

Biodynamique des kystes d'amibes intestinales dans les eaux exploitées pour l'agriculture maraîchère en zone urbaine : cas de Yaoundé, Cameroun

Armel L. CHUMTCHOUA^{1*}, Gideon A. AJEAGAH¹, Joël ZEBAZE MEGUIE^{1,2} et Thomas NJINE¹

¹ *Laboratoire d'Hydrobiologie et Environnement, Département de Biologie et Physiologie Animale, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, P.O Box 812, Cameroun*

² *Laboratoire de Zoologie, Département de Biologie, Ecole Normale Supérieure, Université de Yaoundé I, Cameroun*

* Correspondance, courriel : chumtchoua@yahoo.fr

Résumé

Une étude ayant pour but de statuer sur la présence des kystes des amibes intestinales et les risques que cette possible présence font courir aux différents acteurs en contact de proche (agriculteurs) et / ou de loin (consommateurs) avec la ressource « eaux usées » dans la ville de Yaoundé a été menée de Novembre 2013 à Avril 2014. Pour cela, les bas-fonds de quatre quartiers ont été retenus pour les échantillonnages. Il s'agit des quartiers Ekounou, Etoug-Ebé, Nkolbisson et Mokolo. Les analyses physico-chimiques révèlent que les eaux exploitées pour l'agriculture maraîchère à Yaoundé sont légèrement acides, fortement minéralisées et riches en matière oxydable. De plus, les kystes de six (06) espèces d'amibes intestinales ont été identifiés dans ces eaux. Il s'agit de *Entamoeba histolytica*, *E. coli*, *E. poleckii*, *E. hartmanni*, *Endolimax nanus* et *Pseudolimax butschlii*. Les densités de ces kystes varient entre un minimum de $159,33 \pm 54,21$ kystes / L au niveau des bas-fonds du quartier Etoug-ébé, et un maximum de $354,67 \pm 220,15$ kystes / L au niveau des bas-fonds du quartier Mokolo. Les densités moyennes de ces kystes dans les eaux varient très peu et ceux en fonction de la conductivité électrique et les teneurs en orthophosphates des eaux qui évoluent en sens contraire avec les densités, et les MES, turbidité, couleur qui augmentent avec les densités des kystes. Les kystes des six espèces d'amibes intestinales retrouvées dans les eaux ont également été identifié sur les feuilles des légumes (*Lactuca sativa*, *Amaranthus viridis* et *Solanum nigrum*). Les densités moyennes des kystes sur les feuilles des plantes ont varié de $14,65 \pm 15,07$ kystes / 100 g de matière végétale à Mokolo à $50,22 \pm 22,04$ kystes / 100 g de matière végétale à Nkolbisson avec les pics enregistrés au cours de la saison des pluies, ceci dû à l'inondation des champs.

Mots-clés : *biodynamique, kystes d'amibes, entéroparasites, cultures maraîchères.*

Abstract

Biodynamic of intestinal amoeba cysts in the water used for market gardening in urban areas : the case of Yaounde, Cameroon

A study to decide on the presence of amoeba intestinal cysts and risks that may be present pose the various actors in contact close (farmers) and / or indirectly (consumers) with the "waste water" resource in Yaounde was conducted from November 2013 to April 2014. For the assessment of the marshy parts of four quarters

were retained. These are Ekounou, Etoug-Ebé, Nkolbisson and Mokolo quarters. Physico-chemical analyses of the water samples were taken, following standard methods. It reveals that, water exploited for agriculture in the swampy areas in Yaounde is slightly acidic, strongly mineralized and rich in oxydable matter. The cysts for six (06) species of entero-parasitic amoebae were isolated and identified in our water samples. There are *Entamoeba histolytica*, *Entamoeba coli*, *Entamoeba poleckii*, *Entamoeba hartmanni*, *Endolimax nanus* and *Pseudolimax butschlii*. There was very little variation in the average density of these kysts in water (no significant spatio-temporal variation). Average minimal density (159.33 ± 54.21 kystes / L) was observed at Etoug-Ebé1 and maximum average density (354.67 ± 220.15 kystes / L) at Mokolo1. Analyses of these results reveal the existence of a strong negative correlation between the density of the kysts and some physico-chemical parameters such as electrical conductivity and orthophosphate and positive correlation between suspended solid, colour and turbidity. We equally noted that, the leaves of plants (*Lactuca sativa*, *Amaranthus viridis* and *Solanum nigrum*) harbours the kyst of six species of amoeba seen in the water. Average density of the kysts on plant leaves varied from 14.65 ± 15.07 kystes / 100 g of plant leaves in Mokolo to 50.22 ± 22.04 kystes / 100 g of plant leaves in Nkolbisson.

Keywords : *biodynamics, cysts of amoeba, entéroparasites, market-gardening.*

1. Introduction

L'agriculture urbaine est celle-là qui est localisée dans la ville et sa périphérie et dont les produits alimentent les marchés des villes [1]. Cette agriculture est très souvent pérenne et tributaire des eaux de surface. Or dans les pays pauvres en voie de développement et particulièrement au Cameroun, près de 90 % de toutes les eaux usées sont déchargés directement vers les rivières et les ruisseaux sans aucun traitement [2]. Leurs usages, notamment à des fins agricoles, présente un réel risque sanitaire aussi bien pour l'agriculteur que pour le consommateur. Les eaux d'irrigation, surtout celles destinées aux légumes de consommation sans cuisson préalable, peuvent transmettre un grand nombre de pathogènes causant des maladies comme la typhoïde et les gastro-entérites [3]. Ces pathogènes appartiennent à plusieurs groupes biologiques parmi lesquels on peut citer les amibes. Les amibes sont des organismes unicellulaires eucaryotes plus complexes et plus gros que les bactéries. Avec les Flagellés, elles constituent l'embranchement des Sarcomastigophora dans lequel elles occupent le sous-embranchement des Sarcodina [4]. Les amibes peuvent être rencontrées dans les eaux où elles se nourrissent de matières organiques et / ou de bactéries. Elles adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance appelée kyste [3].

