

Qualité des eaux d'arrosage utilisées sur le site maraîcher de Houéyiho de Cotonou au Sud-Bénin

E. Yehouenou Azehoun Pazou³, B. Fayomi⁴, D. Azocli³, H. Acakpo⁵, A. Soton⁶, M. Boko⁷, L. Fourn⁴, D. Houinsa⁷ et J.-C. Kèkè⁸

Résumé

Les eaux de puits, de forage et de surface sont celles utilisées pour l'arrosage sur le site maraîcher de Houéyiho. Les résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques ont montré que les pH de ces eaux, quels que soient les sources étaient neutres (compris entre 6 et 7). La turbidité était faible et se situait entre 0,25 et 2,87 NTU mais les valeurs de la conductivité étaient comprises entre 1.039 et 1.421 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les teneurs en nitrite et nitrate dans les eaux de puits et de forage dépassaient celles des eaux de surface. Pendant la saison sèche, le taux de nitrate était élevé (146 mg/l). Ces eaux d'arrosage sont également contaminées par le cadmium, le plomb et le manganèse, des métaux lourds provenant des ordures ménagères utilisées pour la fertilisation. Les résultats des analyses bactériologiques ont révélé la présence d'*Escherichia coli*, de Streptocoques fécaux, de Salmonella et de *shigella* dans tous les échantillons d'eau analysés. D'autres germes comme *Entamoeba coli*, *Entamoeba histolitica*, *Trichomonas hominis*, *Ankylostoma duodenalae* et *Schistosoma jajonicum* sont aussi identifiés dans les eaux utilisées pour arroser les produits maraîchers à Houéyiho.

Mots clés : Eaux d'arrosage, paramètres physico-chimiques, métaux lourds, analyses bactériologiques, Bénin.

Quality of waters used for watering on the Houéyiho's vegetable garden site of Cotonou in Southern Benin

Abstract

Waters used for watering at Houéyiho vegetable garden are from well, borehole and swamp. Physical and chemical parameters analyses have shown that pH of these water sources was neutral (between 6 and 7). The turbidity ranged from 0.25 to 2.87 NTU but the conductivity ranged between 1,039 and 1,421 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nitrite and nitrate contents were higher in well and boreholes water than in swamp waters. During the dry season, the rate of nitrate was also higher (146 mg/l). These waters are also contaminated by heavy metals such as cadmium, lead and manganese. Bacteriological analysis showed the presence of germs such as: *Escherichia coli*, fecal *Streptocoque*, *Salmonella* and *Shigella*. Other germs such as *Entamoeba coli*, *Entamoeba Histolitica*, *Trichomonas hominis*, *Ankylostoma duodenalae* and *Schistosoma Jajonicum* have also been identified in waters used for watering vegetable garden at Houéyiho.

Key words: Water for watering, physical and chemical parameters, heavy metals, bacteriological analysis, Benin.

INTRODUCTION

Le maraîchage est la production de légumes destinés à la consommation ou à la vente (Dumaz, 1986). Les cultures maraîchères jouent un rôle prépondérant dans l'alimentation et la prévention des maladies carencielles en micro nutriments. Il s'agit d'une activité génératrice de revenus qui se pratique en zone urbaine et périurbaine et se développant de plus en plus dans les grandes villes du

³ Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Département de Génie de l'Environnement, Laboratoire de recherche en Biologie appliquée (LARBA) 01 BP 2009 Cotonou Université d'Abomey-Calavi, E-mail : yehouenoue@yahoo.fr

⁴ UER de Santé au travail et Environnement, Faculté des sciences de la Santé de Cotonou, Tél. : (+229) 21 30 52 22, Fax : (+229) 21 30 52 23, e-mail : bfayomi@yahoo.fr; Tél. : (+229) 97 98 96 55, e-mail : leonardfourn@hotmail.com

⁵ Institut National de la jeunesse de l'Education INJEP Université d'Abomey-Calavi, Tél.: (+229) 90 0353 87, e-mail: acacha_hortensia@hotmail.com

⁶ Centre de Recherche pour le Développement (CREDESA), Pahou, Bénin, Tél.: (+229) 95 96 06 85, e-mail : credesa@leland.bj

⁷ Ecole Doctorale Pluridisciplinaire "Espace, Cultures et Développement", Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 Recette Principale, Cotonou 01, Bénin, e-mail: bokomichel@gmail.com, boko.michel@yahoo.com; Tél. : (+229) 90 91 65 98, e-mail : houinsa@yahoo.fr

⁸ Projet de renforcement des capacités en conception et analyse des politiques de développement (CAPOD) Bénin, Tél. : (+229) 90 92 68 92, e-mail : kekejc@yahoo.fr

Bénin. A Cotonou, plusieurs sites maraîchers sont dénombrés dont le plus important est celui de Houéyiho exploité depuis près de 40 ans.

