

JOURNAL INTERNATIONAL

Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement

ISSN(electronic): 1737-9350

ISSN (printed): 1737-6688

Volume III - Numéro 1 - Avril 2018

Eau-Environnement-Climat'2018



**Gestion des Ressources en Eau
Water Resources Management**

Rédacteur en Chef : Pr Nouredine Gaaloul

Publié par :

L'Association Scientifique et Technique pour l'Eau et
l'Environnement en Tunisie (ASTEETunisie)

Sommaire

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gestion des Ressources en Eau | 9 |
| Application des cartes SOM pour la classification des paramètres géochimiques des sédiments de la Mer Rouge | 10 |
| Kaoutar El Azhari, Abdelaziz Abdallaoui, Hamid Zineddine | |
| Salinity study under a wheat crop at the irrigated perimeter of Lakhmess | 15 |
| Amor Boughdiri, Gouider Tibaoui, Hajer Jejjli, Ahmed Saidi, Oumeima Ben Romdhane, Slim Slim | |
| Evaluation des écosystèmes d'eau douce de Tunisie | 21 |
| Noura Slimani, Eric Guilbert, Moncef Boumaïza | |
| Vulnérabilité des populations face aux risques d'inondations dans les grandes villes d'Afrique de l'ouest : Cas de Cotonou au Bénin et d'Abidjan en Côte d'Ivoire. | 26 |
| Adjakpa Tchékpo Théodore, N'guessan Bi Vami Hermann, Kadjegbin Toundé Gislain Roméo | |
| Évaluation des facteurs physiographiques et leurs impacts sur les ressources en eau dans les bassins versants d'Essaouira (Essaouira, Maroc) | 30 |
| Zakaria Ouzerbane, Mostafia Boughalem, Abdellah El Hmadi, Ali Essahlaoui, Abdessamad Najine, Tahar Aïfa, Fadwa Redouani, Abdelhadi El Ouali | |
| Apport de la télédétection et des SIG dans la cartographie des zones favorables à l'implantation de forages d'eau à gros débits dans la région de Daloa. | 39 |
| Labe Simplicie, Jourda Patrice, Salye M. Bachir, Youan Ta Marc, Lasm Théophile, Kouadio Boyossoro Hélène | |
| Qualité de l'eau de robinet dans la ville de Biskra en Algérie- étude de cas | 44 |
| Boukharouba Khadidja, Daoud della | |
| La qualité physico-chimique des eaux du Complexe Terminal (CT) dans la région d'Oued Righ (Sud-Est d'Algérie) | 50 |
| Belksier Mohamed Salah, Bouselsal Boualem, Abour Fella | |
| Simulation numérique des écoulements turbulents à surface libre : Application aux coursiers d'évacuateurs de crues | 59 |
| Fatiha Lebdiri, Abdelghani Seghir, Ali Berreksi | |
| Contribution de la télédétection à l'étude de la fracturation, et de la mise en place du système hydrogéologique de la zone des sources, Haut Bassin de l'Oum Er Rabiaa (Moyen-Atlas, Maroc). | 62 |
| Amine Tahiri, Fouad Amraoui, Mohamed Sinan | |
| Cartographie de la susceptibilité aux inondations par la méthode de l'analyse multicritère et SIG : Cas de la wilaya d'Oran Nord-Ouest de l'Algérie | 67 |
| Zine el abidine roukh, Abdelmansour nadj | |
| Caractérisation géochimique de l'aquifère de Complexe Terminal de El-Oued (SE Algérie) | 74 |
| Bouselsal Boualem, Belksier Mohamed Salah | |
| Effets de l'érosion hydrique dans la commune d'Attécoubé, Abidjan Côte d'Ivoire | 81 |
| Brou Etienne N'dri, Kadio Hilaire Niamke, Kouadio Boyossoro Hélène | |
| Modélisation du transport solide et étude analytique de quantification de l'envasement dans le barrage de l'oued Siliana | 85 |
| Mohamed Habib Sellami, Kochta Mohamed | |
| Devenir des sources hydriques dans les villages kabyles | 90 |
| Sadjia Halit, Abderrezak Iddir | |
| Hydrogeological Modelling using Gardenia Model in the Koda catchment, Mali. | 96 |
| Oumou Diancoumba, Nouredine Gaaloul, Hamadoun Bokar, Adama Toure, Taoufik Hermassi, Zoubeida Bargaoui, Nelly .C. Kelome | |
| Apport de la modélisation pour l'aide à la décision sur la stratégie d'irrigation des cultures -résultats préliminaires | 102 |
| Nesrine Kalboussi, Sébastien Roux, Bruno Cheviron, Jérôme Harmand, Alain Rapaport, Carole Sinfort | |
| Évaluation de la contamination mercurielle des eaux de surface Cas du barrage de Zit-Emba, wilaya de Skikda, nord-est algérien. | 108 |
| Mohamed Zine Belhadj, Abderrahmane Boudoukha | |
| État de la ressource en eau superficielle au Nord-Ouest de l'Algérie | 116 |
| Célia Kebir, Hanane Lamari | |