Avec le vent, l'eau reste le principal agent de dissémination de ces kystes. Comme tous les entéroparasites, la présence des kystes d'amibe dans un milieu témoigne d'une contamination fécale. L'OMS estime entre 30 et 50 millions, le nombre de personnes parasitées par les amibes dans le monde, et 100000 décès sont rapportés annuellement, plaçant ainsi l'amibiase à la seconde place des infections parasitaires mortelles après le paludisme [5, 6]. Au Cameroun, les statistiques sont alarmantes. Une étude faite dans la ville de Buea par [7] a montré que la prévalence de l'amibiase y était de 24,4 % et plus globalement de 12 % au Cameroun [8]. Au regard de ces statistiques et à l'accroissement des pratiques maraîchères dans la plus part des métropoles, il est urgent de déterminer les risques liés à l'usage eaux usées dans l'agriculture maraîchère dans la ville de Yaoundé. Le présent travail vise donc à étudier la biodynamique des kystes d'amibes intestinales dans les eaux utilisées pour l'agriculture maraîchère dans la ville de Yaoundé. Plus spécifiquement, il s'est agit de mesurer les paramètres physico-chimiques des eaux d'arrosage, d'identifier les différentes espèces d'amibes sous la forme kystique et déterminer leur densité, et enfin d'évaluer l'influence des paramètres abiotiques sur la distribution et les variations de densités des kystes.

2. Matériel et méthodes

2-1. Présentation du site d'étude et des stations d'échantillonnages

Située entre 3° 30' et 3° 58' de latitude Nord, 11° 20' et 11° 40' de longitude Est, la ville de Yaoundé appartient à la bordure ouest du plateau sud camerounais [9] avec un climat équatorial de type yaoundéen à quatre saisons bien marquées [10]. Une grande saison sèche de Décembre à Février, une petite saison des pluies de Mars à Juin, une petite saison sèche de Juillet à Août, une grande saison des pluies de Septembre à Novembre [9]. La végétation qui était de type forêt dense humide est aujourd'hui fortement modifiée par l'action anthropique et essentiellement composée de *Sterculariacées*, *Ulmacées* et *Celtis* [11]. Les bas-fonds de Yaoundé sont constitués des sols hydromorphes, le réseau hydrographique principalement constitué par le Mfoundi et ses affluents (la Biyéme, l'Olézoa, le Mingoa, l'Abiergué, le Tangwala, le Ntem, l'Ebogo, l'Ewoué, l'Akée, le Nkié, l'Odza) qui drainent la quasi-totalité de la ville. Pour l'étude, les bas-fonds de quatre quartiers appartenant à deux arrondissements de la ville de Yaoundé ont été retenus (**Figure 1**). Il s'agit des bas-fonds du quartier Ekounou (EK₁ et EK₂) dans l'arrondissement de Yaoundé 4 arrosé par le cour d'eau Ekié, les bas-fonds des quartiers Etoug-ébé (ET₁ et ET₂) arrosé par la Byéme, Nkolbisson (Nkol₁ et Nkol₂) et Mokolo (Mok₁ et Mok₂) arrosé par l'Abiégué tous dans l'arrondissement de Yaoundé 6. Au total, huit stations d'échantillonnage ont été retenues dont quatre sur les cours d'eau (EK₁, ET₁, Nkol₁ et Mok₁) et quatre autres sur les points aménagés pour l'arrosage des plantes (EK₂, ET₂, Nkol₂ et Mok₂). L'activité principale pratiquée ici est le maraîchage utilisant les engrais chimiques et les déjections animales. La station Mok₁ est située sur l'Abiergué. On observe de part et d'autre de cette portion du cours d'eau, des maisons d'habitation qui dirigent vers ce dernier des déchets de toutes sortes.

A ce niveau, l'Abiergué sert de dépotoir à la population. La station Mok₂ est un petit puits de 1 m de profondeur aménagé dans un champ de culture du « folong » (en majorité), et de la morelle noire. La station ET₁ est située sur une portion du cours d'eau Biyéme. De part et d'autre de ce cours d'eau, se trouvent des champs de culture de la morelle noire, des habitations avec des latrines à canon s'ouvrant directement dans le cours d'eau et des porcheries dont les déchets sont évacués vers le cours d'eau Biyéme. La station ET₂ est un petit puits de 1 m de profondeur situé dans un des champs de culture du « folon » sur les rives du cours d'eau. La station EK₁ est située sur le cours d'eau Ekié. Les berges de ce cours d'eau à cet endroit sont fortement colonisées par le sissongo (*Pennisetum purpureum*). A environ 7 m de EK₁, les maisons d'habitation bordent le cours d'eau et dirigent vers ce dernier les tuyaux des toilettes, les eaux usées et les ordures ménagères. La station EK₂ se trouve sur un bras de déviation du cours d'eau Ekié vers les champs pour l'arrosage des plantes. Cette station est située près d'un champ de laitue où les cultures sont pratiquées sur billons. La station Nkol₁ est située sur le cours d'eau Abiergué au niveau de Nkolbisson. A ce niveau, le cours d'eau est presque recouvert par la végétation fortement dominée par le sissongo. La station Nkol₂ est située près des champs dans un bas-fond de Nkolbisson. Cette station est localisée sur un bras du cours d'eau Abiergué dirigé vers les champs pour l'arrosage des plantes. Les cultures fortement pratiquées sur billon sont à dominances des laitues. On note ici une très faible pression anthropique. Les échantillonnages d'eau et de plante pour les analyses physicochimiques et biologiques suivant une fréquence mensuelle ce sont déroulés de Novembre 2013 à Avril 2014 et les résultats obtenus sont regroupés en saison (de Novembre à Janvier : GSS, de Février à Avril : PSP).

