

Les réservoirs de stockage d'eau traditionnel: caractéristiques, popularité et problèmes

[Traditional storage tanks of water: characteristics, popularity and problems]

Faissal Aziz¹⁻², Mohammed Farissi³, Jamila Khalifa¹⁻², Naaila Ouazzani¹⁻², and Laila Mandi¹⁻²

¹National Center for Research and Studies on Water and Energy,
University Cadi Ayyad, Marrakech, Morocco

²Laboratory of Hydrobiology, Ecotoxicology & Sanitation (LHEA, URAC 33),
Faculty of Sciences Semlalia, University Cadi Ayyad, Marrakech, Morocco

³Department of Biology, Faculty of Sciences and techniques-Gueliz,
University Cadi Ayyad, Marrakech, Morocco

Copyright © 2014 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In recent years water stress is increased due to the scarcity of water. Water resources are characterized by a very high sensitivity to climatic vagaries, an irregularity in time and a bad spatial distribution and a vulnerability to drought and pollution. In most developing countries, there is often an infrastructure lack of drinking water supplies, especially in rural areas. The populations of these areas resort on archaic methods in order to have a continuous source of water for their own use. In Morocco, the traditional water storage tanks are a particular water supply system, known as « *matfia* ». In fact, it considered as one of the major drinking water supplies in rural areas, to ensure a resource more at least sufficient especially during drought. These tanks are fed from rainwater and/ or directly from surface water of rivers, and this water is generally consumed by the surrounding population without any treatment. The uncontrolled water storage in such reservoirs leads to a deterioration of their quality.

KEYWORDS: water resources, rural areas, traditional reservoir, water storage, *matfia*, quality.

RÉSUMÉ: Au cours des dernières années le stress hydrique devient accru en raison de la rareté de l'eau. Les ressources d'eau sont caractérisées par une très forte sensibilité aux aléas climatiques, par une irrégularité temporelle et une mauvaise répartition spatiale et par une vulnérabilité à la sécheresse et à la pollution. Dans la plupart des pays en voie de développement, il y a très souvent un manque d'infrastructures d'alimentation en eau potable, notamment dans les zones rurales. Les populations de ces zones ont recours à des méthodes archaïques afin d'avoir une source continue en eau à leur propre usage. Au Maroc, les réservoirs traditionnels de stockage d'eau sont des systèmes particuliers d'approvisionnement en eau dans les zones rurales, dits : « *matfia* », en vue de garantir une ressource plus au moins suffisante surtout en période de sécheresse. Ces réservoirs sont alimentés par l'eau de pluie et/ ou directement à partir des eaux de rivière et l'eau est utilisée sans traitement comme par les populations environnantes. Le stockage non contrôlé des eaux dans ce genre de réservoirs entraîne une dégradation de leur qualité.

MOTS-CLEFS: ressources d'eau, zone rurale, réservoir traditionnel, stockage d'eau, *matfia*, qualité.

1 INTRODUCTION

L'obtention d'eau suffisante est une lutte quotidienne qui demande beaucoup de temps et d'énergie, particulièrement pour les femmes et les enfants [1]. L'étendue de ce problème ne fait que croître du fait de la croissance de la population, des conflits armés, de l'urbanisation et des effets prévus des changements climatiques [2], [3], [4]. En effet, un rapport de l'OMS traitant la situation de 2008, note que si 30 % de la population de la région africaine vit en milieu rural, 16% seulement y est desservie par des réseaux de distribution d'eau publique et le reste de la population a recours à des installations individuelles. Actuellement, On peut affirmer qu'une amélioration sensible est enregistrée pour le milieu urbain, alors que les populations rurales souvent majoritaires dans les pays en développement, connaissent une situation moins brillante dans leur approvisionnement en eau potable [5].

Le stockage des eaux de surface et pluviales peut être une solution alternative intéressante au manque d'eau [6], [7]. Avec la collecte et le stockage des eaux, la dépendance vis-à-vis des sources d'eau peu fiables, telles que les marigots à ciel ouvert, est réduite.

Au Maroc, l'utilisation des réservoirs d'eau de pluie domestiques est une pratique bien établie et relativement commune, en particulier dans les zones rurales et éloignées. Des milliers de familles dans les zones rurales comptent surtout sur les réservoirs d'eau de pluie pour l'eau de consommation. Cependant, dans une nouvelle perspective visant la résolution de la problématique du manque d'eau surtout dans la zone Sud, le gouvernement marocain mène actuellement des études ayant comme objectif la réalisation de bassin de rétention des eaux pluviales. En effet, à Marrakech, un bassin de stockage de l'eau pluviale d'une capacité de 20 000 m³ s'étalant sur une superficie de 4 000 m² a été récemment construit.

2 POPULARITÉ DES RÉSERVOIRS D'EAU : UN PROCÉDÉ CONTRE LA PÉNURIE

La collecte des eaux surtout de pluie est pratiquée depuis des siècles ; c'est une technologie simple et à faible coût [8]. Les eaux de pluie sont recueillies à partir des toits ou des surfaces de captage et sont stockées dans différents systèmes de stockage [9]. De par sa nature décentralisée, la collecte et le stockage des eaux permet aux populations de gérer leur propre eau au niveau du ménage et de la communauté [10]. La collecte des eaux de pluie peut être une solution plus qu'adéquate pour répondre à une grande partie des besoins en eau [11]. Elle fournit également une bonne alternative pendant les périodes de sécheresse et lorsque le niveau de l'eau baisse et que les puits s'assèchent [12], [13]. Toutefois, les précipitations étant incontrôlables, il est de toute importance, surtout dans les conditions climatiques des régions arides ou semi arides, d'utiliser le plus efficacement possible les quantités limitées d'eau de pluie [14], [15]. L'eau collectée est un complément de valeur qui serait sinon perdu du fait de l'écoulement de surface ou de l'évaporation [16], [17].

La récupération de l'eau de pluie est considérée comme une pratique traditionnelle dans certains pays. Leur usage domestique est un sujet populaire chez les chercheurs qui visent à identifier les questions clés qui doivent être abordées pour promouvoir dans le monde entier le retour à l'évolution historique de l'utilisation de réservoirs d'eau de pluie [18]. La référence [19] fait indication à la première conférence sur l'utilisation des systèmes d'eau de pluie pour l'alimentation en eau domestique à Honolulu, Hawaii en 1982 où 50 universitaires et praticiens étaient présents. Ce fut le début d'une série de conférences internationales sur la collecte des eaux pluviales ou de surface où des milliers de participants étaient présents à partir d'une section transversale très large éventail de pays, les professions et les organismes de défense des droits [18].