**Computation of Normal Depth in an Open Channel with Horizontal Bottom and Circular Walls
Using the Rough Model Method**

Moussa Lakehal , Bachir Achour, Naim Mansri and Ali Bedjaoui

440

Diagnostic De La Qualité Des Eaux Des Barrages Algériens: Étude De Six Cas Régionaux.

Belkacem Bekkoussa, Laouni Benadela, Habib Azzaz.

444

Les Ouvrages Hydrauliques au long de l'histoire

Monia Jeridi

456

Aptitudes agricoles de l'eau du puits du jardin botanique de l'Université Péléforo Gon Coulibaly de

Korhogo

Omer Zephir De Lasme, Delmas Stéphane Kouadio , Stephane Avy Koffi

Introduction

Dans le monde, l'accès à une eau de bonne qualité pour la boisson et l'irrigation des cultures est un véritable défi pour tous. L'agriculture, de façon générale est une grande consommatrice d'eau et surtout lorsqu'elle est pratiquée en saison sèche. Plusieurs travaux de recherches ont été menés dans certains pays sur le volet de l'aptitude des eaux pour un usage agricole. En Côte d'Ivoire, les travaux de Oga et al., (2015) ont montré que 67% des eaux souterraines échantillonnées dans la région de Katiola sont propices à l'irrigation. Kotchi et al. (2016) ont montré que les eaux souterraines utilisées en irrigation dans le département d'Agboville présentent un faible danger de salinisation et d'alcalinisation des sols. L'approvisionnement en eau d'irrigation constitue un facteur déterminant dans la production agricole, aussi bien en intensification des cultures qu'en extension des surfaces irriguées (Benziane et al, 2012). Cette eau qui a une importance capitale dans la vie des plantes, constitue parfois la source des problèmes de croissance des plantes dans certaines régions du monde. C'est dans cette vision que s'inscrit ce travail dont l'objectif est la détermination des aptitudes agricoles de l'eau du puits du jardin botanique de l'Université Péléforo Gon Coulibaly de Korhogo.

I. Matériels et méthodes

I.1. Présentation de la zone d'étude

Le site d'étude se situe au sein de l'université Péléforo Gon Coulibaly dans la sous-préfecture de Korhogo. La Sous-préfecture de Korhogo est située dans une zone semi-aride avec un climat à deux saisons, une végétation de savane arborée en majeure partie posé sur un socle granitique de type migmatique (Soro, 2014). Le jardin botanique a une superficie de 25 hectares (voir Fig.1), et constitue un site de préservation des plantes et d'expérimentation pour les recherches scientifiques de l'Université. Le puits étudié est situé dans la partie nord-ouest du jardin. Il a pour coordonnées exactes : 9°25'59,6" N / 5°38'5,21" W. L'eau de ce puits est utilisée pour l'arrosage des plantes (courgettes, arthémisia, etc.) cultivées sur les parcelles expérimentales.



Figure 1 : Localisation du Jardin Botanique de l'Université et son puits d'irrigation des cultures

1.2. Matériels et méthodologie

1.2.1. Matériels

La liste du matériel utilisé pour mener cette étude se résume en les éléments suivants : le Conductimètre HANNANA DiST 4 de tolérance 10 %, un pH-mètre HI 8010 de résolution 0.01 (marge de tolérance est ± 0.01), la Thermomètre et le turbidimètre. Le prélèvement des échantillons d'eau a été fait à l'aide de plusieurs bouteilles en plastique propres d'une capacité de 1,5 litre dont le bouchon de fermeture est vissé afin d'éviter toute réaction avec l'atmosphère. Le traitement des résultats d'analyses physico-chimiques a nécessité l'utilisation d'un ordinateur équipé du logiciel Diagramme version 4.2, conçu par le laboratoire d'Hydrochimie de l'Université d'Avignon (France). Ce logiciel d'hydrochimie compile en son sein plusieurs diagrammes dont ceux de Piper, de Schöeller-Berkaloff pour la détermination des hydrofaciès ; ceux de Riverside et Wilcox pour classer les eaux suivant leur alcalinité et salinité.