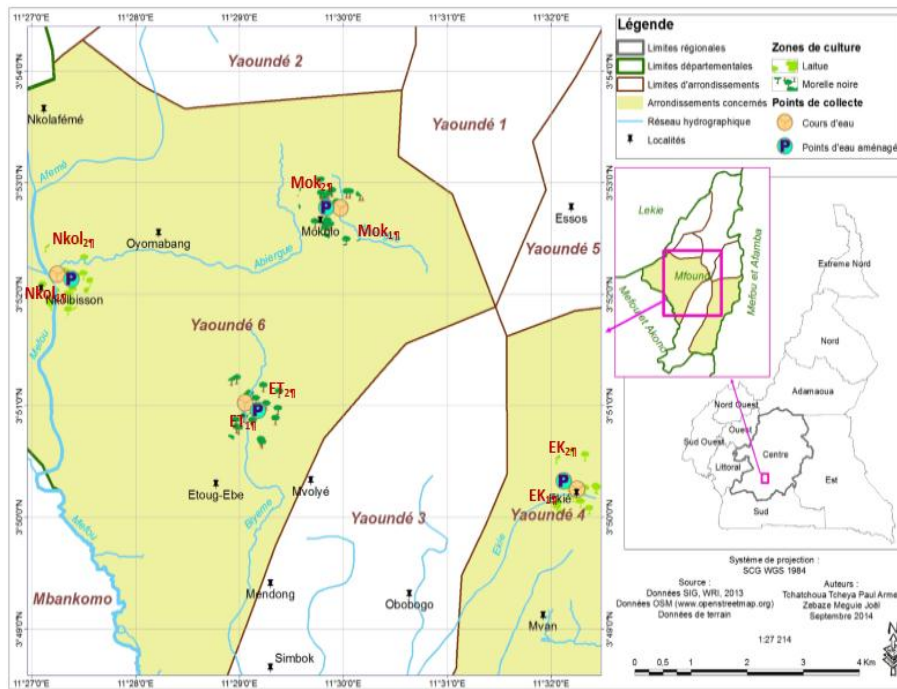


Figure 1 : Carte des stations d'échantillonnages

2-2. Mesure des paramètres physico-chimiques

Sur le terrain, la température (en °C), la conductivité électrique (en $\mu\text{S} / \text{cm}$) et les TDS (en mg / L) ont été mesurés à l'aide d'un multimètre (TDS / Conductimètre-Thermomètre) de marque HANNA. Le potentiel d'hydrogène (pH) exprimées en Unité Conventionnelle (U.C.) y est mesuré à l'aide d'un pH-mètre portable de marque HANNA. Au laboratoire, les MES, la turbidité de l'eau et la teneur des eaux en orthophosphates ont été mesurées par colorimétrie au spectrophotomètre Hach DR / 2000. Les valeurs sont exprimées respectivement en mg / L , en FTU (Unité Formazine de Turbidité) et en mg / L de PO_4^{3-} . La mesure des matières biodégradables ou non présentes dans les échantillons a été faite par volumétrie. Ceci par évaluation de la matière oxydable au KMnO_4 .

2-3. Echantillonnage des kystes d'amibes

Au niveau des stations sur les cours d'eau et sur les points aménagés dans les champs de culture, l'échantillonnage de l'eau pour l'identification des kystes d'amibes a été effectué au niveau des points caractérisés par une accumulation de la matière organique et / ou la présence de l'herbier. Après une légère agitation pour remettre les particules en suspension, l'eau a immédiatement été prélevée dans des flacons en polyéthylène à double bouchage de 1000 mL, puis transportée au laboratoire en enceinte réfrigérée. Pour les plantes, 250 g des parties comestibles de *Lactuca sativa* (à EK_2 et Nkol_2), *Solanum nigrum* (à ET_2) et *Amaranthus viridis* (à Mok_2) sont récoltées, conservées dans des emballages plastiques, maintenues en enceinte réfrigérée et transportées au laboratoire. Au laboratoire, les 250 g de matière végétale sont larvées avec 1 L d'eau distillée. Les échantillons ainsi constitués sont conservés dans les flacons en polyéthylène de 1000 mL. La phase suivante correspond à la sédimentation à température ambiante où l'échantillon est laissé au repos pendant 48 H. Ensuite, le surnageant est versé et le culot recueilli, mesuré et conservé pour les observations. L'observation des kystes s'est faite au microscope optique de marque Ivymen, à l'objectif 40, après concentration simple et coloration au lugol, et au Merthiolate-Iode-Formol (MIF).

2-4. Identification et dénombrement des kystes d'amibes

Les différents kystes d'amibes parasites de l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud ont été identifiés à l'aide des planches de l'OMS [12], des planches de l'atlas de parasitologie et les mensurations ont été faites grâce au micromètre que porte l'un des oculaires du microscope optique de marque Ivymen. Les concentrations des kystes sur les plantes sont ensuite estimées en nombre de kystes / 100 g de culture [13]. Le nombre (X) désignant l'abondance des kystes dans 1 L d'échantillon a été déterminé en utilisant la **Formule** ci-dessous proposée par [14] :

$$X = \frac{y \cdot V_x}{V_y} \quad (1)$$

avec, V_x = volume du culot dans 1 L d'échantillon ; V_y = volume du culot utilisé pour observation ; y = nombre de kystes dans V_y .

2-5. Analyse des données

Les variations spatiales des paramètres physico-chimiques et biologiques mesurés ont été déterminées à l'aide du test de Kruskal-Wallis associé au test de Mann-Whitney. Le niveau de pollution des eaux des échantillons a été déterminé en comparant les moyennes des paramètres aux normes, ceci grâce au test t de "Student". Le degré de dépendance entre les paramètres physicochimiques et biologiques mesurées est déterminé par la corrélation de rang r de Spearman.

