérie Elle est limitée géographiquement au :**Nord** : par la Wilaya d'Oum El Bouaghi ,**Sud** : par la wilaya d'El Oued ,**Est** : par la wilaya de Tébessa ,**Ouest** : par la wilaya de Batna ,**Sud- Ouest** : par la wilaya de Biskra[ **Khabtane , 2010**].

A la fin de l'étude climatique, on obtient que des précipitations et des températures des différents postes pluviométriques a donné des résultats spécifiques aux sous bassin de khenchela avec :

- Une précipitation moyenne annuelle de l'ordre de 476,94mm
- Une température moyenne annuelle de l'ordre de 15.90 C°.
- Une évapotranspiration potentielle de l'ordre de 848.8 mm.
- Une évapotranspiration réelle de l'ordre de 478.9 mm.
- Un déficit agricole de l'ordre de 370 mm.

Les besoins à satisfaire en eau de pluie qui remplace l'eau potable utilisée au niveau des bâtiments C.D.E(Univ. Khenchela) est les usages autorisés à l'intérieur des bâtiments sont:

- L'alimentation des chasses d'eau des toilettes : 30463 m<sup>3</sup>/an
- Besoin en eau des nettoyages: 75 m<sup>3</sup> /jour
- Arrosage des espaces verts 11196 m<sup>2</sup>/an
- Le volume de système de la cuve de stockage du RUEP est de **493m<sup>3</sup>**

Nous constatons que Le système de récupération des eaux pluviales peut couvrir plus de 15 % des besoins en eau non potable au niveau des blocs C.D.E (univ.khenchela).

## Conclusion générale

---

Au final, la démarche et la position originale que nous avons adoptées dans le cadre de ce travail sont susceptibles, nous l'espérons, de générer un débat particulièrement intéressant tant auprès des communautés de chercheurs que des professionnels dans la gestion des ressources en eau .

## Références bibliographiques

---

### • A

- [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
- [Allart Dorine 2002] : Aspects financiers, économies attendues sur la facture d'eau. Journée Débat sur la récupération – réutilisation des eaux pluviales. Conférence de l'ADOPTA, Douai, 7 février 2002. Actes de la journée-débat.
- [ANDI 2013] : La wilaya de Khenchela, Agence Nationale de Développement de l'Investissement, Khenchela, P 20.
- Anonyme, 2001 : Monographie de la Wilaya de Khenchela, Direction Générale du Budget DPAT de la Wilaya de Khenchela, 166p.
- [Appan 1999 (a)] : Appan. A. « A dual-mode system for harnessing roofwater for nonpotable uses ». Urban Water Vol. 1, 1999, (Issue 4) : p 317-321.
- [Appan1999 (b)] : Appan. A. « Economic and water quality aspects of rainwater catchment system ». Proc. Internat.Symp. Efficient Water Use in Urban Areas, UNEP Int. Environ. Tech. Center, Osaka, Japan, 1999.
- [ARENE 2010] : (Agence Régionale de l'environnement et des nouvelles Energies), 2010,Récupération et utilisation de l'eau de pluie dans les pays en développement. Retours d'expériences, 125 p.
- [Arrêté 2008] : Arrêté du 21 Août 2008 relatif à « la récupération des eaux de pluie et à leur usage à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments ». Journal officiel de la république Française. 29 Août 2008.

### • B

- [Belmeziti .A 2012]: 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 \_a l'échelle urbaine : le cas de l'agglomération parisienne
- [Basinger et al. 2010] :Basinger. M., Montalto. F., Lall. U. « A rainwater harvesting systemreliability model based on nonparametric stochastic rainfall generator ». Journal of Hydrology, Volume 392, Issues 3-4, 15 October 2010, Pages 105-118.

## Références bibliographiques

---

- [Bates et al. 2008] : Bates, B. C., Kundzewicz Z. W., Wu. S et. Palutikof J. P. « Le changement climatique et l'eau ». Document technique publié par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Secrétariat du GIEC, Genève, éd., 2008, 236 p.
- [Beghami Y 2013] : Ecologie et dynamique de la végétation de l'Aurès : analyse spatio-temporelle et étude de la flore forestière et montagnarde, Doc, Univ. Med Kheider, Biskra, P 288.
- [Belmeziti et de Gouvello 2010 (b)]:Belmeziti. A et de Gouvello. B. « Une approche décisionnelle de la diffusion des pratiques de récupération et d'utilisation de l'eau de pluie en Ile-de-France ». 4èmes Journées Doctorales en Hydrologie Urbaine -JDHU-Champs sur Marne, France. 16-17 novembre 2010.
- [Brewer et al. 2001]: Brewer, D., Brown, R. & Stanfield. G. « Rainwater and greywater in buildings ». Project report and case studies. Technical Note TN 7/2001, BSRIA, Berkshire 2001.
- [ Brigitte, éd. Eyrolles]: VU Récupérer les eaux de pluie, , 2007, 84 pages.