1.2.2. Méthodologie

Les échantillons d'eau prélevée ont fait l'objet d'analyses physico-chimiques au laboratoire de Chimie de l'Université Péleforo Gon Coulibaly de Korhogo, situé à environ 200 m du puits. Les paramètres mesurés à Korhogo sont principalement les anions majeurs et les indicateurs physiques dont le pH, la conductivité et la température sans oublier la turbidité. Certains échantillons de l'eau du puits ont été convoyés dans une glacière vers d'autres laboratoires mieux équipés, afin de mesurer dans les brefs délais les teneurs des cations et

les éléments en traces dont la détermination fût impossible à Korhogo. Les méthodes d'analyses chimiques mises en œuvre dans ces laboratoires sont les suivantes : la méthode colorimétrique, la méthode volumétrique, et la méthode d'analyse par spectrométrie d'émission atomique (ICP-AES)

La méthode colorimétrique a été mise en œuvre pour déterminer la teneur des chlorures (Cl⁻), des nitrates(NO₃⁻) et nitrites (NO₂⁻), puis les sulfates (SO₄²⁻)dans l'échantillon. Les chlorures réagissent avec le thiocyanate mercurique pour former du chlorure de mercure et libérer les ions thiocyanates. Ces derniers réagissent avec les ions ferriques pour former un complexe de thiocyanate ferrique orange. La quantité de ce complexe est proportionnelle à la concentration en chlorure.. Le cadmium métallique réduit les nitrates dans l'échantillon en nitrites. L'ion nitrite réagit dans un milieu acide avec de l'acide sulfanilique pour former un sel de diazonium intermédiaire. Le sel se couple à l'acide gentisique pour former une solution de couleur ambrée.. Les ions sulfates dans l'échantillon réagissent avec le baryum et forment un précipité de sulfate de baryum. La quantité de turbidité formée est proportionnelle à la concentration en sulfate. Les résultats des tests sont mesurés à une longueur d'onde de 430 à 450 nm.

La méthode volumétrique fut mise en œuvre pour déterminer uniquement les teneurs en bicarbonates, à partir de la mesure du titre alcalimétrique complet (TAC) puisque le titre alcalimétrique (alcalins libres et ions carbonates) est nul quand le pH est inférieur à 8,3. Le dosage est fondé sur la neutralisation d'un volume d'eau (100 mL) par ajout d'un acide minéral (acide sulfurique dilué, (H₂SO₄ à 0,16N ou à 1,6N) en utilisant le vert méthyl rouge de bromocrésol comme indicateur coloré. La mesure s'exprime en mg.L⁻¹ de chaux (CaCO₃). La détermination des ions HCO₃⁻ s'est faite par la relation suivante :

$$HCO_3^- (mg.L^{-1})=1,219 \times TAC$$

(1)

Avec TAC : taux d'alcalinité totale en mg/L de CaCO₃.

Les métaux et les cations ont été mesurés dans un laboratoire partenaire par la méthode d'analyse par spectrométrie d'émission atomique (ICP-AES) dont la source est du plasma généré par couplage inductif. Les valeurs des teneurs des ions sont renseignées convenablement dans le fichier numérique Excel approprié, et une classification chimique s'effectue automatiquement par le logiciel d'hydrochimie avec les données renseignées. Les résultats proposés par l'outil informatique ne sont retenus que si et seulement si la valeur de la balance ionique est comprise entre 0 et 5%, comme le recommande les travaux antérieurs (Biémi, 1992; Oga, 1998 ; Soro, 2002).

2. Résultats et Discussions

2.1. Les valeurs des paramètres physico-chimiques de l'eau du puits

Les valeurs des paramètres physico-chimiques mesurés *in situ* sont consignés dans le tableau I.