En outre, la référence [20] a déclaré que dans de nombreuses régions d'Australie, la pluie était la seule source d'eau utilisée simultanément à des fins domestiques ou autres. Il a également observé que les habitants du Queensland étaient enclins à utiliser l'eau de pluie en parallèle avec de l'eau du réseau. Ils ont également utilisé l'eau de pluie à des fins de consommation. A l'instar d'autres techniques décentralisées, le stockage d'eau réapparaît aujourd'hui en milieu urbain sous une nouvelle forme plus sophistiquée en faisant appel à des technologies et des savoirs élaborés qui permettent de la qualifier de rétro-innovation[21], au sens proposé par [22]. Progressivement, les installations de récupération et d'utilisation de l'eau de pluie constituent un système d'approvisionnement en eau parallèle, complémentaire plus qu'alternatif au réseau d'eau potable centralisé [23].

Dans ce sens, la collecte des eaux pluviales et/ ou de surface est un excellent outil qui, avec une utilisation correcte, pourrait considérablement réduire la pression continue sur les bassins versants [9], [15], [24]. Afin d'utiliser les ressources et soutenir les pratiques agricoles, diverses technologies ont été mises en œuvre pour exploiter l'eau de pluie. Les techniques actuellement employées sont les fosses d'infiltration, les billons, et l'utilisation de canaux de collecte des eaux de ruissellement [25].

La collecte des eaux est une pratique ancienne qui remonte à plus de 3000 ans. Dans le monde entier, la popularité de collecte des eaux pluviales est croissante [24], [26], [27], [28].

3 LES DIFFÉRENTS TYPES DE SYSTÈMES DE STOCKAGE

3.1 LES SYSTEMES DE STOCKAGE DES EAUX DE PLUIE

La référence [29] rapportent en 2002, que les « magden » en Algérie, « matfya » dans le Rif ou « lavogne » en France sont des mares creusées à ciel ouvert de quelques dizaines de m³ qui stockent le ruissellement d'une piste ou d'un court impluvium (caillouteux ou encroûté et tassé), pour assurer l'abreuvement du bétail. Avec une mare de 80 m³, il fut possible dans la région de l'oued Mina en Algérie d'entretenir 40 moutons et une famille et d'irriguer un petit jardin fruitier dans des collines marneuses recevant 300 mm de pluie par an. Le plus gros problème est de réduire l'apport de sédiments et de maintenir la qualité des eaux en tenant le bétail hors de la mare.

Les citernes cimentées ; Les romains et les arabes ont construit un bon nombre de citernes enfouies dans le sol, captant les eaux du toit (Mazets de Montpellier) ou d'un impluvium rocheux (citerne Telman près de Gabès en Tunisie). La référence [30] a étudié 51 citernes enfouies (aljibes) dans la province d'Almeria (Espagne). Ce système est encore viable de nos jours pourvu que la citerne et le volume ruisselé soit suffisant pour remplir la citerne (>60 m³).

Réservoir en ferrociment ; Le réservoir en ferrociment est un des types de stockage construits au-dessus du sol, dont la technologie est vieille de 30 ans ou plus. La combinaison du mortier avec de l'acier vise à donner un cadre solide qui supporte le poids de l'eau ainsi que les effets de dilatation ou de rétraction dus aux changements des conditions climatiques. Les réservoirs en ferrociment dans le cadre du Programme RAIN pour l'Afrique de l'Ouest ont une capacité allant de 10 000 à 14 000 litres et sont, pour la plupart, construits au niveau des ménages.

Réservoir en pierres taillées ; Ce type de réservoir permet d'avoir une capacité de stockage à près de 60 m³ ou plus. Ce type de réservoir est fait de grosses pierres et de ciment. Ceci lui donne un cadre solide, et est dans la plupart des cas relativement facile à construire. Ces réservoirs stockent les eaux écoulées du toit et sont principalement construits près des infrastructures communautaires telles que les écoles ou les centres de santé.

Le réservoir souterrain ; La principale partie de ce réservoir est construite dans le sol. Un mur d'environ 90 cm de hauteur muni d'une couverture est visible en surface. Ces réservoirs peuvent être soit de forme circulaire, soit de forme rectangulaire et peuvent stocker jusqu'à 60000 litres d'eau de pluie.

3.2 LES SYSTEMES DE STOCKAGE DES EAUX DU RUISSÈLEMENT DANS LA VALLEE

Construction de terrasses étroites dans l'oued ; Dans les zones semi-arides où il est difficile de cultiver les versants, des haies vives sont implantées en bordure de l'oued pour ralentir la vitesse du courant, capter les eaux et leur charge en sédiments pour construire progressivement un jardin de saison sèche alimentant une « séguia » (canal courant le long de la colline pour irriguer une terrasse en aval). Ces haies sont constituées de cannes de Provence, divers peupliers, saules, frênes, tamaris, eucalyptus et lauriers roses, carex et joncs.

Les jessours ; Dans les zones arides du sud de la Tunisie, des digues en terre sont construites en série dans les vallées pour capter le ruissellement et sa charge solide en vue de construire une suite de terrasses plantées progressivement en arbres fruitiers (palmiers, figuiers et oliviers), en céréales et légumineuses [31].

Limans ; il s'agit d'une digue barrant une tête de vallée dans le Néguev pour intercepter les rares crues. La culture est organisée en amont dès que l'infiltration du ruissellement est complète [32].

Des barrages collinaires sont construits pour récolter le ruissellement qui sera redistribué pour l'irrigation de petites terrasses en aval, ou pompée sur les bords [33].

3.3 CONCEPTION DES RESERVOIRS DE STOCKAGE

Le réservoir de stockage de l'eau représente généralement le plus gros investissement d'un système domestique de collecte des eaux. Il faut donc bien réfléchir à sa conception pour assurer une capacité de stockage optimale et une solidité structurelle tout en maintenant les coûts à un niveau le plus bas possible [34]. Pour le stockage de l'eau à très petite échelle, dans les pays en voie de développement, on utilise des cuvettes et des seaux en plastique, des jerrycans, des pots en terre ou en céramique, de vieux barils de pétrole ou des récipients alimentaires vides.