L'eau joue un rôle très important dans le développement des cultures maraîchères ; d'où les fréquents et copieux arrosages effectués par les maraîchers (au moins deux fois dans la journée). L'eau étant considérée comme le composant principal de la matière vivante, se trouve en proportion variable (Dubois, 1992) dans les végétaux (95 % dans le melon, 85 % dans la carotte, etc.). L'eau disponible au niveau de la plante provient soit de la pluie, du sol ou de l'arrosage et de l'irrigation. Ainsi, de la nature de l'eau apportée à la plante, dépend en partie la qualité de la récolte (World Water Vision, 2000).

Vu la place de plus en plus importante des produits maraîchers dans l'alimentation des populations urbaines et périurbaines et étant donné que l'agriculture urbaine se trouve confrontée au problème de pollution de tous genres, il nous a paru important de nous intéresser à la qualité de l'eau d'arrosage utilisée sur le site maraîcher de Houéyiho. Aussi, du fait que certains produits maraîchers sont directement consommés crus, une attention particulière doit être accordée à la qualité de l'eau d'arrosage afin qu'elle ne représente pas un danger pour la santé des consommateurs. C'est ainsi qu'une équipe pluridisciplinaire composée de chercheurs et de maraîchers a utilisé une approche écosystémique basée sur la participation, la transdisciplinarité, le genre et l'éthique pour : déterminer la qualité physico-chimique des eaux d'arrosage utilisées sur le site maraîcher de Houéyiho ; identifier les contaminants bactériologiques des eaux d'arrosage pouvant être à la base de certaines maladies hydriques ; détecter la présence de substances chimiques toxiques des eaux d'arrosage pouvant porter préjudice à la qualité des cultures maraîchères.

ZONE D'ETUDE

Le site maraîcher de Houéyiho se trouve dans la ville de Cotonou située dans la plaine côtière, sur des cordons littoraux subactuels de sable brun et gris s'étendant entre l'océan Atlantique et le lac Nokoué (Oyédé, 1991). Les sols sont de deux types principaux : des bas-fonds de type humique à gley salés, formés sur des sables littoraux, des parties surélevées autour du lac Nokoué avec des sols hydromorphes de type lessivé perméables et peu fertiles (MEHU, 1993). C'est sur ce dernier type de sol que se situe le site de Houéyiho. Il a une superficie de 15 ha et est subdivisé en deux zones de prélèvement par rapport aux pylônes : la zone nord et la zone sud. Les ressources en eau autour desquelles s'organise la culture maraîchère sur le site de Houéyiho, sont constituées des eaux pluviales, de la nappe phréatique, des eaux des marais et marécages.

METHODOLOGIE

Echantillonnage

Les échantillons d'eau sont prélevés aussi bien dans la zone nord que dans la zone sud du site. Les eaux sont prélevées dans les puits, les marécages et les forages se trouvant à proximité des planches régulièrement traitées par des engrais minéraux (urées) et des pesticides. Ces eaux sont utilisées pour arroser plusieurs variétés de produits maraîchers tels que : *Amaranthus hybridus*, *Solanum macrocarpum*, *Vernonia amygdalina*, *Lactuca sativa* et *Brassica oléacea*.

La fréquence d'échantillonnage était d'un prélèvement par mois durant 6 mois d'affilée sur une période de 2 ans. Selon la source, différents matériels sont utilisés pour le prélèvement des échantillons d'eau à savoir : le sceau pour l'eau de puits, l'arrosoir pour l'eau marécageuse et la motopompe pour l'eau de forage. Les échantillons d'eau prélevés sont ensuite versés dans des flacons de polystyrène et conservés dans des glacières réfrigérées avant de faire leurs analyses au laboratoire. Pour les analyses bactériologiques, les eaux sont prélevées dans des flacons stériles à usage unique. Les analyses bactériologiques sont effectuées le jour du prélèvement.

