



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Persistence de *E. coli*, des œufs d'helminthes et des kystes de protozoaires contenus dans les eaux usées urbaines d'arrosage sur les cultures maraîchères à Dschang, Ouest-Cameroun

Honorine NTANGMO TSAFACK^{1*}, Emile TEMGOUA² et Thomas NJINE³

¹Centre de Recherche d'Ecologie et de Biologie Appliquées, Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences, Université de Dschang, BP 67 Dschang, Cameroun.

²Centre de Recherche d'analyse des sols et de chimie de l'environnement, Département des Sciences du Sol, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, BP 222 Dschang, Cameroun.

³Laboratoire de Biologie Générale, Département de Biologie et de Physiologie Animale, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, BP 812 Yaoundé, Cameroun.

*Auteur correspondant ; E-mail: tsafackhonorine@yahoo.fr; Tel: +237 77 42 16 51

REMERCIEMENTS

Ce travail a bénéficié du soutien de la Fondation Internationale pour la Sciences à travers les bourses W5005-1, W5005-2, W4006-1 et W4006-2 à qui les auteurs adressent un grand merci.

RESUME

Le risque lié à l'utilisation des eaux usées en agriculture dépend de la durée de survie des microorganismes pathogènes sur les cultures. Ce travail a pour objectif de suivre *in situ* la durée de survie de *E. coli*, des œufs et des kystes de parasites sur la carotte, l'aubergine et la laitue. Les cultures ont reçu de l'eau polluée à la maturité, et elles ont été échantillonnées et analysées pendant une semaine. En saison pluvieuse, une chute de 73%, 83%, 97% de *E. coli* a été obtenu sept jours après sur la laitue, la carotte et l'aubergine respectivement. En saison sèche, cette baisse a été respectivement de 97%, 95% et 99%. Malgré le fort pourcentage de chute, excepté l'aubergine, le taux de *E. coli* est resté supérieur aux seuils sanitaires (10^3 *E. coli*/g). Le pourcentage d'échantillon positif en œufs et en kyste, varie entre 0 et 25% sur la laitue et la carotte, et entre 0 et 8% sur l'aubergine. Ce qui est un danger pour les consommateurs de ces légumes qui se consomment cru. Afin d'éviter ou de réduire le risque lié à cette pratique, les maraîchers devrait arrêter l'arrosage des cultures au moins une semaine avant la récolte.

© 2019 International Formulae Group. All rights reserved

Mots clés: Agriculture urbaine, eau polluée, légumes, risque sanitaire, zone tropicale humide.

Persistence of *E. coli*, helminth eggs and protozoan cysts contained in urban waste water on vegetable crops in Dschang, West Cameroon

ABSTRACT

The risk associated with the use of wastewater in agriculture depends on the survival time of pathogenic microorganisms on crops. This work aims to follow *in situ* the survival time of *E. coli*, parasite eggs and cysts on carrot, eggplant and lettuce. The crops received polluted water at maturity, and they were sampled and analyzed for one week. In the rainy season, drops a fall of 73%, 83%, 97% of *E. coli* was obtained seven days later on lettuce, carrot and eggplant respectively. In dry seasons, this drop was respectively 97%, 95% and 99%. Despite the high percentage of fall, except eggplant, the rate of *E. coli* remained above the health

thresholds (10^3 *E. coli* / g). The percentage of positive sample in eggs and cyst, varies between 0 and 25% on lettuce and carrot, and between 0 and 8% on eggplant. This is a danger for consumers of these vegetables that are consumed raw. In order to avoid or reduce the risk associated with this practice; market gardeners should stop watering crops at least one week before harvest.