3. Résultats

3-1. Variation spatio-temporelle des paramètres physiques

La température des échantillons d'eau a beaucoup variée allant de $22,93 \pm 1,46^\circ\text{C}$ à EK₁ pendant la GSS à $30,26 \pm 0,93^\circ\text{C}$ à Mok₂ pendant la PSP. A toutes les stations, les valeurs les plus fortes de la température ont été enregistrées à la PSP. Sur le plan spatial, les plus fortes valeurs de la température sont observées au niveau des points d'eau aménagés pour l'arrosage des plantes. La valeur la plus élevée de MES ($150,67 \pm 176,94$ mg / L) a été observée en PSP à Nkol₂ et la valeur la plus basse ($9 \pm 10,15$ mg / L) à Nkol₁ en PSP. Globalement les plus grandes valeurs ont été observées au niveau des points d'eau aménagés pour l'arrosage des plantes à l'exception des stations de Mokolo. Les valeurs de ce paramètre ont évolué dans le même sens que la turbidité ($r = 0,932$; $\alpha = 0,01$). Les valeurs moyennes maximales de la conductivité électrique sont plus élevées en PSP à Mokolo, soit $702,66 \pm 245,83$ $\mu\text{S} / \text{cm}$ et $763,66 \pm 582,30$ $\mu\text{S} / \text{cm}$ respectivement aux stations Mok₁ et Mok₂. Par contre, les plus faibles valeurs moyennes sont obtenues respectivement à Ekounou à la GSS pour le cours d'eau (EK₁ : $123,66 \pm 22,05$ $\mu\text{S} / \text{cm}$) et à Nkolbisson à la GSS pour le point d'arrosage (Nkol₂ : $63,33 \pm 15,04$ $\mu\text{S} / \text{cm}$). Les plus grandes valeurs ont été observées pendant la PSP, sauf pour les stations EK₂ et ET₁. Le profil de variation des valeurs TDS est similaire à celui de la conductivité. Les valeurs du potentiel d'Hydrogène (pH) ont très peu varié. De $6,74 \pm 0,51$ UC à EK₂ en PSP, il a atteint son maximum à Mok₂ en PSP ($7,36 \pm 1,45$ UC). Globalement, les valeurs du pH ont été plus élevées durant la PSP sauf aux points EK₂ et Mok₁ où ces valeurs ont été légèrement supérieures en GSS. Durant la période d'étude, les sites de Mokolo ont présenté en moyenne les plus grandes valeurs de pH tandis que les plus faibles valeurs ont été observées dans les stations d'Ekounou. Pour ce qui est des teneurs des échantillons en orthophosphates, elles ont très peu varié, aussi bien sur le plan spatial que temporel. La teneur moyenne la plus importante a été observée en PSP à Mok₁ ($1,96 \pm 0,77$ mg / L) et la plus petite à EK₁

en PSP ($0,28 \pm 0,10$ mg / L). La variation inter-station a révélé que, les stations de Mokolo avec une moyenne de $1,24 \pm 0,49$ mg / L présentent le plus fort taux d'orthophosphates tandis que les valeurs les plus basses ont été observées dans les stations d'Ekounou avec une moyenne de $0,54 \pm 0,46$ mg / L. Les valeurs les plus élevées des nitrates ont été observées à la GSS, à l'exception des stations EK₂ et Nkol₂. Les teneurs des eaux en nitrates varient de $0,3 \pm 0,2$ mg / L à Nkol₁ en PSP à $6,90 \pm 4,45$ mg / L à EK₁ en GSS. La teneur de matière oxydable dans l'eau des échantillons a beaucoup varié. Allant de $1,25 \pm 0,97$ mg / L (Nkol₂ à la GSS) à $18,69 \pm 12,09$ mg / L de KMnO₄ (Mok₁ à la PSP). A l'exception des stations EK₂ et Nkol₁, les valeurs les plus importantes sont observées en PSP. Ces variations au seuil de sécurité 5 % ne sont pas significatives sur le plan spatio-temporel.

Tableau 1 : Résultats des paramètres physicochimiques

Stations	Saisons	T°C	MES	Turb	Cond	TDS	pH	Nitra	PO ₄ ³⁻	Oxyda
EK1	GSS	22,93	46	63,66	123,66	70	6,80	6,9	0,87	5,79
	PSP	24,16	9	24,66	137	71,33	6,82	1,56	0,28	6,45
EK2	GSS	23,53	73	128,33	210,33	109,33	6,79	0,6	0,65	8,69
	PSP	25,66	79,33	133	122,66	63,66	6,74	2,16	0,37	8,55
ET1	GSS	24,43	37,33	66,66	499	259,33	6,78	4,1	1,13	9,35
	PSP	28,10	30	47	422	220	7,22	1,56	0,67	10,40
ET2	GSS	25,26	70,66	100	294,66	153,33	6,82	4,3	0,86	9,87
	PSP	29,26	99,33	119	354,66	181	6,92	2,3	0,62	10,59
Nkol1	GSS	25,06	11,66	34,33	324,33	167,66	6,78	2,2	0,92	4,08
	PSP	28,20	8,33	33	373	192,33	6,94	0,3	0,31	3,16
Nkol2	GSS	25,63	61,33	81,66	63,33	32,66	6,76	1,9	0,93	1,25
	PSP	27,76	150,66	180	205	106,33	6,93	1,53	0,43	3,42
Mok1	GSS	25,20	68,66	101	550,33	286,66	6,94	1,3	1,48	9,74
	PSP	28,90	104,66	135,33	702,66	362,66	6,92	1,23	1,96	18,69
Mok2	GSS	27,16	83,66	101	548,66	284	7,00	2,56	1,07	6,71
	PSP	30,26	49	89,33	763,66	398,66	7,36	0,76	0,44	10,99

3-2. Diversité et description des kystes d'amibes observés pendant la période d'étude

Les kystes de 06 espèces d'amibes intestinales ont été identifiés dans l'ensemble des stations. Ces kystes sont de forme ronde à ovale, possèdent des noyaux dont le nombre varie de 1 à 8 suivant l'espèce et le stade de développement des kystes. Selon les caractéristiques des noyaux, les kystes d'amibes identifiés appartiennent à 2 groupes (Entamibes et Limax). Dans le groupe des Entamibes, les kystes identifiés sont ceux des amibes *Entamoeba coli* (dont les tailles ont varié de 10 à 30 µm), *Entamoeba histolytica* (les tailles ont variés de 10 à 20 µm), *Entamoeba hartmanni* (dont les tailles ont varié de 4 à 10 µm) et *Entamoeba polecki* (dont les tailles ont varié de 9 à 20 µm). Dans le groupe des Limax les kystes identifiés sont ceux de l'amibe *Endolimax nanus* dont les tailles ont varié de 5 à 9 µm et l'amibe *Pseudolimax butschlii* qui sont de forme ronde à ovale et mesurent de 9 à 20 µm.