Analyses de laboratoire et analyses statistiques

La température, le pH, la turbidité et la conductivité sont les paramètres physicochimiques analysés dans les eaux. Les substances minérales telles que les nitrites et les nitrates, ainsi que les métaux lourds comme le plomb, le manganèse et le cadmium sont dosés dans les eaux. La température des eaux est mesurée à l'aide d'un thermomètre limnétique, le pH à l'aide d'un pH-mètre WTW pH 730, la turbidité avec un turbidimètre HACH 2100 AN (ISO Method 7027) et la conductivité à l'aide d'un conductimètre WTW. Les concentrations en métaux lourds sont appréciées à l'aide d'un pHotoFlex WTW avec des réactifs prêts à l'emploi. Les nitrites et les nitrates sont dosés à l'aide d'un spectrophotomètre multiparamètres de marque HANNA. Les analyses statistiques faites ont été l'analyse de la variance et le test de Student Newman et Keuls de structuration des moyennes.

RESULTATS ET DISCUSSION

Paramètres physico-chimiques

La température des eaux utilisées pour l'arrosage (tableau 1) ne variait pas significativement ($p > 0,05$). La température des eaux prélevées dans les marécages, les puits et les forages du côté nord était la même que celle du côté sud. La température de l'eau de forage était légèrement élevée par rapport à celle du puits et un peu plus élevée par rapport à celle du marécage. Cette différence s'expliquait par le fait que les eaux des marécages sont plus exposées aux rayonnements solaires que les autres. Cette exposition aux rayons solaires favorisait les échanges thermiques avec l'atmosphère. Les valeurs moyennes de la conductivité et de la turbidité ont été significativement différentes au seuil de 1 %. Les valeurs obtenues étaient comprises dans la fourchette des valeurs normales (tableau 1).

Tableau 1. Valeurs moyennes de la température, de la conductivité et de la turbidité dans les eaux provenant des marécages, des puits et des forages utilisées sur le site maraîcher

| Eaux | Température (°C) | PH | Conductivité ($\mu\text{S/cm}$) | Turbidité (NTU) |
|---------------|------------------|------------------|-----------------------------------|--------------------|
| Marécage Sud | 27 | 7,36 | 1039 | 1,10 |
| Marécage Nord | 28 | 7,26 | 1040 | 2,87 |
| T test | NS ($p=0,75$) | * ($p<0,02$) | NS ($p=0,55$) | *** ($p<0,0001$) |
| Puits Sud | 29 | 6,92 | 1.421 | 0,62 |
| Puits Nord | 29 | 6,66 | 1.227 | 0,25 |
| T test | NS ($p=0,75$) | ** ($p<0,003$) | *** ($p<0,0001$) | ** ($p<0,002$) |
| Forage Sud | 30 | 6,37 | 1.373 | |
| Forage Nord | 30 | 6,44 | 1.085 | 1,08 |
| T test | NS ($p=0,75$) | * ($p<0,04$) | *** ($p<0,0001$) | |

*** : Différence très hautement significative au seuil de 0,1 % ; ** : Différence hautement significative au seuil de 1 % ; * : Différence significative au seuil de 5 % ; NS : Différence non significative au seuil de 5 %.

L'évolution mensuelle du pH par zone (figure 1) a montré que les eaux utilisées pour l'arrosage des cultures maraîchères étaient neutres et n'influençaient pas la réaction du complexe absorbant. Par conséquent, les eaux utilisées pour l'arrosage des cultures maraîchères n'empêchent pas leur bon développement végétatif.