Tableau I. Valeurs des paramètres physico-chimiques de l'eau des puits

| pH (puits étudié PI) | | Cond. Electr. (µS/cm) | Dureté (°F) | Oxygène dissous (mg/L) | Turbidité (NTU) | Temp. (°C) |
|----------------------|------|--------------------------|-----------------|----------------------------|--------------------|---------------|
| Terrain | Labo | | | | | |
| 9 | 8,2 | 190 | 4 | 16,4 | 16,4 | 24 |

Le pH de l'eau servant à l'arrosage est basique, ce qui peut rendre difficile voire impossible l'assimilation du phosphore dans le sol par les racines des plantes. L'eau est dotée d'une dureté faible, une température relativement peu élevée et une concentration en oxygène dissous favorable au développement des matières organiques.

2.2. Les teneurs des ions dans l'eau du puits

La chimie de l'eau du puits est présentée dans le tableau II. L'analyse des teneurs révèle la prédominance du trio Bicarbonate-Potassium-Sodium, et aussi l'absence des ions nuisibles à la santé humaine tels que l'Arsenic et le Plomb. Cette composition chimique traduit que l'eau du puits est propice pour la consommation humaine car les teneurs de certains ions

(Co < 0.05 mg/l ; Pb < 5.0 mg/l ; As, Mo et Cd < 0.01 mg/l, Se < 0.02 mg/l, Zn < 2.0 mg/l, V < 0.10 mg/l ; Ni < 0.20 mg/l) sont inférieurs aux concentrations inscrites dans les normes de potabilité des eaux définies par l'Organisation Mondiale de la Santé.

Tableau II. Valeurs des teneurs en ions chimiques mesurés dans l'eau du puits

| IONS | Al | A | Ba | Ca | Cd | Co | Cu | Fe | K | Mg | NO ₃ | NO ₂ | PO ₄ |
|----------------------|-----------------------|-----|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------|-------------|-----------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| Concentration (mg/L) | 0,481 | < 0 | 0,28 | 6,04.10 ⁻³ | 7,53.10 ⁻³ | 3,31.10 ⁻³ | 1,65.10 ⁻³ | 0,54 | 26,4 | 3,73 | 4,4 | 0,21 | 9,1 |
| IONS | Mn | M | N | Ni | Pb | Sb | Se | V | Y | Zn | SO ₄ | NH ₄ | HCO ₃ |
| Concentration (mg/L) | 7,02.10 ⁻³ | < 0 | 19,9 | 6,72.10 ⁻³ | < 0 | 7,32.10 ⁻⁴ | 1,8.10 ⁻³ | < 0 | < 0,001 | 1,63.10 ⁻³ | 1 | < 0,01 | 51,11 |

La classification chimique à l'aide des diagrammes de Piper (figure 2) et Schoeller-Berkloff (figure 3) montre que l'eau du puits étudiée appartient à l'hydrofaciès bicarbonatée sodique et potassique.

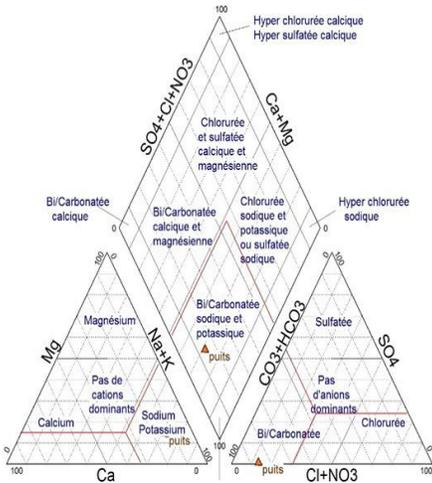


Figure 2 : Classification dans Diagramme de Piper

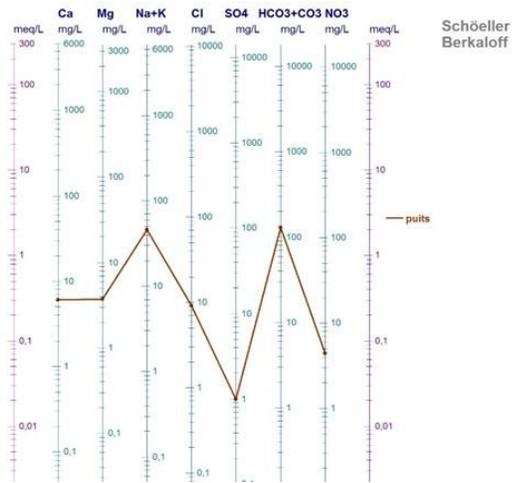


Figure 3 : Classification suivant Schöeller-Berkloff

La classification dans les diagrammes de Riverside (figure 4) et de Wilcox (figure 5) révèle que le pouvoir alcalinisant (SAR) de l'eau et sa conductivité électrique (CE) sont faibles, réduisant ainsi le risque de salinité, ce qui fait que

cette eau peut-être qualifiée <<excellente >> pour l'irrigation des plantes cultivés sur des sols pauvres en sodium. Toutefois, il faudra être vigilant car un excès de sodium entraine un risque de dégradation de la structure des sols, suivie d'une croissance perturbée des végétaux.