Pour stocker de plus grandes quantités d'eau, il faut disposer d'un réservoir posé sur le sol ou enterré. Sa taille peut varier d'un mètre cube (1 000 litres) à des centaines de mètres cubes pour les grands réservoirs. Pour les systèmes domestiques au niveau des ménages, la taille varie de 10 à 30 mètres cubes et pour les systèmes au niveau des communautés ou des écoles,

elle est de 50 à 100 m³, en fonction naturellement du cycle des précipitations locales tout au long de l'année [35]. Les réservoirs ronds sont généralement plus solides et nécessitent moins de matériau que les réservoirs carrés, pour la même capacité de stockage.

4 LES RÉSERVOIRS DE STOCKAGE D'EAU AU MAROC : ALTERNATIVE CARACTÉRISTIQUE DU MILIEU RURAL

Depuis son indépendance, le Maroc a multiplié la production d'eau potable annuelle par dix, passant de 80 millions de m³ en 1956 à près de 800 millions de m³ actuellement. Toutefois, une large disparité persiste encore entre les secteurs urbain et rural dans ce domaine.

La population totale du Royaume du Maroc représentait lors du dernier recensement général en 2012 : 32,5 millions d'habitants dont 41,4% vivants en milieu rural [36]. Ce dernier taux n'a cessé de décroître, puisqu'il représentait 70 % en 1960, 65 % en 1971 pour tendre vers 36% en 2030. Cette baisse accompagnant généralement le développement des nations est aussi synonyme au Maroc d'un fort exode rural vers les villes, avec des retombées négatives qui en découlent. Par conséquent, la population rurale du Maroc croissant au rythme annuel de 1,06 % était répartie en 2000 entre 1,86 millions de ménages de plus grande taille en 2009 regroupant 11,7 millions d'habitants.

Les eaux de surface au Maroc constituent donc un apport non négligeable pour le développement durable de l'agriculture, de l'élevage et de l'industrie dans le pays. Elles permettent également en temps de pluviométrie normale, la réalimentation de certaines nappes aquifères et surtout la préservation de l'équilibre de l'écosystème. En plus, elles sont susceptibles d'être utilisées comme eaux potables et eaux d'irrigation. C'est le cas des rivières de l'Atlas qui jouent un rôle très important comme source principale d'eau de stockage pour la population locale.

4.1 DIFFICULTÉS DES ZONES RURALES

4.1.1 DISPERSION DE L'HABITAT

Au Maroc, la population rurale est répartie sur près de 32 000 douars de moins de 500 habitants. Dans certaines régions, les douars eux-mêmes sont «éclatés» en plusieurs groupes d'habitations pouvant aller jusqu'à une dispersion totale de l'habitat. Dans ces conditions, tout système public de desserte en eau courante ne pourrait être réalisé qu'au prix de grands investissements et de frais de fonctionnement et de maintenance élevés.

4.1.2 DIFFICULTÉS DE GESTION ET DE MAINTENANCE

Des fréquentes inadaptations des équipements, le manque d'organisation et de structures, en mesure d'assurer convenablement les tâches de gestion et de maintenance sont à l'origine de difficultés notoires. Il faut aussi rappeler et souligner que le concept de gratuité de l'eau qui différencie fondamentalement le monde rural du monde urbain est encore trop souvent un frein, au niveau individuel, à la prise en charge de la gestion et de la maintenance de la gestion des équipements dès lors que leur niveau technologique l'impose.

4.1.3 REPARTITION INEGALE DES RESSOURCES EN EAU

Du fait que 85 % des ressources en eau du pays se trouvent sur 1/3 de son territoire, la desserte en eau des populations rurales des régions déficitaires nécessiterait le recours à des transferts d'eau sur de longues distances et par conséquent la réalisation de projets onéreux et difficilement gérables par les collectivités locales.

Par ailleurs, les régions sans extension suffisante de nappes souterraines ne comptent que sur des sources parfois temporaires, même si les précipitations annuelles sont relativement abondantes, comme dans le Rif par exemple.

4.1.4 DIFFICULTÉS ORGANISATIONNELLES

La multiplicité des intervenants et l'insuffisance de coordination ne favorisent pas un développement rationnel du secteur. Le plus souvent cela se traduit par une faible valorisation des actions entreprises et même une déperdition des efforts consentis.

4.1.5 FAIBLESSE DES INVESTISSEMENTS

La dépense per capita lors du plan 1981-1995 pour l'eau potable est de l'ordre de 100 DH/an pour un citoyen alors qu'elle est au moins 10 fois plus faible pour un habitant rural.

Face à ces difficultés, la majorité de populations rurales stockent des eaux de pluie et/ou de surface dans des réservoirs nommés par ces populations «*matfia*», dont ils utilisent ces eaux pour différents usage.

4.2 RESERVOIRS DE STOCKAGE D'EAU OU « *MATFIA* » ; UNE RESSOURCE ANTIQUE

4.2.1 DÉFINITION DE MOTS « *MATFIA* »

Selon le dictionnaire Le français au Maroc « *MATFIA, MATFYA ou METFIA*. L'eau : une eau de *matfia* rouge poussière...On la fait bouillir, on la rend potable à notre gout. (L'Opinion, 14/04/92) ». Un réservoir, naturel ou construit par l'homme, contient de l'eau et possède des berges (*bund*) en terre (Fig.1). Les rivières, l'eau de pluie des bassins hydrographiques ou l'eau de pluie qui s'accumule dans les aires à battre (Fig.2), s'écoulent dans le réservoir. Les aires à battre sont des surfaces empierrées ou en terre battue (en arabe, on utilise le mot *nader* ou encore *anrar* (en amazigh)), il pouvant prendre une forme circulaire mais il peut être aussi rectangulaire. C'est un endroit où les paysans locaux séparent et traitent leur cultures ; ils séparent les semences céréales (blé, orge, avoine...) de leurs pailles traditionnellement (par l'âne). Les aires à battre sont établies, le plus souvent, à proximité des habitations dans un endroit où elles sont bien exposées au vent. En plus, ces aires à battre jouent un rôle important dans la collecte des eaux pluviales dues à leur forme bien aménagée. En conséquence la population les connecte à leur réservoir de stockage pour l'alimenter.



Fig.1 : Chaîne de citernes sur un versant de l'Anti-Atlas occidental (photo d'HUMBERT 2009).



Fig. 2: Alimentation des matfias par l'eau pluviale qui tombe sur les aires à battre dans l'Anti-Atlas occidentale (photo d'HUMBERT 2009).