### • C

- [Chaffai H 2013]: Toubal A., Michel L., Boubelli S. et Djabri L., 2013 : Hydrogéologie d'un système aquifère en zone semi-aride cas de la région de Khenchela (Algérie), Courrier de savoir N° 15, Univ. Med Kheider, Biskra, Pp 41-45.
- [Che et al. 2003]: Che. W., Li. J., Yan. L., et Wang. W. « First flush control for urban rainwater harvest systems ». Proc. of 11th International Conference on Rainwater Catchment Systems, Texcoco 2003. Mexico.
- [Chouli 2006] : E. Chouli. « La gestion des eaux pluviales urbaines en Europe :analyse des conditions de développement des techniquesalternatives ». Thèse présentée à l'école nationale des ponts etchaussées, sous la direction de G. Hubert et J-C Deutsch. Soutenue le11 juillet 2006.
- [Cheron 2004]: James, PUZENAT Alix, 2004, Les eaux pluviales : récupération, gestion, réutilisation, Paris, éditions Johannet, p.127 Collection développement villes environnement
- [Chilton et al. 1999]: Chilton. J. C., Maidment G. G., Marriottc. D., Francis. A., Tobias. G.« Case study of a rainwater recovery system in a commercial building with a large roof ». Urban Water 1.1999. p 345–354.

## Références bibliographiques

---

- **[Concha et Conchita 2004]:** Concha. L and Conchita. M. « Indicator Fact Sheet - (WQ2) Water use by sectors ». Rapprt. 2004. 10 p.
- **[Coombes et al. 2004]:** Coombes. P. J., Spinks. A., Evans. C., Dunstan. H. « Performance of rainwater tanks at an inner city house in Carrington NSW during à Drought » WSUD 2004 International Conference on Water Sensitive Urban Design: Cities As Catchments, 21-25 Nov 2004, Adelaide, South-Australia. URL.
- **[Cornut et Marissal 2007]:** Cornut. P et Marissal. P. « La parabole de la citerne d'eau de pluie ou les contradictions des comportements écologiques anti-sociaux ». Environnement et inégalités sociales, Bruxelles, Editions de l'Université de Bruxelles, 2007. URL.
- **[Cunliffe 1998]:** Cunliffe. D.A. « Guidance on the use of rainwater tanks ». National Environmental Health Forum Monographs, Water Series No. 3. Openbook Publishers, 1998. Australia
- **[Coudron Frédéric 2002]:** L'entretien, la maintenance et témoignages de réalisations. Journée - Débat sur la récupération – réutilisation des eaux pluviales. Conférence de l'ADOPTA, Douai, 7 février 2002. Actes de la journée-débat.

### • D

- **[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
- **[Dérangère et al. 2000]:** Dérangère. D., François. C., Hilaire. B et Lakel. A. « L'utilisation des eaux pluviales dans l'habitat- recherche exploratoire-». Cahiers du CSTB, N° 3301, décembre 2000.
- **[DSA 2009] :** Les dégâts et les méthodes de lutte contre la Merioneshawi, Direction Service Agricole, Khenchela, P1.

### • E

- **[Fritz.B et Zurich 3003]:** Editeur Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), CH-3003,Utilisation judicieuse de l'eau de pluie Berne, www. environnement-suisse.ch *L'OFEFP* est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC)

## Références bibliographiques

---

- **[Environment Agency 2007]:** Environment Agency. « Water resources: rainwaterreuse ». 2007. Online article from Environment Agency website:
- **[Evans et al. 2006]:** Evans. C. A., Coombes. P. J., Dunstan. R.H. « Dunstan Wind, rain and bacteria : The effect of weather on the microbial composition of roof-harvested rainwater ». Water Research, Volume 40, Issue 1, January 2006, Pages 37-44.

### • F

- **[Farreny et al. 2011]:**Farreny. R., Morales-Pinzón. T., Guisasola. A., Tayà. C., Rieradevall. J., Gabarrell. X « Roof selection for rainwater harvesting: Quantity and quality assessments in Spain ». Water Research, Volume 45, Issue 10, May 2011, Pages 3245-3254.
- **[Fewkes 1999 (a)]:** Fewkes. A. « Modelling the performance of rainwater collection systems: towards a generalised approach », Building and Environment. 1999. Vol. 1 (Issue 4): p 323-333.
- **[Fewkes 1999 (b)]:** Fewkes. A. « The use of rainwater for WC flushing: the field testing of a collection system ». Building and Environment, Volume 34, Issue 6, November 1999, Pages 765-772.
- **[Fewkes 2006]:** Fewkes. A. « The technology, design and utility of rainwater catchment systems. In: Butler ». Water Demand Management. IWA Publishing. London 2006. p 27-61.