© 2019 International Formulae Group. All rights reserved

Keywords: Urban agriculture, polluted water, vegetables, health risk, wet tropical zone

INTRODUCTION

Les eaux usées urbaines polluées sont très utilisées pour l'arrosage des cultures maraîchères y compris celles consommées crues dans les pays en développement (Ndiaye, 2009; Sou, 2009; Gueze, 2010; Ntangmo Tsafack et al., 2012). Le problème majeur soulevé par cette pratique est principalement de nature sanitaire. En effet, les maladies hydriques sont récurrentes dans ces pays. Au Cambodge, en RDA, à Madagascar et au Cameroun par exemple, les maladies liées à l'eau et principalement les diarrhées restent un problème majeur de santé public (Fonkoua, 2010).

A Dschang, le diagnostic de l'ONU-Habitat (2005) et les travaux de Boon (2008) signalent les cas de typhoïde, des parasites intestinaux et de diarrhée comme maladies récurrentes dans la ville. Elles peuvent être d'origine bactériologique, virale, ou parasitaire. Cette situation est préoccupante, mais les responsables communaux de la ville de Dschang n'ont pour priorité que les eaux de boisson (ERA-Cameroun, 2005; Boon, 2008; Temgoua et al., 2009; Temgoua, 2011). Alors que la mauvaise qualité sanitaire des eaux d'arrosage et des produits de récolte peuvent également être à l'origine des infections chez les consommateurs (Ntangmo Tsafack et al., 2009, 2012; Temgoua et al., 2012). En effet, le système d'assainissement est presque inexistant dans cette ville; les eaux des cours d'eau, utilisées pour l'arrosage des cultures reçoivent toutes les eaux usées de la ville.

Une enquête menée en 2010 dans tout le district de santé de Dschang nous a permis de constater que, sur une population de 209 055 habitants, 24 232 malades ont été diagnostiqués dans les 51 formations sanitaires que compte ce district de santé de mars 2009 à mars 2010; 2000 malades diagnostiqués souffraient de maladies

hydriques. 63% de ces malades ont été diagnostiqués de novembre à mars. Cette période correspond à la saison sèche, période de l'année où les cultures proviennent à majorité des bas fonds marécageux, et elles reçoivent les eaux de mauvaise qualité (Ntangmo Tsafack et al., 2012). Quel peut être l'implication des légumes des bas-fonds de Dschang sur la recrudescence des maladies hydriques dans cette ville.

Le risque lié à l'utilisation des eaux usées urbaines en agriculture a déjà été évalué par plusieurs auteurs (Howord et al., 2003; Keraita et al., 2003; Keraita and Drechsel, 2004; Faruqui et al. 2004; Amoah et al., 2006, 2007). Mais, la majorité de ces études, n'ont porté que sur l'identification et la quantification ponctuelle des microorganismes pollueurs dans l'eau d'arrosage, dans le sol et sur les cultures. Alors que la survie est l'élément déterminant du nombre de microorganismes pathogènes qui peuvent contaminer les cultures et dans la chaîne des consommateurs (Mougeot, 2009). Par conséquent, la solution à cette pratique passe nécessairement par la détermination de la durée de survie des microorganismes pathogènes de l'Homme sur les cultures. Les travaux dans ce domaine restent limités en Afrique (Palese et al., 2009). C'est pour combler cette lacune et protéger les consommateurs des produits arrosés avec les eaux de mauvaise qualité que ce travail a été initié. Il a pour objectif de suivre *in situ* le temps de séjour de *E. coli*, des œufs d'helminthes et des kystes de protozoaires sur la laitue, la carotte, l'aubergine et l'influence du climat tropicale humide sur cette survie.

MATERIEL ET METHODES

Présentation de la ville de Dschang

Situé dans la région de l'Ouest Cameroun, la ville de Dschang, chef-lieu du Département de la Menoua et de

l'Arrondissement qui porte son nom, s'étend sur une partie des villages Foto et Foréké-Dschang. Géographiquement, Dschang se situe au 15° méridien Est, entre les latitudes 5° 10' et 5° 38' Nord, entre les longitudes 9° 50' et 10° 20' Est et à une altitude moyenne de 1400 m. Cet espace est situé sur le versant Sud – Ouest des Monts Bamboutos, et dominé par des bas plateaux fortement disséqués par de petites vallées parfois marécageuses (Figure 1). Le climat est caractérisé par une saison sèche allant de mi-novembre à mi-mars et une saison pluvieuse allant de mi-mars à mi-novembre.