Les réservoirs simples, d'une superficie inférieure à 40 m³, sont alimentés par les précipitations et ont une faible capacité de stockage. Les réservoirs complexes sont alimentés par l'eau des rivières et l'écoulement des eaux de pluie à travers des barrages de diversion, des canaux d'alimentation et les flux de surface. Ils peuvent être reliés en cascades où l'eau d'un réservoir supérieur se déverse dans un réservoir inférieur.

4.2.2 CONFIGURATION DES RÉSERVOIRS

Selon la référence [37], il y avait de nombreuses façons par lesquelles les réservoirs d'eau pourraient être configurés (tôles ondulées, béton). Le matériau et la conception des murs d'une citerne doivent lui permettre de résister à la pression extérieure du sol et des eaux souterraines lorsque la citerne est vide. Les racines des arbres risquent aussi de l'endommager. Il est donc de toute importance de bien choisir l'emplacement de la citerne. En l'installant en partie au-dessus du niveau du sol et largement au-dessus du niveau de la nappe phréatique, on évitera les problèmes causés par une montée de l'eau de la nappe phréatique et le passage de camions, qui risqueraient d'endommager la construction souterraine. Des matériaux locaux comme le bois, le bambou et l'osier pourraient remplacer l'acier pour renforcer les citernes en béton. Une citerne souterraine doit être munie d'un dispositif permettant de puiser l'eau : une pompe ou un seau et une corde. Pour éviter toute contamination de l'eau stockée, le dispositif doit être sain et il faut l'entretenir et le nettoyer régulièrement [38].

Il y a deux catégories de réservoirs : les réservoirs de surface et ceux qui sont enterrés (citernes), les premiers étant plus souvent utilisés pour la collecte de l'eau des toits. Les réservoirs de surface sont généralement en métal, en bois, en plastique, en fibre de verre, en briques, en blocs qui s'emboîtent, en blocs de terre ou de gravats compressés, en ciment ou en béton armé. Le choix du matériau dépend de sa disponibilité localement et du budget dont on dispose. Dans la plupart des pays on trouve facilement des réservoirs en plastique de volumes variés. Les réservoirs de surface sont généralement plus chers que les citernes, mais ils sont plus durables ; ils doivent aussi être munis d'un robinet permettant de se servir en eau.

5 LA "MATFIA" UNE CONSTRUCTION SYMBOLE DE LA POPULATION D'ATLAS MARROCAIN

Au Maroc, l'utilisation des réservoirs d'eau de pluie (appelés « *Matfia* ») pour l'approvisionnement en eau est une pratique bien établie et relativement commune, en particulier dans les zones rurales et isolées (Fig.3). Mais il n'existe aucune statistique les concernant.



Fig.3 Photos des matfias à la vallée Assif El Mal (région de Marrakech).

De nombreuses techniques ont été développées par des générations de la population d'Atlas mal pour rendre plus productif un milieu jugé ingrat. Parmi celles-ci, on trouve *tinoutfay* (sing. *tanoutfi*), *matfia* en arabe. Ce sont ces ouvrages ingénieux bien connus de la montagne atlasique qui permettent la collecte des eaux pluviales. De part sa nature hydrographique et l'absence de sources, le Haut et le Moyenne Atlas est avant tout un pays de citernes de toutes les formes et dimensions possibles. Ces réservoirs sont le symbole de l'adaptation et de la fixation de ces populations dans ces milieux jugé aride.

La forme de ces *tinoutfay* n'a certainement pas changé depuis leur mise en place mises à part quelques améliorations qui ont été apportées notamment grâce à l'utilisation du ciment comme enduit.

Les constructeurs ont cherché et préféré ici épouser au plus près la topographie du terrain, ce qui leur permet vraisemblablement une meilleure récupération et un stockage des eaux pluviales de ruissellement qui dévalent les versants comme peuvent en témoigner les différentes canalisations d'alimentation de ces ouvrages. Les façades extérieures de ces *matfias* sont intégralement construites selon la technique de la pierre sèche, employant le matériau calcaire disponible sur place, avec un induit intérieur [39].

La vie peut alors se poursuivre pendant parfois les trois mois d'été sans pluie, grâce à ces réserves dont on use avec parcimonie. Le besoin en eau devait se faire cruellement sentir pour qu'il pousse ces montagnards à mettre en place ces réservoirs sur des pentes aussi ingrates et caillouteuses. Sans doute, la population ont refait aussi beaucoup plus nombreuse que de nos jours. Elles sont relativement coûteuses en énergie dans la mesure où elles exigent, par rapport à celles établies dans les plaines, un travail supplémentaire de défoncement, de nivellement, de transport surtout quand l'on sait qu'elles ont été mises en place à une époque où tous les travaux étaient faits manuellement. Chaque famille paysanne en possède une au moins. Un habitant a signalé que même la mosquée du village a sa propre citerne.

Les éléments qui composent ces réservoirs construits sont absolument semblables à ceux que l'on trouve en si grand nombre sur toute cette partie occidentale de Haut-Atlas marocain, tant par leurs matériaux de construction, leurs dispositifs d'alimentation ou de puisage, que par leurs petits bassins de décantation aménagés juste à l'entrée du réservoir.

Ces *matfias*, de formes rectangulaires et en partie enterrées et taillées dans les affleurements de calcaires, ont été construites, entièrement en pierres sèches du même calcaire. Comme le met très clairement en évidence la photographie ci dessous, dans leur logement, les petites pierres sont simplement calées les unes par les autres sans être fixées par aucun mortier. Seuls le sol et les parois latérales sont rendus étanches à l'intérieur, soit par de l'argile soit par un enduit de chaux ; pour toutes celles que l'on entretient ou on restaure aujourd'hui, on utilise de plus en plus le ciment. Le plafond n'est pas enduit, par contre le toit de la *matifia* l'est et c'est d'ailleurs le ciment que l'on utilise le plus souvent aujourd'hui ; la figure 4 présentée ci-dessous peut en témoigner comme il met aussi en évidence les différents éléments qui composent une citerne [40].



Fig.4 Détail d'une citerne (tanoutfi) et ses composantes.