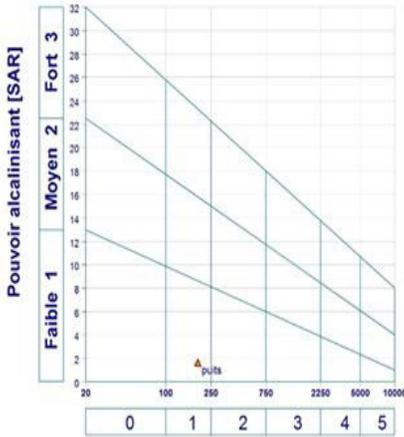


Figure 4 : Diagramme de Riverside du puits

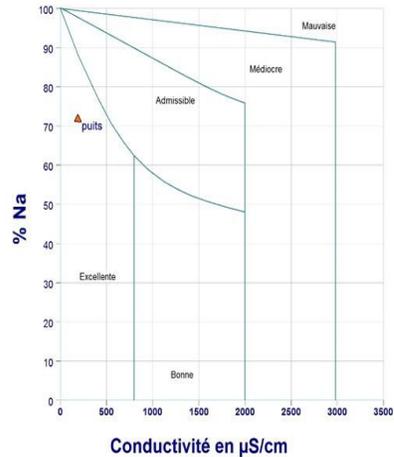


Figure 5 : Diagramme de Wilcox du puits

3. Discussions

3.1. Les valeurs des paramètres physico-chimiques de l'eau du puits

Dans la plupart des eaux naturelles, le pH est compris habituellement entre 6 et 8,5 (Biémi, 1992). Dans notre cas, Le pH de l'eau du puits est très basique (pH = 9), alors que les travaux antérieurs (Soro, 2013) ont révélé un ph acide (ph=5.4) des eaux de puits dans la zone rurale de Korhogo. Cette différence peut s'expliquer par la température de l'eau échantillonnée (24 contre 29°C). le pH basique de l'eau du puits étudié ne permet pas une bonne activité microbienne dans le sol et réduit la croissance des végétaux cultivés dans la mesure où la solubilité des micro-éléments est quasi-impossible (agri-vision, 2004). La conductivité électrique est faible, ce qui est en accord avec les résultats de l'étude régionale entreprise par Soro (2013) à Korhogo. En effet, la conductivité électrique dépend des charges de matière organique endogène et exogène, génératrice de sels après décomposition et minéralisation et également avec le phénomène d'évaporation qui concentre ces sels dans l'eau, elle varie aussi suivant le substrat géologique traversé (Belghiti et al, 2013). L'activité organique et minérale n'a pas subi de changement majeur dans la région de Korhogo, il est donc évident que la valeur de la conductivité demeure faible (inférieure à 250 µS/cm), ce qui témoigne de la faible teneur en sels dissous.

3.2. Les teneurs des ions chimiques de l'eau du puits

L'eau du puits est caractérisée par un faciès bicarbonaté sodique et potassique. La prédominance du bicarbonate dans les eaux souterraines ivoiriennes évoquée dans les travaux précédents (Biémi, 1992 ; Oga, 1998 ; Soro, 2002, De Lasme, 2013) est donc confirmée par cette étude. Toutefois, le caractère sodique et potassique fait la particularité de l'eau de puits du jardin botanique, alors que les eaux échantillonnées ailleurs à Korhogo sont généralement calciques ou calciques-magnésiennes (Soro, 2014). Cela s'explique par le

chimisme de l'eau qui s'acquiert par l'action conjuguée de plusieurs facteurs dont : la minéralisation due au temps de séjour, la dégradation de la matière organique, le lessivage des sols et le phénomène d'oxydo-réduction (Kouassi et al., 2012)

3.3. Aptitude à l'irrigation agricole de l'eau du puits

A l'exception du pH, le potassium et le Calcium, les valeurs du SAR et de CE de l'eau du puits s'inscrivent dans les normes de salinité et d'alcanité admises pour une eau « excellente » et « bonne avec risque » pour l'irrigation agricole selon respectivement les travaux du département de l'Agriculture des Etats Unis (Laboratory Staff, 1954), et ceux de Petterson et al., 1999.