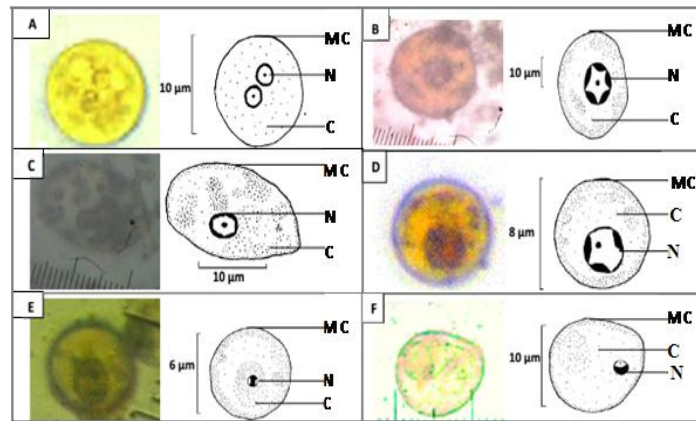


Figure 2 : Aspect des kystes d'amibes identifiés ; (A) *Entamoeba histolytica* ; (B) *Entamoeba coli* ; (C) *Entamoeba poleckii* ; (D) *Entamoeba hartmanni* ; (E) *Endolimax nanus* et (F) *Pseudolimax butschlii*, MC : Membrane Cytoplasmique ; N : Noyau ; C : Cytoplasme

3-3. Variations spatio-temporelles des densités des kystes

Tout au long de l'étude, les densités des kystes ont beaucoup varié. Elles ont varié entre une moyenne minimale de $79,66 \pm 84,91$ kystes / L à la station Nkol₁ en GSS et une moyenne maximale de $510,33 \pm 48,68$ kystes / L à la station de Mok₁ en PSP. A l'exception de la station ET₁, les densités moyennes les plus importantes ont été observées durant la PSP.

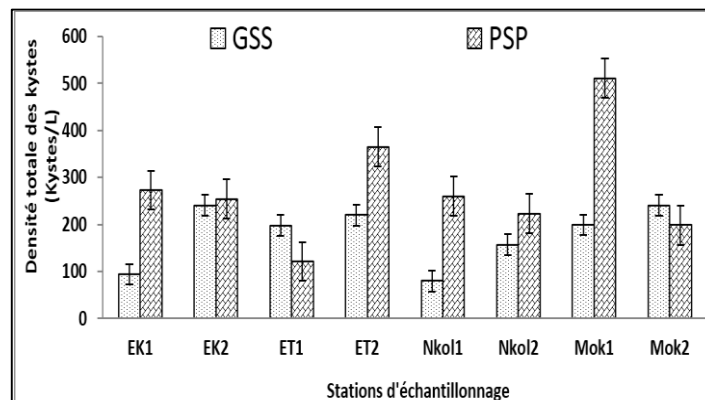


Figure 3 : Variations spatio-temporelles des moyennes de la densité totale des kystes

3-4. Variation spatiale et saisonnières des densités des kystes des différentes espèces

A l'exception des densités d'*E. coli* (à la station ET₁ et Mok₁), les densités moyennes les plus élevées ont été enregistrées en PSP. Quel que soit la station d'étude, les densités moyennes des kystes les plus représentatives sont celles de l'espèce *E. hartmanni* avec une valeur de $238,33 \pm 67,14$ kystes / L à la station Mok₁ à la PSP suivies de l'espèce *E. nanus* avec une densité moyenne maximale de $96,47 \pm 64,79$ kystes / L à la station ET₂ en PSP. Les densités moyennes minimales sont celles des kystes de l'amibe *E. polecki* ($1 \pm 1,73$ kyste / L à ET₁ en GSS).

Tableau 2 : Densité des kystes

Stations	EK1						EK2					
Espèces	E. col	E. hist	E. hart	E. na	E. pol	P. but	E. coli	E. hist	E. har	E. na	E. pol	P. but
GSS	19,33	8	29,27	19	5	13	37,67	26,67	59,33	62,33	7,33	13
PSP	51,33	19,33	100,67	72,67	6,67	22	40,67	38,67	59,67	59,67	32,33	11,33
Stations	ET1						ET2					
GSS	76,33	32,33	38,33	34,33	1	15,33	68	28,33	53	31,67	22,67	16
PSP	19	20	39	19	12	12	86,47	24,2	111,4	96,47	3,27	42,67
Stations	Nkol1						Nkol2					
GSS	31	18,67	56,33	65,33	11	6,67	21,33	18,33	45,67	36,33	13,67	21,33
PSP	60,17	25,3	70,9	89,57	9,97	4	50,83	28,97	71,4	56,63	9,43	5,67
Stations	Mok1						Mok2					
GSS	116,3	32,33	102,67	65,33	26,67	30	28,33	13	104	71,67	2	21
PSP	64	63,33	238,33	95,33	42,67	6,67	54,67	38,33	48	42	10	5,33

3-5. Variation spatio-temporelle des kystes sur les plantes

Sur les feuilles *Lactuca sativa*, *Solanum nigrum* et *Amaranthus viridis* récoltées, les kystes des six (06) espèces d'amibes entéroparasites retrouvés dans les eaux ont été identifiés. La variation spatio-temporelle des densités de ces kystes est non significative au seuil de sécurité 5 % et épouse le profil de variation dans les eaux. Les densités totales moyennes des kystes observés et identifiés sur les plantes varient de 4 kystes / 100 g (Mokolo) en GSS à 74 kystes / 100 g (Ekounou) en PSP. A l'exception de la station de Nkolbisson, les densités les plus importantes ont été enregistrées au cours de la PSP.