Tout le dispositif technique pour la mise en place d'une *tanoutfi* est présenté sur cette photographie (Fig.3). L'essentiel de ce procédé est constitué par la citerne elle-même, c'est-à-dire ce réservoir en partie enterré et construit entièrement en pierres sèches qui sert au stockage de l'eau de pluie. Nous reviendrons plus loin sur les dimensions de ces bassins. Le toit de ces citernes, en partie visible sur la photo, est formé par des blocs de calcaires allongés et dont les deux murs latéraux sont l'assise. L'enduit d'étanchéité en ciment couvre toute la surface du toit. Celui-ci est percé par un voire deux trous de formes carrés (parfois circulaires) de puisage que l'on ferme hermétiquement et que l'on n'ouvre que pour puiser de l'eau, au fur et mesure des besoins domestiques, à l'aide d'un seau, souvent en métal, attaché à une corde. Dans d'autres cas, notamment pour les citernes très éloignées des habitations, cette ouverture est souvent protégée par une trappe en fer, fermée par un cadenas pour empêcher les vols d'eau. Le toit est souvent construit avec une petite contre-pente vers l'amont et essentiellement convergente vers le trou de puisage, probablement pour fournir un apport d'eau supplémentaire : tous les moyens sont bons dans une zone où des mois passent sans une goutte d'eau. Une ouverture suffisamment large, souvent bouchée par du jujubier soutenu par de petites pierres calcaires, est pratiquée sur une des parois de la citerne pour permettre l'arrivée de l'eau. Certes, la photographie ne le montre pas, mais cette citerne est aussi équipée d'un orifice de sortie appelé localement *talkhrajt*, une sorte d'évacuateur ménagé dans la paroi inférieure à l'opposé de l'orifice d'alimentation. Il est destiné, une fois la citerne remplie, à l'évacuation du trop-plein. Pour recueillir une eau très pure et empêcher l'entrée de dépôts solides grossiers ou des animaux dans la *tanoutfi*, la solution la plus simple adoptée par ces paysans est celle de placer du jujubier comme une sorte de « grillage ». Cet orifice d'alimentation est complété, en amont juste à l'entrée de la citerne, par un petit bassin de décantation appelé localement *tassfait**, littéralement cela veut dire « passoire » ; comme on peut le voir sur la photo, il s'agit d'un simple petit creux à ciel ouvert aux parois cimentées. Il permet le dépôt des éléments les plus grossiers et les plus fins. De ce petit bassin, lui-même, se détache un canal dit *assarou* (*majlab* en arabe) qui sert à ravitailler la citerne à partir d'un *impluvium* plus ou moins aménagé. Il est constitué par une simple ligne de pierres entre lesquelles il y a un remplissage de terre et de petits cailloux. L'*impluvium* constitue le premier dispositif de la technique de la citerne [39].

Les dimensions des *matfias* sont variables : de quelques mètres cubes à plusieurs dizaines de m³ parfois. Pour celles observées au site d'étude, il s'agit des réservoirs d'environ 4 à 5 m de longueur, 2 à 4 m de largeur, et de 3 à 4 m de profondeur. La contenance varie ainsi, de 20 à 80 m³. La hauteur de la partie non enterrée et élevée au-dessus du niveau du sol est de 20 à 80 centimètres. L'ouverture d'entrée de l'eau est d'environ quinze centimètres. L'orifice circulaire de puisage a environ 50 centimètres de diamètre.

D'autres citernes, de même type, mais beaucoup plus vastes et beaucoup plus profondes ont une longueur de 6 à 10 m et une largeur de 3 à 5 m. La profondeur, quant à elle, varie de 4 à 6 m. Le volume ainsi calculé sur cette base varie de 72 à 300 m³. Ces citernes de grand calibre appartiennent à la collectivité dont les membres se partagent l'usage de leur eau et

participent tous à leur entretien. Il est à signaler que, à la différence d'autres citernes, celles-ci, même si elles sont profondes, ne sont équipées d'aucun escalier permettant leur curage. Celui-ci se fait en descendant dans la *matfia* par l'orifice de puisage, à l'aide d'une corde.

L'alimentation se fait directement par une séguia secondaire tracée dans le sens de la pente, qui permet de faire dévier une partie des eaux captées par la séguia principale vers les réservoirs (Fig.5).

Comme le met très bien en évidence la photographie ci-dessous, chaque séguia secondaire prend son origine à l'ouverture faite sur la séguia principale. Afin d'éviter l'érosion ravinant et capter le plus d'eau possible, la séguia déversant est armée d'une couche de gros galets que fournit le lit de la rivière.

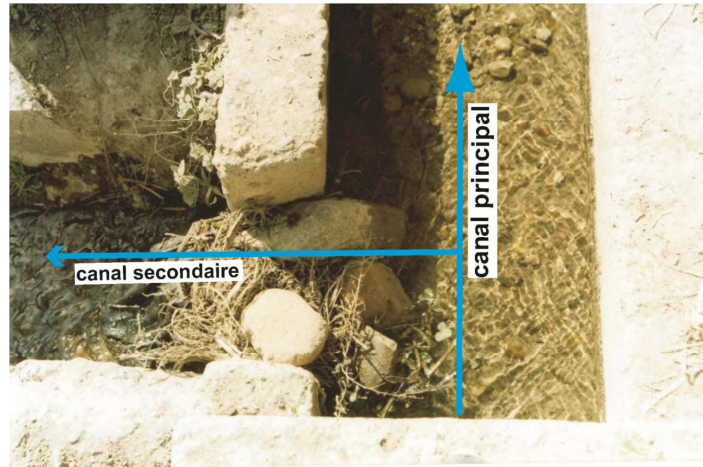


Fig.5 Détail de la séguia principale et son ouverture sur le canal secondaire.

6 LÉGISLATION LOCALE DE MISE EN PLACE DU MATFIA ET DE L'APPROVISIONNEMENT EN EAU

En ce qui concerne l'utilisation de ces *matfia*, tout dépend de leur régime juridique. En effet, les plus petites construites individuellement, sont à statut *melk* c'est-à-dire appropriées ; l'utilisation peut alors en être privée et chaque propriétaire utilise et puise l'eau de sa citerne comme bon lui semble. D'autres citernes sont *jmaâ*, c'est-à-dire qu'elles appartiennent à des communautés de *douar(s)*, elles sont souvent l'œuvre des autorités locales. Dans ce cas, l'eau est partagée entre tous les ayants droit équitablement, comme cela se fait d'ailleurs pour l'eau d'irrigation dans les *bled(s) séguia(s)*. On ne fait appel à aucune main-d'œuvre spécialisée pour l'établissement des *matfias* au moins pour la partie forage qui est faite par les propriétaires et les paysans eux-mêmes ; le creusement est fait par des moyens ancestraux à savoir le marteau, le burin, la houe, la pioche, la corde et le panier traditionnelle pour évacuer les déblais [39].