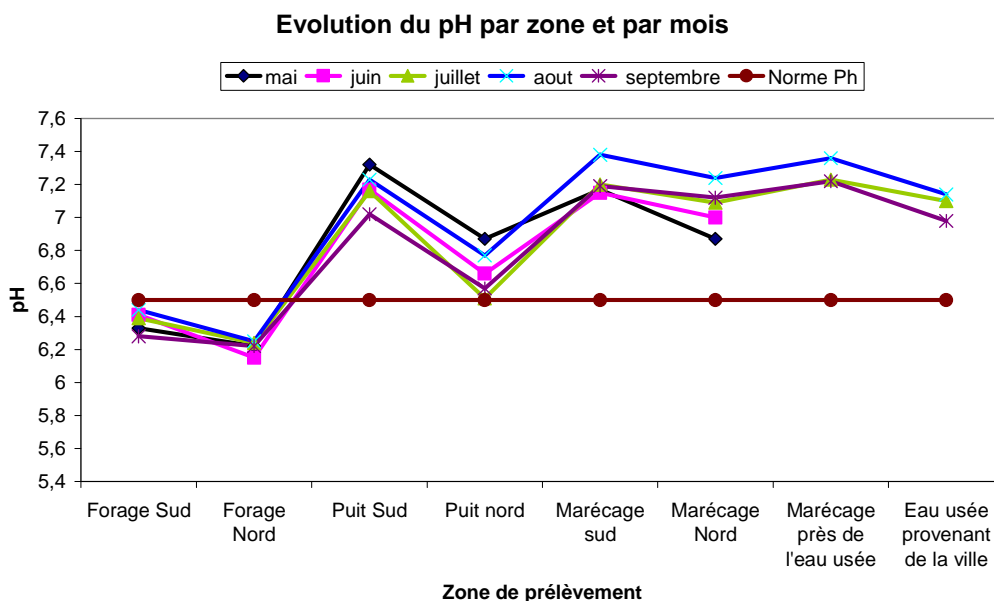


Figure 1. Evolution du pH des eaux d'arrosage sur une période de 6 mois à Houéyiho

Concentration en nitrites et en nitrates des échantillons d'eau prélevés à Houéyiho

Contrairement aux taux de nitrite qui étaient faibles dans les eaux d'arrosage utilisées entre les mois de janvier et d'avril (figure 2), le taux de nitrate au niveau des différentes sources d'eau augmentait pendant la même période (figure 3). Par ailleurs, la teneur en nitrite augmentait progressivement dans les marécages et les puits à partir du mois d'avril pour atteindre son pic au mois de juin (figure 2). Par contre, pendant la même période le taux de nitrate restait stationnaire (avril et mai) avec une légère baisse en juin (figure 3). Les concentrations les plus importantes en nitrite sont notées dans les eaux de puits (figure 2). Cette situation est due au lessivage des substances minérales provenant des engrais utilisés pour traiter les planches. Pendant la saison sèche (janvier à mai) il se produit une concentration du taux de nitrate dans les eaux utilisées pour arroser les planches de cultures. Les valeurs obtenues sont 3 et 4 voire 50 fois supérieures aux taux obtenus en temps normal (juin à octobre pendant la saison des pluies) et justifie l'augmentation du taux de nitrite. Les tests statistiques ont révélé une valeur moyenne de nitrite élevée dans le puits et une valeur moyenne de nitrate élevée dans les eaux de puits et de forage (Student Newman et Keuls (SNK)).