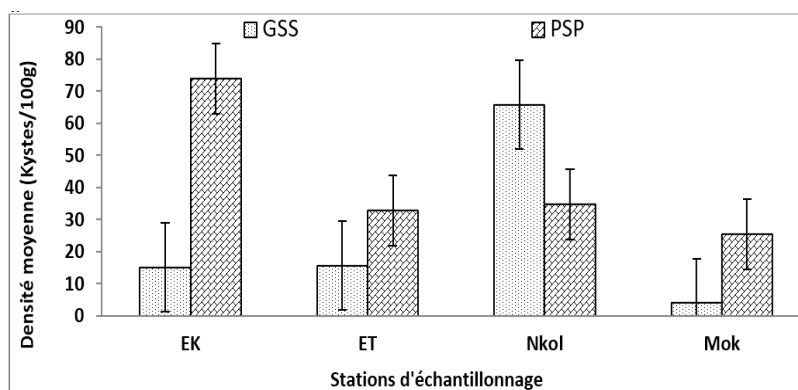


Figure 4 : Variations spatio-temporelles des moyennes des densités totales des kystes

4. Discussion

4-1. Paramètres physicochimiques

Au cours de l'étude, la variation saisonnière significative de la température ($P = 0,009$) a été observée. Cette variation serait associable aux conditions climatiques. La forte température moyenne ($30,26 \pm 0,93^\circ\text{C}$) enregistrée à la station Mok₁ pendant la PSP peut être attribuée à la période d'échantillonnage. Dans ce contexte, [15] affirment que les conditions d'ensoleillement, la période d'échantillonnage et l'environnement conditionnent les valeurs de la température dans les eaux de surface. En effet, nos stations sont localisées

dans des bas-fonds où les eaux sont peu profondes et s'y accumulent. Avec une valeur moyenne de $6,91 \pm 0,45$ UC, le pH des échantillons est resté dans l'intervalle (5 à 7 UC) préconisé par la norme du Canada [16]. Cette valeur très légèrement acide, est attribuable à la nature du substrat sol [17] et la forte tendance à la neutralité enregistrée en PSP serait attribuable aux apports latéraux essentiellement basiques [18]. En effet, en PSP, les apports d'effluents domestiques notamment les eaux savonneuses des toilettes et lessives de nature et d'origines diverses sont plus prononcés. Pour [19], la variation des paramètres physico-chimiques des eaux de surface est fonction des rythmes et de la qualité des apports latéraux des différents effluents. Les valeurs élevées des MES enregistrées au niveau de nos stations seraient dues aux apports de déchets organiques peu solubles provenant essentiellement des ménages. Les valeurs de ce paramètre ont évolué dans le même sens que la turbidité ($r = 0,932$; $\alpha = 0,01$) et la couleur ($r = 0,882$; $\alpha = 0,01$). L'essentiel de la turbidité aquatique est attribuable à la présence des particules en suspension dans l'eau [20]. Ces valeurs élevées des MES, turbidité et couleur, bien que contrastant avec les valeurs d'ortho-phosphates expliqueraient en partie les faibles teneurs en ortho-phosphate des eaux de nos échantillons. En effet, la matière organique présente dans les eaux n'aurait pas encore subi des réactions d'oxydation en vue de sa minéralisation sous forme d'ortho-phosphates et autre éléments.

Ces faibles teneurs en ortho-phosphates enregistrées peuvent également être dues aux réactions d'adsorption et de précipitation dans le sédiment [21]. Les teneurs en ortho-phosphate des échantillons sont significativement inférieures ($P < 0,05$) à la valeur seuil (2,4 mg / L) admise par la FAO pour les eaux usées réutilisées à des fins agricoles [22]. Selon la FAO [23], la quantité d'ortho-phosphate présente dans nos échantillons est trop faible pour modifier le rendement agricole. La conductivité électrique avec une moyenne globale de $355,94 \pm 257,24$ $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ne diffère pas significativement ($P = 0,927$) de la valeur seuil (261 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) recommandée par la FAO [22] pour les eaux usées réutilisées en agriculture. Ces valeurs élevées de la conductivité seraient le reflet de l'activité minéralisatrice des micro-organismes présents dans le milieu [24]. Les variations spatiales des paramètres physico-chimiques mesurés seraient principalement dues aux activités liées à ces différentes stations, au type d'enrichissement (engrais) apporté aux cultures qui par lessivage et ruissellement, pourront se retrouver dans le milieu aquatique et modifier les différents paramètres. Les valeurs élevées des paramètres physico-chimiques observées en PSP témoignent d'un mélange et accumulation des eaux avec des effluents chargés en matières organiques. Ceci associé à la localisation des stations (bas fonds marécageux où les eaux qui y parviennent sont d'origines diverses). Ces dilutions sont dues aux apports des effluents domestiques, ruissellement des champs, établissements de santé, commerciaux et eaux de pluies.