### • G

- **[Gaagai, A 2006]:** etude hydrologique et hydrochimique du bassin versant du barrage de babar sur oued el arab region est de l'algerie. memoire magister, université de batna, 103p.
- **[Gato 2006]:** Gato. S. « Forecasting Urban Water Residential Demand » Phd thesis, RMIT University, Victoria. 2006. Australia.
- **[Ghisi et Mengotti 2007]:** Ghisi. E., Mengotti. E. « Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil » Building and Environment, Volume 42, Issue 4, April 2007, Pages 1731-1742.

## Références bibliographiques

---

- **[Gould et Nissen-Peterson 1999]:** Gould. J. &Nissen-Peterson. E. « Rainwatercatchment r systems for domestic supply: design, construction and implementation Intermediate Technology Publications, London 1999.
- **[Gouvello et al. 2010]:** de Gouvello. B., de Longvilliers. S., Rivron. C., Muller. C., Lenoir. P. «Elaboration d'un outil d'aide au dimensionnement de cuves de récupération adapté au contexte méditerranéen ». 7ème conférence internationale sur les techniques et stratégies durables pour la gestion des eaux urbaines par temps de pluie. Lyon du 27 juin au 1er juillet2010
- **[De Gouvello bernard 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. 5ème Conférence Internationale, Lyon, 7-9 juin 2004. Lyon : Edition Graie, 2004, p.863.
- **[Grant 2003]:** Grant. N. « The economics of water efficient products in the household ». Environment Agency, report EA/BR/E/STD/V1, June 2003.
- **[Guyote G 1999]:** climatologie de l'environnement ,cours et exercices corrigé Ed DUNOD, P 325.

### • H

- **[Hassell 2005]:** Hassell. C. « Rainwater harvesting in the UK – a solution to increasing water shortages? » Proc. of 12th International Conference on Rainwater Catchment Systems, New Delhi India. 2005
- **[Herman Claude 2002]:** Les risques sanitaires, maîtrise de la qualité. Journée - Débat sur la récupération – réutilisation des eaux pluviales. Conférence de l'ADOPTA, Douai, 7 février 2002. Actes de la journée-débat.
- **[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.

### • J

- **[Janny P Mars 2007]:** Utilisation des eaux pluviales et réutilisation des eaux grises en habitat résidentiel – AgroParisTech ENGREF

## Références bibliographiques

---

- [Jehan Caroline 2005]: Ingénieur, SAFEGE, Unité Hydraulique Urbaine, Nanterre. Entretien du 28 septembre 2005.

### • K

- [keddal.H, edition 2007]: guide pratique pour la recuperation des eaux pluviales au maroc., p47.
- [Khabtane.A 2010]: Contribution à l'étude du comportement éco physiologique du genre *Tamarix* dans différents biotopes des zones arides de la région de Khenchela, Mag. Univ. Mentouri, Constantine, P 183.
- [Koenig.K 2006 ]: Water Sensitive Urban Development On-the-Ground. In, Rainwater Harvesting Workshop, Calgary, 23 juin 2005.
- [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

### • L

- [Limbourg I, Van den Belt K 2012], Réglementation en matière de ressources alternatives en Flandre, Quatrièmes Assises de l'eau en Wallonie « L'utilisation des ressources alternatives en eau par les ménages : aspects environnementaux, sanitaires, techniques et socio-économiques », Namur, Mercredi 29 février 2012.
- [Latham 1983]: Latham. B. G. « Rainwater collection systems: the design of single purpose reservoirs ». MSc thesis, University of Ottawa, Canada. 1983.
- [Leggett et al. 2001(b)]: Leggett, D.J., Brown, R., Stanfield, G., Brewer, D. & Holliday, E. 2001(b). « Rainwater and greywater use in buildings: decisionmaking for water conservation ». CIRIA report PR80, London.
- [Liawet Tsai 2004]:Liaw. C. H et Tsai Y. L. "Optimum storage volume of rooftop rainwater harvesting systems for domestic use". J Am Water ResourAssoc 2004; 40(4):901–12.
- [Martinson et Thomas 2005]: Martinson. D.B. & Thomas. T. Quantifying the first-flush phenomenon. Proc. of 12th International Rainwater Catchment Systems Conference, New Delhi, India, November 2005.

## Références bibliographiques

---

- **[Munet Han 2012]:**Mun J.S et Han M.Y. « Design and operational parameters of a rooftop rainwater harvesting system: Definition, sensitivity and verification ». Journal of Environmental Management, Volume 93, Issue 1, January 2012, Pages 147-153.