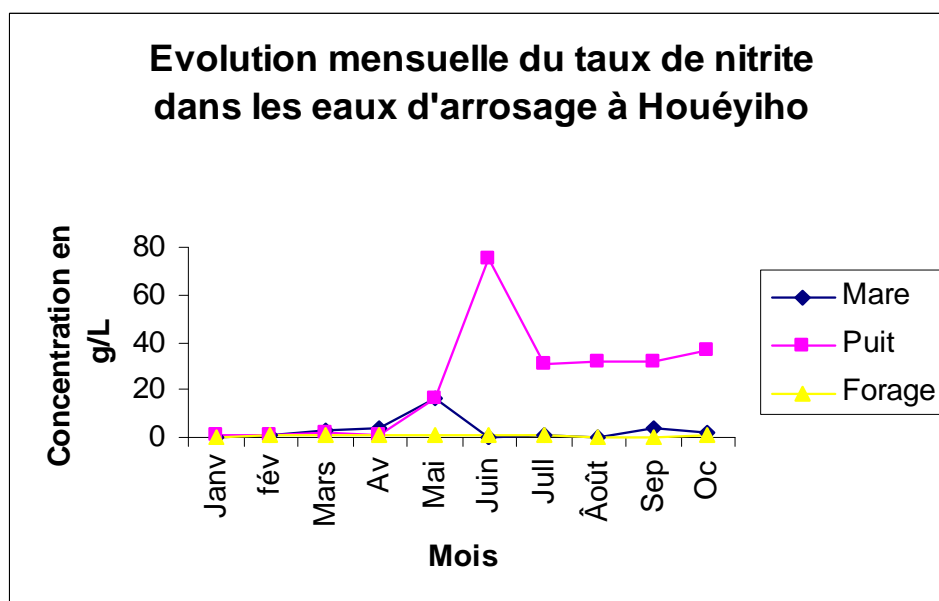


Figure 2. Evolution mensuelle du taux de nitrite dans les eaux d'arrosage à Houéyiho

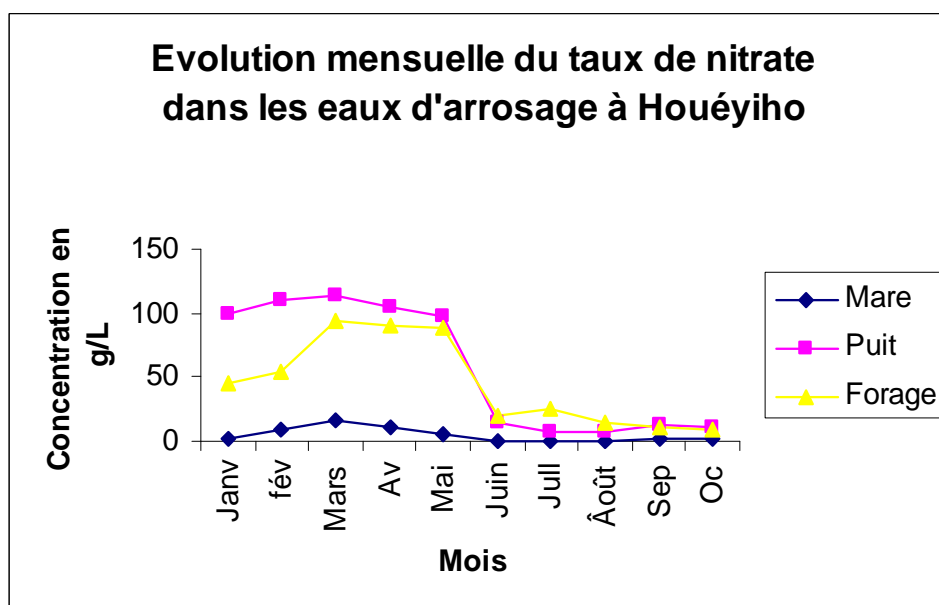


Figure 3. Evolution mensuelle du taux de nitrate dans les eaux d'arrosage à Houéyiho

Dosage des métaux lourds dans les eaux d'arrosage à Houéyiho

Les eaux d'arrosage du site maraîcher de Houéyiho contenaient des métaux lourds toxiques (figure 4). En effet, des taux anormalement élevés de manganèse et de plomb sont identifiés dans le marécage nord. Le puits situé au nord du site avait la plus forte concentration en cadmium. La présence de métaux toxiques est liée à l'utilisation massive d'ordures ménagères non triées et non décomposées. En effet, les restes de piles, peinture, boîtes de conserve, déchets médicaux, emballages d'insecticides jonchent les ordures. L'analyse de la variance, selon le test de Student Newman et Keuls de structuration des moyennes, a montré une différence significative au seuil de 0,1% entre les trois sources d'eaux. Ainsi, Le dosage de métaux lourds dans les eaux d'arrosage est influencé par le lieu de prélèvement. En effet, il existe une différence nette et significative entre la dose moyenne du Manganèse des six traitements. La valeur la plus élevée du Manganèse est observée au nord dans les eaux du marécage suivie de l'eau de puits toujours au nord. La valeur la plus faible de Manganèse est observée dans l'eau de puits au sud. Pour ce qui concerne le plomb, il n'existe pas de différence entre les eaux du Marécage du nord et du sud qui présentent les valeurs les plus élevées. Les valeurs les plus faibles du plomb sont observées dans les eaux de forage et du puits au sud. Le cadmium est plus présent dans l'eau de puits au nord tandis que la valeur la plus faible a été enregistré dans les eaux de puits au sud et du forage au nord.