Conclusion

Dans l'étude de la caractérisation hydrochimique du puits servant à l'arrosage les plantes cultivées dans le jardin botanique de l'Université Péléforo Gon Coulibaly (UPGC) de Korhogo, nous avons eu une eau dont la composition physicochimique lui donnait une qualité excellente pour faire de l'irrigation. Cette eau se place dans le domaine des eaux basiques avec un pH = 9. L'eau du puits est faiblement minéralisée. La chimie de l'eau est dominée par le trio Bicarbonate-Potassium-Sodium, qui a donné à l'eau du puits un faciès bicarbonaté sodique et potassique. Il s'agit d'une eau qui peut-être « bonne à excellente » pour l'irrigation agricole si le pH, le potassium et le Calcium font l'objet d'une correction conduisant à une baisse de leurs teneurs respectives. La perspective envisageable à cette étude est la caractérisation hydrogéochimique de l'eau accompagnée d'une identification pédologique du jardin.

Références

- [1] S. Oga M., F. Gnamba M., B. Adiaffi, T. Soro, K. Oulai, J. Biemi. Aptitude of Groundwaters for Irrigation in Katiola Area. Asian Review of Environmental and Earth, Vol. 2, N° 3, (2015) 54-60.
- [2] R. Kotchi O., G. Soro, D. Tanina S., A. Traoré, N. Fossou R. M., N. Soro. Aptitudes À L'agriculture Des Eaux Souterraines Du Departement d'Agboville (Sud-Est De La Côte d'Ivoire). European Scientific Journal edition vol.12, No.21, (2016) 1857 – 7881.
- [3] D. SORO T., Evolution des ressources en eau du bassin versant du Haut Bandama à Tortiya (Nord de la Côte d'Ivoire) dans un contexte de variabilité et de changement climatiques impacts hydrologiques, hydrogéologiques et hydrochimiques. Thèse de Doctorat d'état d'Hydrogéologie, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody en Sciences de la Terre, côte d'Ivoire (2014).
- [4] Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Directives OMS pour l'utilisation des eaux en agriculture, volume 2, annexe 1, 2013.
- [5] Y. Oga M.-S. (1998). Ressources en eaux souterraines dans la région du Grand Abidjan (Côte d'Ivoire) : Approches hydrochimique et isotopique. Thèse Unique de Doctorat, Université Paris XI, Orsay, France, 241 p.
- [6] M. Belghiti L. , A. Chahlaoui, D. Bengoumi, R. EL Moustaine. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quadernaire dans la région de meknès (maroc). Larhyss Journal, n° 14, (2013), 21-36.
- [7] F. Bouchemal, S. Achour. Qualite physico-chimique et parametres de pollution des eaux souterraines de la region de biskra. Larhyss Journal, n°22 (2015) 197-212.

[8] J. Biemi (1992). Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et par télédétection des bassins versants sub-sahéliens du socle précambrien de l'Afrique de l'Ouest : hydrostructurale, hydrodynamique, hydrochimie et isotopie des aquifères discontinus de sillons et aires granitiques de la haute Marahoué (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat d'Etat ès- Sciences Naturelles, Université d'Abidjan, Côte d'Ivoire, 493 p.

[9] N. Soro (2002). Hydrochimie et géochimie isotopique des eaux souterraines du degré carré de Grand Lahou et ses environs (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire). Implications hydrologiques et hydrogéologiques. Doctorat d'Etat ès sciences Naturelles, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 256 p.

[10] **M. Kouassi A., K.A.Yao, A. Y Ake., J.Biemi (2012)** Application of statistical and Hydrochemical methods to the analysis of the groundwater in the Guiglo - Duekoué area (Western area of Ivory Coast) *International Journal Of Geomatics And Geosciences*, Vol.2, No 4, pp. 939 – 952.

[11] H.G. Peterson 1999. Water quality and Micro-irrigation for horticulture. Agriculture et Agroalimentaire Canada. http://www.agr.gc.ca/pfra/water/microirr_e.htm
CRAAQ, 2003. Guide de production des annuelles en caissettes 313p.