4-2. Paramètres biologiques

Les densités de kystes obtenues dans l'ensemble, révèlent une contamination des eaux de surface par la matière fécale. Avec des densités moyennes variant entre $159,33 \pm 54,21$ kystes / L à ET₁ et $354,67 \pm 220,15$ kystes / L à Mok₁, les eaux des échantillons sont, selon les normes de la FAO [23] et du Maroc [25], impropres à l'usage agricole. Les relatives faibles densités de kystes enregistrées pourraient s'expliquer par l'effet de dilution. Ainsi, le mélange des effluents (eaux issues des latrines à canon et des ménages) avec les eaux de surface abaisserait la densité de kystes dans les eaux. Ces relatives faibles densités pourraient également être attribuables au niveau de santé de la population aussi humaine qu'animale. Car la présence des formes de résistance des germes endoparasites du tube digestif témoigne d'une contamination fécale de ces eaux. En effet, le nombre et la variété d'organismes pathogènes retrouvés dans les eaux usées sont le reflet du niveau d'infestation de la population humaine ou animale desservie [26]. Sur le plan saisonnier, on note une légère augmentation des densités de kystes de la GSS vers la PSP. Cette augmentation des densités de kystes vers la PSP peut être due au fait qu'au niveau des sites

d'échantillonnage, les latrines à fond perdu sont vidangées dans les cours d'eau pendant la PSP. Ceci associé aux apports des eaux de pluies drainant les effluents divers. L'augmentation des densités des kystes en PSP entraînerait un risque sanitaire élevé en saison des pluies [1]. Sur le plan spatial, les densités élevées enregistrées dans les eaux au niveau des champs (ET_2 et EK_2) auraient pour cause, l'usage des fientes. Les fientes sont apportées aux sols pendant la GSS. Par suite de multiples arrosages, les kystes présents dans les fientes peuvent être drainés vers les points d'eau d'arrosage et contribuer à l'augmentation de la charge parasitaire (densité des kystes) des eaux de ces stations. Les kystes des parasites présents dans les cours d'eau sont généralement liés aux matières en suspension [27]. Ceci explique les corrélations positives et significatives enregistrées entre les MES et la densité des kystes de *E. hartmanii* ($r = 0,549$), entre l'oxydabilité ($r = 0,549$), la turbidité ($r = 0,540$), la couleur ($r = 0,662$) et les densités d'*E. histolytica*, ou encore entre l'oxydabilité et les densités des kystes totaux ($r = 0,529$). En effet, les liaisons occasionnées par des interactions électrostatiques notamment celles de Lifshitz-Van der Waals et acides-bases de Lewis faciliteraient la dissémination des kystes dans le milieu aquatique. Les densités des kystes ont été parfois indiquées comme négativement corrélées aux orthophosphates ($r = -0,886$) et l'oxydabilité ($r = -0,886$). Sous forme ionique, les fortes concentrations en matière organique du milieu peuvent augmenter l'inactivation des formes de résistance des organismes parasites [28]. Ainsi, par leur grande capacité de pénétration dans la paroi des formes de résistance, la charge ionique en association avec un pH non adapté au parasite contribuent à l'inactivation des kystes [28]. Sur les feuilles *Lactuca sativa*, *Solanum nigrum* et *Amaranthus viridis* récoltées, les kystes des six (06) espèces d'amibes entéroparasites ont été identifiés. La variation spatio-temporelle des densités de ces kystes est non significative au seuil de sécurité 5 % et épouse le profil de variation dans les eaux. De ce fait, si la présence des kystes des amibes intestinales sur les feuilles des plantes pendant la GSS est attribuable à l'usage des eaux parasitées pour l'arrosage des plantes et à l'apport des fientes, l'augmentation de ces densités pendant la PSP est principalement le fait des inondations des champs durant cette saison.

5. Conclusion

Il ressort de cette étude que les eaux des bas-fonds de Yaoundé utilisées pour l'irrigation des surfaces maraîchères sont légèrement acide à tendance neutre, fortement minéralisées et riches en matière organique biodégradable. Ces résultats témoignent d'une pollution anthropique résultant des apports des eaux usées principalement domestiques. De plus, la présence des kystes d'amibes intestinales révèle une contamination fécale de ces eaux. Les fortes densités de kystes sont enregistrées en saison pluvieuse et sont pour la majorité *Entamoeba hartmanii* et *Endolimax nanus*. Des corrélations significatives et négatives entre la densité des kystes et les paramètres physico-chimiques telles que la conductivité et la teneur en orthophosphates, mettent en relief leurs effets limitant sur l'abondance et la dynamique des kystes. La présence de ces kystes parasites sur les plantes augmenterait les risques de contamination du consommateur des produits issus de ces maraichers. Afin de limiter la recrudescence des infections parasitaires, nous recommandons aux populations de participer à l'assainissement de leur milieu en construisant des latrines étanches et adéquates, de respecter les règles d'hygiène alimentaires comme la propreté des mains, le lavage systématique des produits issus de l'agriculture maraîchère avant consommation.