Toutes les pierres nécessaires à la mise en place de la citerne sont extraites des terres *melk* du propriétaire de la citerne en question. Une fois que cette première opération est achevée, pour la construction des parois de la citerne, les propriétaires font appel à un artisan que l'on appelle *maâlem*. Celui-ci à la charge d'élever les murs de la citerne et le toit. Les murs, une fois terminés sont revêtus, également par cet artisan, d'un enduit de couleur ocre obtenu en délayant dans l'eau un mélange de terre grise et de terre rouge.

Après la mise en place de la *matfia*, ainsi que des différents aménagements qui lui sont associés, tout un travail d'entretien et de restauration de tout le dispositif, allant de la citerne à l'*impluvium*, est nécessaire pour sa survie et son bon fonctionnement. Une fois stockée, l'eau ne fait jamais l'objet d'un quelconque traitement, mis à part que l'on y verse parfois une petite quantité d'eau de javel pour la désinfecter. Ces *matfias* sont un autre exemple de l'occupation et de l'aménagement des pentes du Haut-Atlas. Il est vrai qu'elles n'ont pas été établies à des fins agricoles, mais c'est grâce à elles qu'une population s'est maintenue dans cette région ingrate, car la seule eau disponible pour ces communautés villageoises est l'eau de ruissellement recueillie dans ces remarquables ouvrages.

7 QUALITÉ DES EAUX STOCKÉES

Les sources traditionnelles d'eau sont souvent situées à une certaine distance de la communauté. Lorsque la collecte et le stockage de l'eau se font près des lieux d'habitation, les réserves d'eau sont plus accessibles et plus pratiques à utiliser, ce qui

a des répercussions positives sur la santé [41]. Ce système renforce également le sens de la propriété. L'une des préoccupations majeures de collecte des eaux pluviales est la crainte alléguée sur la qualité de l'eau stockée dans le réservoir. De nombreuses études consacrées à la pollution des eaux de stockage, menées depuis 1970, ont confirmé l'importance de cette pollution et son impact sur les milieux aquatiques [42], [43], [44]. La récolte et l'utilisation des eaux de pluie sont considérées comme très attrayantes en l'absence des contaminants et de pollution. Diverses sources de pollution extérieures (par exemple, les micro-organismes pathogènes ou de contaminants chimiques) ont le potentiel d'influencer la qualité d'eau de pluie [40], [45], [46], [47], [48]. Les impacts de (1) la propreté et de l'âge des bassins, le réservoir de stockage, les canalisations et (2) les conditions atmosphériques contribuent chacun à la qualité d'eau récoltée [45], [46], [47].

La qualité des eaux récoltées peut être affectée par plusieurs facteurs. Les principaux facteurs qui affectent la qualité de l'eau sont l'emplacement (Fig.6) et le climat ainsi que la nature du système de captage [49]. Le lieu influe sur la qualité de l'eau de la pluie, par exemple si la zone est sujette aux pluies acides ou s'il ya une grande quantité de pollution dans le bassin versant local. La qualité des eaux de pluie récoltée est également affectée par le matériel sur le toit. Pour les clients résidentiels et commerciaux des eaux de pluie, les matériaux de toiture peuvent devenir une source sérieuse de la pollution diffuse [46]. La qualité de l'eau est également affectée par la pollution de l'air et la contamination potentielle de l'eau sur le toit par des plantes ou des animaux [47]. Dans l'État de Virginie, il ya eu quelques études qui décrivent la qualité de l'eau de pluie. Une étude des citernes [50] a montré que seulement cinquante pour cent des citernes échantillonnées répondent aux normes fédérales de l'eau potable. La plupart de ces citernes ont échoué en ce qui concerne la contamination des coliformes totaux. Ces citernes ont également été analysées en fonction de contamination possible avec plus de 30% à moins de 200m d'un système de fosse septique. Lorsqu'elle est correctement entretenue, il est prévu que la contamination des citernes peut être beaucoup plus faible que celle observée dans l'étude.



Fig.6 Photos des matfias entourée par des déchets à la vallée Assif El Mal (région de Marrakech).

Les polluants déposés sur les toits peuvent contaminer l'eau stockée et provoquer une accumulation de sédiments dans le réservoir de stockage [51], [52]. La perception générale est que le mauvais entretien des systèmes de récupération d'eau de pluie peut conduire à une contamination microbienne par des bactéries, virus et protozoaires, ainsi qu'une contamination chimique. En général, toute bassin sur le toit sera contaminé par des excréments de poussière, de matières organiques, d'oiseaux et d'animaux et de polluants provenant des activités humaines[45], [52]. Cela diversifie les risques de contamination de ces ressources en eau qui peuvent être soit chimique et/ ou microbienne [40], [53], [54].

8 CONCLUSION

Les populations des pays en développement sont alimentées en eau grâce à la connexion au réseau d'adduction, aux bornes fontaines, aux forages, puits et sources, ou utilisent des méthodes archaïques d'approvisionnement en eau à savoir le stockage des eaux de pluie ou de surface dans des citernes traditionnelles. Ce travail a porté sur une source d'eau alternative ou complémentaire au même titre que les technologies d'alimentation en eau plus conventionnelles. Il s'agit de stockage traditionnel des eaux pluviales et de surface. Les eaux des réservoirs de stockage des eaux ou *matfia* constituent une ressource précieuse très sollicitée par les populations rurales au Maroc. Ces eaux sont exploitées directement pour l'alimentation des populations locales, l'abreuvement de leur bétail et pour le développement de diverses activités domestiques. Du fait de la présence anthropique et des activités qui en découlent, les eaux de *matfia* sont continuellement

exposées aux différentes sources de pollution domestiques liquides et solides. Ceci peut conduire à des graves problèmes de santé publique, dont la propagation des maladies hydriques. Plusieurs études ont démontré l'importance des facteurs comportementaux individuels sur la qualité de l'eau stockée. Ainsi, beaucoup de chercheurs ont observé que le stockage de l'eau mène à une détérioration de la qualité de l'eau à cause de sa contamination dans leur réservoir.

REMERCIEMENTS

Ce travail est supporté par le Pôle de compétences Eau et Environnement (PC2E) et le Projet Européen SOWAEUMED (Network in Solid Waste and Water Treatment between Europe and Mediterranean Countries, Contract N° 245843) FP7.