### • N

- **[PARIS Patrick 2002]:** Dispositifs existants et coûts d'investissement. Journée - Débat sur la récupération – réutilisation des eaux pluviales. Conférence de l'ADOPTA, Douai, 7 février 2002. Actes de la journée-débat
- **[Perrens 1982]:**Perrens, S. « Design strategy for domestic rainwater systems in Australia ». Proc. of 1st International Conference on Rainwater Cistern Systems. Hawaii 1982 .

### • R

- **[Ragot Frédéric, 2003]:** Exemple du Lycée Saint-Exupéry sur le plateau de la Croix Rousse. La réutilisation des eaux de pluie : une solution locale à des enjeux d'agglomération. Conférence du Graie, Lyon, 12 juin 2003. Lyon : Actes de la journée du 12 juin 2003.
- **[Ramade 2003] :** Eliment d'écologie , écologie fondamentale Ed DUNOD 9ém édition paris ,1579 p.
- **[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 harvesting systems 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. URL;  
[http://sudsolutions.co.uk/phd\\_thesis.htm](http://sudsolutions.co.uk/phd_thesis.htm)

### • S

- **[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.

## Références bibliographiques

---

- **[Sazakli et al. 2007]:**Sazakli. E.,Alexopoulos. A et M. Leotsinidis « Rainwater, harvesting, quality assessment and utilization in Kefalonia Island, Greece ». Water Research, Volume 41, Issue 9, May 2007, Pages 2039-2047.
- **[Siret Frédéric 2005]:** Recyclage des eaux pluviales : une technique prometteuse à manier avec prudence. Le Moniteur des Travaux Publics et du Bâtiment, N° 5287, p78-82.
- **[Sim et al. 2005]** Sim. P., McDonald. A., Parsons. J. & Rees. P. « The options for UK domestic water reduction ». August 2005, University of Leeds, UK. URL : [http://www.geog.leeds.ac.uk/fileadmin/downloads/school/research/w\\_papers/05-3.pdf](http://www.geog.leeds.ac.uk/fileadmin/downloads/school/research/w_papers/05-3.pdf)
- **[Su et al. 2009]** : Su. M-D., Lin. C-H, Chang. L-F., Kang. J-L etLin.M-C. « A probabilistic approach to rainwater harvesting systems design and evaluation Resources », Conservation and Recycling, Volume 53, Issue 7, May 2009, pp393-399.

### • T

- **[Theo et al. 1985]:** Theo. A., Dillaha. III., William. J. « Zolan Rainwater catchment water quality in Micronesia ». Water Research, Volume 19, Issue 6, 1985, pp 741-746.
- **[Thomas 2002]:** Thomas. T. « RWH performance predictor for use with coarse (i.e.monthly) rainfall data ». Domestic Roofwater Harvesting Research Programme Report RN-RWH 04, Development Technology Unit, University of Warwick. 2002

### • V

- **[Vialle et al. 2010]:**Vialle. C, Sablayrolles. C, Lovera. M, Huau. M-C, Montréjaud-Vignoles M. « Suivi hydraulique et modélisation d'un système de récupération des eaux de pluie en aval des toitures». 4èmes Journée Doctorales en Hydrologie Urbaine -JDHU- Champs sur Marne, France. 16-17 novembre 2010.

### • W

- **[Wainwright et Mulligan 2004]:** Wainwright. J & Mulligan. M. « Environmental modelling: finding simplicity in complexity ». Environmental Monitoring and Modelling Research Group, Department of Geography, King's College London, Strand London WC2R2LS UK. 2004.

## Références bibliographiques

---

- [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
- [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.Z
- [Younssi.H.E 2009] : Epuisement de la nappe aquifère de la région de F'krina [W.Oum El bouaghi ] ; et ce répercussion sur des ressourceen eau Mémoire magistère ,Inst Géologie annaba, 124 p

### • Z

- [Zhang et al. 2009]: Zhang. Y., Chen. D., Chen. L etAshbolt. S. « Potential for rainwater use in high-rise buildings in Australian cities ». Journal of Environmental Management, Volume 91, Issue 1, October 2009, Pages 222-226.
- [Zhu et Liu.1998]: Zhu. Q. et Liu. C. « Rainwater utilisation for sustainable development of water resources in China ». The Stockholm Water International Symposium, 1998, Stockholm, Sweden.

## *Sites internet*

- [www.territoires.gouv.fr](http://www.territoires.gouv.fr) Consultés 05/2015
- [www.cnatp-pays-de-la-loire.fr](http://www.cnatp-pays-de-la-loire.fr) Consultés 05/2015
- <http://digistore.bib.ulb.ac.be/f.pdf> Consultés 05/ 2015.
- <http://www.environmentagency.gov.uk/subjects/waterres> Consultés 05/ 2015.
- [http://fr.wikipedia.org/wiki/Eau\\_pluvial](http://fr.wikipedia.org/wiki/Eau_pluvial) Consultés 05 /2015