Références

- [1] - P. MOUSTIER et A. S. FALL. Dynamiques de l'agriculture urbaine : caractérisation et évaluation. In O.B. Smith, P. Moustier, L. A. Mougeot, A. Fall, Développement durable de l'agriculture urbaine en Afrique francophone : enjeux, concepts et méthodes. CIRAD/CRDI, (2004) 23 - 37.
- [2] - ONU, <http://www.un.org/cyberschoolbus/student/2005/theme.asp/> Nations Unies, (2005).
- [3] - S. VANDERMEERSCH, Etude comparative de l'efficacité des eaux usées pour l'élimination des micro-organismes pathogènes. Diplôme d'étude spécialisée en gestion de l'environnement : Université libre de Bruxelles, (2006) 81 p.
- [4] - R. LACOSTE, Les parasites intestinaux chez le macaque crabier (*Macaca fascicularis*) : Etude expérimentale et recommandations pour la diagnose et la gestion des Rhizoflagelles et des ciliés. Thèse pour le Doctorat vétérinaire, Faculté de Médecine de Créteil / Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, (2009) 237 p.
- [5] - WHO (World Health Organization), Basic Laboratory methods in Medical parasitology. ISBN, (1991) 29 p.
- [6] - W. J. PETRI, R. HAQUE and D. LYERLY, Estimating the impact of amebiasis on health. *Parasitol Today*, N° 16 (2000) 320 - 321.
- [7] - H. MBUH, V. JUDUTH, N. NTONIFOR and J. T. OJONG, The incidence, intensity and host morbidity of human parasitic protozoan infections in gastrointestinal disorder out patients in Buea Sub Division, Cameroon. *J. Infect Dev. Ctries*, N° 4 (2010) 038 - 043.
- [8] - J. MBAW, A. FOUA, J. LOLIQUE and A. SAMÉ-EKOB, A comparative study of parasitic and fungal infections in HIV positive and negative. Subjects in the urban setting of Yaounde. *The internet journal of internal medicine*, N° 4 (2006) 038 - 045.
- [9] - J. B. SUCHEL, Les climats du Cameroun. Thèse de doctorat d'état, (1988) 1177 p.
- [10] - J. B. SUCHEL, La répartition des pluies et des régions pluviométriques au Cameroun. Travaux et Documents de Géographie Tropicale (C-E-G - CNRS), 5^{ème} Ed., (1972) 288 p.
- [11] - G. R. KOUAM KENMOGNE, F. ROSILLON, H. G. MPAKAM et A. NONO, Enjeux sanitaire, socio-économiques et environnementaux liés à la réutilisation des eaux usées dans le maraîchage urbain : cas du bassin versant de l'Abiergué (Yaoundé-Cameroun). *Vertigo- la revue électronique en sciences de l'environnement*, N° 10, Vol. 2, (2010) 23.
- [12] - OMS, Planches pour le diagnostic des parasites intestinaux. Genève, (1994) 29 p.
- [13] - V. TSAMA, A. C. PIAL, G. TABUE YOUNBI et A. AMOUGOU, Incidence de la charge en œufs d'helminthes contenue dans les boues de vidange sur la qualité parasitaire de quelques cultures maraîchères à Nomayos (Yaoundé-Cameroun). ISSN 1813-548X, *Afrique science*, N° 6, Vol. 1, (2010) 106 - 115.
- [14] - G. A. AJEAGAH, T. NJINE, C. F. BILONG BILONG, S. M. FOTO, N. M. WOUAFO, M. NOLA, G. G. D. DI and S. HUW, Seasonal Distribution of Enteric Opportunistic *Cryptosporidium* Spp. Oocysts and *Giardia* Spp. Cysts in a tropical water basin, Cameroon. *Water*, Vol.2, (2010) 44 - 57.
- [15] - M. BOUZIDI, A. YOUCEF, A. LATRECHE, M. BENYAHIA, N. BOUGUENAYA et H. MELIANI, Copépodes, Cladocères et Rotifères du lac Sidi Mohamed Benali (Algérie Nord-Occidentale). *Physio-Géo*, N° 4, (2010) 1 - 19.
- [16] - H. G. PETERSON, Water quality Fact Sheet: Irrigation and Salinity, Agriculture et Agroalimentaire Canada (<http://www.agr.gc.ca/pfra/water/microirr.htm>), (1999) 4 p.
- [17] - E. TEMGOUA, B. BITOM, T. H. B. DJEUDE et R. YONGUE. Habitation, agricultural practices and degradation of the soil in urban area : the case of Ngoa-Ekélé and Oyomabang district of Yaoundé Cameroon. Research report, University of Yaoundé I, (2003) 13 p.
- [18] - G. LEYNAUD et J. L. VERREL. Modification du milieu aquatique sous l'influence des pollutions. *La pollution des eaux continentales*. Edition P. Presson Paris, (1980).

- [19] - D. GHAZALI et A. ZAID, Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source AIN SALAMA JERRI (Région de Meknes-Maroc). *Larhyss Journal*, Vol. 12, (2013) 25 - 36.
- [20] - R. ARFI, P. DUFOUR et D. MAURER, Phytoplancton et pollution : première étude en baie de Biétri (Côte d'Ivoire). Traitement mathématique des données. *Oceanol. Acta.*, N° 4, (1981) 319 - 330.
- [21] - H. DJEDDI, Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines. Mémoire : Université Mentouri Constantine (Algérie), (2007) 136 p.
- [22] - O. AGHAI, R. CHOUKR-ALLAH, Impact de l'irrigation par les eaux usées épurées sur la productivité d'une culture de tomate de plein champ, la santé du sol et le bilan d'azote. In : Hamdy A. *The use of non conventional water resources*. Bari : CHEAM / EU DG Research, N° 66, (2005) 165 - 171.
- [23] - FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture), L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation. FAO Irrigation and Drainage, (2003) 65 p.
- [24] - M. FREEZE et L. CHERRY, Ground water and stream ecology. *Hydrobiologia*, N° 62, (1979) 132 - 141.
- [25] - S.E.E.E. Normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation. Rapport du Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau et de l'Environnement Direction de la Recherche et de la Planification de l'Eau, (2007) 2 p.
- [26] - K. BOUHOUM, Etude épidémiologique des helminthiases intestinales chez les enfants de la zone d'épandage des eaux usées de Marrakech / Devenir des kystes de protozoaires et des œufs d'helminthes dans les différents systèmes extensifs de traitement des eaux usées. Thèse de Doctorat Université de Marrakech, (1996) 227 p.
- [27] - G. J. MEDEMA, F. M. SCHETS, P. F. M. TEUNIS and N. H. HAVELAAR, Sedimentation of free and attached *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* in water. *Appl Environ Microbiol*, N° 64, (1998) 44 - 60.
- [28] - G. A. AJEAGAH, T. NJINE, M. NOLA, M. S. FOTO et N. M. WOUAFO, Evaluation de l'abondance des formes de résistance de deux protozoaires pathogènes (*Giardia* sp. et *Cryptosporidium* sp.) dans deux biotopes aquatiques de Yaoundé (Cameroun). *Cahier d'Etudes et de Recherche Francophones / Santé*, N° 17, (2007) 167 - 172.