Les concentrations en métaux toxiques étaient moins élevées du côté sud du site par rapport au côté nord, à cause de la position géographique. En effet, la zone nord se trouvant en altitude, la zone sud reçoit plus les eaux de ruissellement, ce qui occasionne une certaine dilution des substances toxiques d'où la diminution de la concentration en métaux toxiques au niveau de la zone sud.

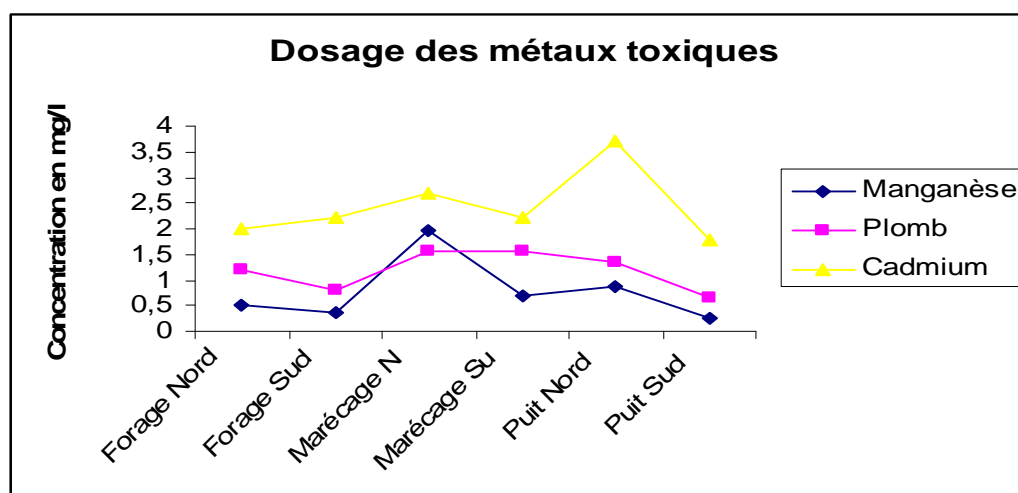


Figure 4. Taux de métaux lourds dans les eaux d'arrosage à Houéyiho

Analyses bactériologique et parasitologique

Toutes les sources d'eau sont contaminées. L'analyse a en effet révélé la présence dans les eaux d'arrosage des germes tels qu'*Escherichia coli*, des streptocoques fécaux des *Salmonelles* et des *Shigelles* qui sont des indicateurs de pollution organique fécale d'origine humaine ou animale. Les concentrations sont supérieures aux normes AFNOR en vigueur (Vermeulen, 2006). Ces mêmes germes sont identifiés sur le même site en 2003 par l'Agence Béninoise pour l'environnement (ABE). Ainsi, les eaux analysées entre 2007 et 2008 ont renfermé plus de germes (*Escherichia coli* et *Shigelles*) que l'eau analysée en 2003. Les concentrations en coliformes totaux, en coliformes fécaux et en *Streptocoques fécaux* sont inférieures à celles de 2003 qui sont respectivement de $30 \cdot 10^3$, $2,5 \cdot 10^3$ pour 100 ml d'eau analysée. Les concentrations en coliformes totaux et en coliformes fécaux sont moins élevées que celles obtenues dans les eaux du fleuve Ouémé prélevées à Avagbodji, Déhoun, Zonmon dont les concentrations en coliformes totaux sont de 56/100 ml, 61/100 ml et 47/100 ml d'une part, et d'autre part sont supérieures aux coliformes fécaux identifiés à Avagbodji, Déhoun, Zonmon (Azongnitodé 2009).

Des parasites tels que *Trichomonas hominis*, *Entamoeba coli*, *Entamoeba Histolytica*, *Ankylostoma duodenalae* et *Schistosoma japonicum* sont également retrouvés. Des observations faites sur le terrain montrent que la plupart des exploitants défèquent dans la nature en plein air, dans les abords immédiats et à quelques mètres des planches de légumes ou à proximité des marécages du fait qu'il

n'existe pas de latrines sur le site. De plus, les déchets de porcs élevés sur le site, sont utilisés comme engrais.