REFERENCES

- [1] L. Sharmila, J.D. Murthy and MPA, "The Human Right(s) to Water and Sanitation: History, Meaning, and the Controversy Over-Privatization", *Berkeley J. Int'l Law*. Vol.31, no.1, pp. 89-147, 2013.
- [2] E. Ghisi, A. Montibeller and R.W. Schmidt, "Potential for potable water savings by using rainwater: An analysis over 62 cities in southern Brazil". *Build. Environ.* vol. 41, pp. 204-210, 2006.
- [3] E.L. Villareal, and A. Dixon, "Analysis of a rain water collection system for domestic water supply in Ringdansen, Norrköping, Sweden". *Build. Environ.* vol. 40, pp. 1174-1184, 2005.
- [4] J.S. Mun, and M.Y. Han, "Design and operational parameters of a rooftop rainwater harvesting system: definition, sensitivity and verification", *J. Environ. Manage*, vol. 93, pp. 147-153, 2012.
- [5] Y. Sun, F. Asante, R. Birner, "Opportunities and Challenges of Community Based Rural Drinking Water supplies: An Analysis of Water and Sanitation Committees in Ghana. International Food Policy Research Institute, Sustainable Solutions for Ending Hunger and Poverty", Environment and production technology division, 2010
- [6] E. Ghisi, A. Montibeller and R.W. Schmidt, "Potential for potable water savings by using rainwater: An analysis over 62 cities in southern Brazil.", *Build. Environ.* vol. 41, pp. 204-210. 2006
- [7] E. Eroksuz, and A. Rahman, "Rainwater tanks in multi-unit buildings: a case study for three Australian cities", *Resour. Conserv. Recy.*, vol. 54, pp. 1449-1452, 2010.
- [8] B.P. Mbilyinyi, S.D. Tumbo, H.F. Mahoo, E.M. Senkondo, and N. Hatibu, "Indigenous knowledge as decision support tool in rainwater harvesting", *Phys.Chem. Earth, Pts. A/B/C. Integrated Water Resources Management (IWRM) and the Millennium Development Goals. Managing Water for Peace and Prosperity*, vol. 30, no. 11-16, pp. 792-798, 2005.
- [9] L. Fewtrell, R.B. Kaufmann, D., Kay, W. Enanoria, L. Haller, J.M. Colford, "Water, sanitation, and hygiene interventions to reduce diarrhoea in less developed countries: a systematic review and meta-analysis", *Lancet Infect. Dis.*, vol. 5, no.42-52, 2005.
- [10] J. Clarke, and R. Brown, "Understanding the factors that influence domestic water consumption within Melbourne", *Australian Journal of Water Resources*, vol. 10, no. 3, pp. 261-268, 2006.
- [11] P.J. Coombes, G. Kuczera, et al. "Rainwater quality from roofs, tanks and hot water systems at Figtree Place", 3rd International Hydrology and water Resource Symposium, pp.1042-1047, Perth, Australia, 2000.
- [12] E. Ghisi, and D.F. Ferreira, "Potential for potable water savings by using rainwater and greywater in a multi-storey residential building in southern Brazil", *Building and Environment*, vol. 2512, pp. 22-42, 2007.
- [13] M.P. Jones, and W.F. Hunt, "Performance of rainwater harvesting systems in the southeastern United States", *Resour. Conserv. Recy.*, vol. 54, pp. 623-629, 2010.
- [14] C. Howe, R. N. Jones, S. Maheepala, and B. Rhodes, "Melbourne Water Climate Change Study - Implications of Potential Climate Change for Melbourne's Water Resources", Melbourne, Australia, CSIRO Urban Water and Climate Impact Groups, Melbourne Water, 2005.
- [15] A. Rahman, J. Keane, MA. Imteaz, "Rainwaterharvestingin GreaterSydney: Watersavings, reliability and economic benefits", *Resources, Conservation and Recycling*; 61(0):16-21. rainwater harvesting" *Rainwater and Urban Design 2007*" Sydney, 21 - 23, 2007.
- [16] A. Khastagir, and N. Jayasuriya, "Optimal sizing of rain water tanks for domestic water conservation", *Journal of Hydrology*. Vol. 381, no. 3-4, pp. 181-188, 2010.
- [17] Z. Li, F. Boyle, and A. Reynolds, "Rainwater harvesting and greywater treatment systems for domestic application in Ireland", *Desalination*, vol.260, pp. 1-8, 2010.
- [18] N. Pathak and H. Heijnen, "Rainwater Harvesting and Health Aspects-Working on WHO guidance", pp. 13, 2004.
- [19] J. Gould, "Contributions relating to rainwater harvesting", Contributing paper for the World Commission on Dams, for the thematic review assessment of water supply options, 1999.