Il s'agit d'autant de comportements à risque susceptibles de favoriser la contamination des eaux d'arrosage (marécage, puits) car ces déchets contiennent souvent des œufs et kystes de parasites. Une fois souillées, ces eaux s'infiltrent dans le sol et contaminent les eaux de forage qui, utilisées pour l'arrosage contaminent à leur tour les cultures maraîchères, avec des risques pour les consommateurs notamment lorsque ces cultures sont consommées crues.

Cette contamination des puits provient de l'infiltration des germes dans le sol qui est de nature hydromorphe. En effet l'intensité de la pollution des eaux souterraines dépend du type du sol et de la dose en polluants (White, 1986). Les eaux superficielles chargées en microorganismes s'infiltrant donc dans le sol sablonneux, parviennent à la nappe sans avoir bénéficié d'une filtration efficace, et occasionnent une multitude de pollutions ponctuelles. Boutin (1987) a mentionné également que l'eau d'une nappe phréatique est d'autant plus vulnérable que le sommet de la nappe est proche de la surface du sol, que les terrains qui surmontent l'aquifère sont perméables et que les sources superficielles de pollution sont importantes. C'est le cas de la nappe du site maraîcher de Houéyihou et d'autres de la sous région telle que la nappe phréatique de Yembeul au Sénégal qui enregistre de fortes concentrations en coliformes fécaux au niveau des eaux de puits avec des fluctuations entre 0 et 6,8 log₁₀ /100 ml (Tandia, 1997). Ces sols sont très sensibles à l'infiltration des eaux polluées du fait des caractéristiques pédologiques (sols perméables, nappes phréatique affleurantes).

CONCLUSION

Les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques révèlent la présence de germes pathogènes d'origine fécale, de métaux lourds et autres substances chimiques toxiques dans les eaux utilisées pour arroser les cultures maraîchères cultivées sur le site de Houéyihou. Les valeurs obtenues sont 3 et 4 fois supérieures à la concentration admise pour une eau destinée à la production de plantes annuelles. Les facteurs qui expliquent cette pollution sont liés à la nature du sol, à l'utilisation d'ordures ménagères et aux comportements des maraîchers.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABE (Agence Béninoise pour l'Environnement), 2003 : Etude des biocontaminants et migration des agents toxiques dans les cultures maraîchères au Bénin. 55 p.
- Azongnintodé, H.A., 2009 : Etude physico-chimique et bactériologique de l'eau du fleuve Ouémé pour la consommation et l'irrigation. 45 p.
- Boutin C. (1987) : L'eau des nappes phréatiques superficielles, une richesse naturelle vitale mais vulnérable. L'exemple des Zones rurales du Maroc *Sci. Eau*, 6 (3) 357-65.
- Dubois, J. C., 1992 : L'eau et les maladies nerveuses. Edition Expansion scientifique française, Paris, pp. 16-17.
- Dumaz B., 1986 : les maraîchers de la Côte-sous-le-Vent (Guadeloupe) : agriculteurs ou petits patrons ? Cahiers d'Outre-mer, vol.39, no 154, pp. 179-204.
- MEHU (Ministère de l'Environnement, de l'Habitat et de l'Urbanisme), 1993 : Plan d'action environnemental (PAE). Document final. Bénin. 134 p.
- Oyédé, L. M., 1991 : Dynamique sédimentaire actuelle et messages enregistrés dans les séquences quaternaires et néogènes du domaine margino-littoral du Bénin. 302 p.
- Tandia A. A., Gaye C. B. et Faye A. (1997) : Origine des teneurs élevées en nitrates dans la nappe phréatique des sables quaternaires (région de Dakar, Sénégal), *Sécheresse*, 8 (4).
- White R. E., Dayson J. S., Haigh R. A., Jury W. A. et Sposito G., (1986) : « A Transfer Function Model of Solute Transport Through Soil », 2 Illustrative Applications. *Water Resources Research*, 22 (2) 248-254
- World Water Vision, 2000 : Rapport du World Water Council. 2ème Forum Mondial de l'Eau à la Haye.
- Vermeylen, A., 2006 : Cours de microbiologie. Facultés Universitaires Notre Dame de la Paix de Namur, Belgique.