- [20] T. McAlister, "Stormwater Reuse – a balanced assessment" Proceedings of 4th Regional Conference on Stormwater Management, Homebush Bay, 26–28 April, Stormwater Industry Association, Sydney, 1999.
- [21] B. Gouvello, "La gestion durable de l'eau : gérer durablement l'eau dans le bâtiment et sa parcelle", Livre guide pour bâtir le développement durable. Editions CSTB, pp 130, 2010.
- [22] T. Poujol, "Le développement de l'assainissement par dépression un réseau urbain retrouve", Thèse présentée à l'école nationale des ponts et chaussées, 1990.
- [23] O. Coutard, and J. Rutherford, "Les réseaux transformés par leurs marges : développement et ambivalence des techniques décentralisées", vol. 2, no. 76-77, p. 6-13, 2009.
- [24] W. Van Der Hoek, F. Konradsen, JH. Ensink, M. Mudasser, PK. Jensen, "Irrigation water as a source of drinking water: is safe use possible?" *Trop Med Int Health*, vol.6, pp. 46-54, 2001.
- [25] E. Kudakwashe, Motsi, Edward Chuma., B. Billy Mukamuri, "Rainwater harvesting for sustainable agriculture in communal lands of Zimbabwe", Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, Vol. 29, no. 15-18, , Water, Science, Technology and Policy Convergence and Action by All (A Meeting Point for Action leading to Sustainable Development), pp.1069-1073, 2004.
- [26] M. Osava, "Brazil: 100,000 rooftop rainwater tanks down, 900,000 to go" Global Information Network, New York September 13, 2005.
- [27] C. Daily "Time to save rainwater", North American addition, New York, April 13, 2006.
- [28] H. Krishna, "Development of alternative water resources in the USA: progress with Information Network, New York September, 13, 2005.
- [29] E. Roose and M. Sabir, "Stratégies traditionnelles de conservation de l'eau et des sols dans le bassin méditerranéen : classification en vue d'un usage renouvelé", Roose Eric (ed.), Sabir M. (ed.), De Noni Georges (ed.). Techniques traditionnelles de GCES en milieu méditerranéen, *Bulletin - Réseau Erosion*, vol. 21, pp. 33-44, 2002.
- [30] E. Van Wesemael, J. Poesen, A. Solé Benet, L. Carabarrionuevo, J. Puigdefabregas, "Collection and storage of runoff from hillslopes in a semi-arid environment : geomorphic and hydrologic aspects of the aljibe system in Almeria Province, Spain", *J of Arid Environment*, Academic Press, vol. 40, no. 1-14, 1995.
- [31] J. Bonvallet, "Tabias et jessour du Sud tunisien". *Cah.Orstom Pédol.* vol. 22, no.2, pp. 163-172, 1986.
- [32] M. Evenary, L. Shanan, N. Tadmor, "Runoff farming in the Neguev desert", *Agron.J.*, vol. 60, no. 2, pp. 29-38, 1968.
- [33] J. Alberge¹, M. Boufaroua, Y. Pepin, "Bilan de l'érosion sur les petits bassins versants des lacs collinaires en Tunisie semi-aride", *Bull. Réseau Erosion*, IRD-ORSTOM, Montpellier, vol.18, pp. 67-75, 1998.
- [34] R. Yuan, W. Xuping, L. Tao, L. Huizhi, Sun. Jianning, "A review of water tank modeling of the convective atmospheric boundary layer", *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Vol. 99, no. 10, pp. 1099-1114, 2011.
- [35] M. A. Imteaza, A. Amimul, A. Shanableh, "Reliability analysis of rainwater tanks using daily water balance model: Variations within a large city", *Resources, Conservation and Recycling*, vol.77, pp. 37–43, 2013.
- [36] ONDH (Observatoire National Du Développement Humain), "Démographie Marocaine : tendances passées et perspectives d'avenir", rapport thématique, pp89, 2013.
- [37] I. Joliffe, "Roof Tanks – a role in Stormwater Management" Stormwater and Soil Erosion 97, 9th-12th September 1997 Brisbane.
- [38] J. Worm and T. V. Hattum, "La collecte de l'eau de pluie à usage domestique", Fondation Agromisa et CTA, Wageningen. Agrodok 43. Pp 86, 2006.
- [39] Ziyadi "Vivre dans les Montagnes Arides ou Sub-Arides, L'aménagement des Pentes dans l'Anti-Atlas Central et Occidental (Maroc)", Université Nancy 2, Faculté des Lettres et Sciences Humaines École Doctorale « Langages, Temps, Société » Centre D'études et De Recherche sur Les Paysages Comité Mixte Inter-Universitaire Franco-Marocain. pp 427, 2011.
- [40] F. Aziz, L. Mandi, A. Boussaid, F. Boraam and N. Ouazzani, "Quality and disinfection trials of consumption water in storage reservoirs for rural area in the Marrakech region (Assif El Mal)", *J Water Health*, vol. 11 no. 1, pp. 146–160, 2013.
- [41] R.P. XAVIER, L. P. SIQUEIRA, F. A.C. VITAL, F.J. S.ROCHA, J.I. IRMÃO and G. M.T. CALAZANS, "Microbiological Quality Of Drinking Rainwater In The Inland Region Of Pajeú, Pernambuco, Northeast Brazil", *Rev. Inst. Med. Trop. Sao Paulo*. Vol.53, no.3, pp. 121-124, 2011.
- [42] A. Saget, "Base de données sur la qualité des rejets urbains de temps de pluie : distribution de la pollution rejetée, dimensions des ouvrages d'interception", Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, France. Thèse de Doctorat, pp. 227, 1994.
- [43] M.C. Gromaire-Mertz, "La pollution des eaux pluviales urbaines en réseau d'assainissement unitaire: caractéristiques et origines". Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, France. Thèse de doctorat, pp. 507, 1998.
- [44] G.A. Burton, and R. Pitt, "Stormwater effects handbook, a toolbox for watershed managers, scientists and engineers". United States of America, CRC Press Lewis, pp. 911 ,2002.

- [45] G. Simmons, V. Hope, G. Lewis, J. Whitmore, W. Gao, "Contamination of potable roof-collected rainwater in Auckland", *New Zealand Water Res*, vol.35, no.6, pp. 1518–1524, 2001.
- [46] M. Chang, M.W. McBroom, and R.S. Beasley, "Roofing as a source of nonpoint water pollution", *Journal of Environmental Management*, vol. 73, pp. 307-315, 2004.
- [47] K. Zhu, L. Zhang, W. Hart, M. Liu and H. Chen, "Quality issues in harvested rainwater in arid and semi-arid Loess Plateau of Northern China", *J. Arid Environ.*, vol.57, no.4, pp. 487-505, 2004.
- [48] E. Sazakli, A. Alexopoulos, and M. Leotsinidis, "Rainwater harvesting, quality assessment and utilization in Kefalonia Island, Greece", *Water Res.* vol.41,no. 9, pp. 2039-2047, 2007.
- [49] D. Langdon, and S. Rawlinson, "Sustainability- managing water consumption" *The Financial Times*, July 10, 2007.
- [50] T. Younos, R. Bohdan, E. Anderson, K. Ramsey, N. Cook, B.B. Ross, et al., 1998, "Evaluation of rooftop rainfall collection-cistern storage systems in southwest Virginia", VWRRC Special Publication SP3-1998. Virginia Water Resources Research Center, Virginia Tech, Blacksburg, VA.
Available on the website: <http://www.vwrcc.vt.edu/pdfs/specialreports/sp031998.pdf>
- [51] K. Nakata, S. Wansorn, T. Takano, "Lead concentration in rain water used for drinking in the area surrounding Bangkok Asia Pac", *J Public Health*, vol. 8, pp. 8–9, 1995.
- [52] J. Nair, R. Gibbs, K. Mathew, G.E. Ho, "Suitability of the H₂S method for testing untreated and chlorinated water supplies", *Water Sci Technol*, vol. 44, no. 6, pp. 119–126, 2001.
- [53] F. Aziz, N. Ouazzani, and L. Mandi, "Assif El Mal River: source of human water consumption and a transfer vector of heavy metals", *Desalination and Water Treatment*, vol.52, no. 13-15, pp. 2863-2874, 2013.
- [54] F. Aziz, J.P. Rubio, N. Ouazzani, M. Dary, H. Manyani, B. R. Morgado and L. Mandi, "Using molecular approach to evaluate sanitary impact of drinking water in storage reservoirs in rural area", *International Journal of Innovation and Applied Studies*, In press: IJIAS-14-214-03, 2014.