Disposition de la parcelle expérimentale

Une parcelle de plus de 400 m², resté en jachère pendant cinq ans, a été aménagée dans un bas fond marécageux de l'Université de Dschang. L'étude s'est faite sur trois cultures dont les feuilles (laitue), les fruits (aubergine) et les racines (carotte) sont consommées crues. La disposition des planches a été faite selon un schéma de type split-plot. Cette disposition était composée de 18 planches (dont neuf témoins) représentant les trois types de cultures mise en place en trois répétition chacun.

Neuf planches (trois par type de culture) ont reçu une eau urbaine polluée toute les deux semaines en saison pluvieuse (simulation d'inondation), et deux fois par semaine en saison sèche durant tout le cycle des cultures. Les neuf planches témoins ont reçu l'eau de pluies en saison pluvieuse, et une eau potable en saison sèche.

A la maturité des cultures, l'eau urbaine polluée a été appliquée sur les cultures, à l'aide d'un arrosoir de 10 litres. Les cultures par la suite ont été échantillonnées (un paquet d'environ 1000 g de légume chacun a été prélevé par parcelle et conservé dans un sachet en plastique stérile, puis transportés au laboratoire en enceinte réfrigérée) tous les jours pour les analyses bactériologiques et tous les deux jours pour les analyses parasitologiques pendant une semaine. Au laboratoire, le paquet a été divisé en cinq sous-échantillons, l'un a été utilisé pour les analyses bactériologiques et les quatre autres pour les analyses parasitologiques.

La recherche de *E. coli* sur les cultures a été faite selon la méthode employée par Amoah et al. (2005). Après avoir rincé l'échantillon à l'eau de robinet, 180 ml d'eau distillée sont ajoutées à 20 g d'échantillons de culture (poids frais) préalablement rincés à l'eau de robinet, puis broyés dans un mixeur. Après avoir effectué les dilutions à partir de la suspension initiale de la solution mère, 0,1 ml de chaque échantillon est ensemencé sur le milieu gélosé (Agar lactosé au TTC et au tergitol 7), et incubé à 44 °C pendant 24 heures.

Après culture, les tests biochimiques de confirmation (le test indole, la fermentation du lactose, l'effet citrate négative, la mannitol mobilité, la fermentation du glucose et la production du gaz) ont été faits. Le milieu Mannitol-Mobility-Nitrate de Biorad a été utilisé pour étudier la fermentation du mannitol par *E. coli* et sa mobilité. L'eau peptonée (peptone de Biorad) a été utilisée pour rechercher la production d'indole par *E. coli*. Le milieu Kligler-Hajna de Biorad a été utilisé pour évaluer la fermentation du lactose, du glucose et la production du gaz par *E. coli*. Le milieu Citrate de simmons de Biorad a été utilisé pour évaluer l'effet «citrate négative» par *E. coli*.

Les analyses parasitologiques n'ont porté que sur une étude qualitative. La recherche des kystes et œufs de parasites sur les cultures a été faite suivant la méthode utilisée par de Bailenger (1962) in Amahmid (2004). Il s'agit d'une technique diphasique basée sur la mise en présence de deux phases non miscibles, l'une aqueuse qui permet la dilution de l'échantillon et l'autre organique, que l'on émulsionne puis sépare par centrifugation et observé au microscope, à l'aide d'une cellule de Mac master à l'objectif 10 pour les œufs, et entre lame et lamelle aux objectifs 10, 40 et 100 successivement après coloration au lugol pour les kystes.

Analyse des données

Les données ont été soumises aux analyses statistiques descriptives simples et ANOVA. Pour cela, le logiciel SPSS version 12.0 pour Windows a été utilisé.

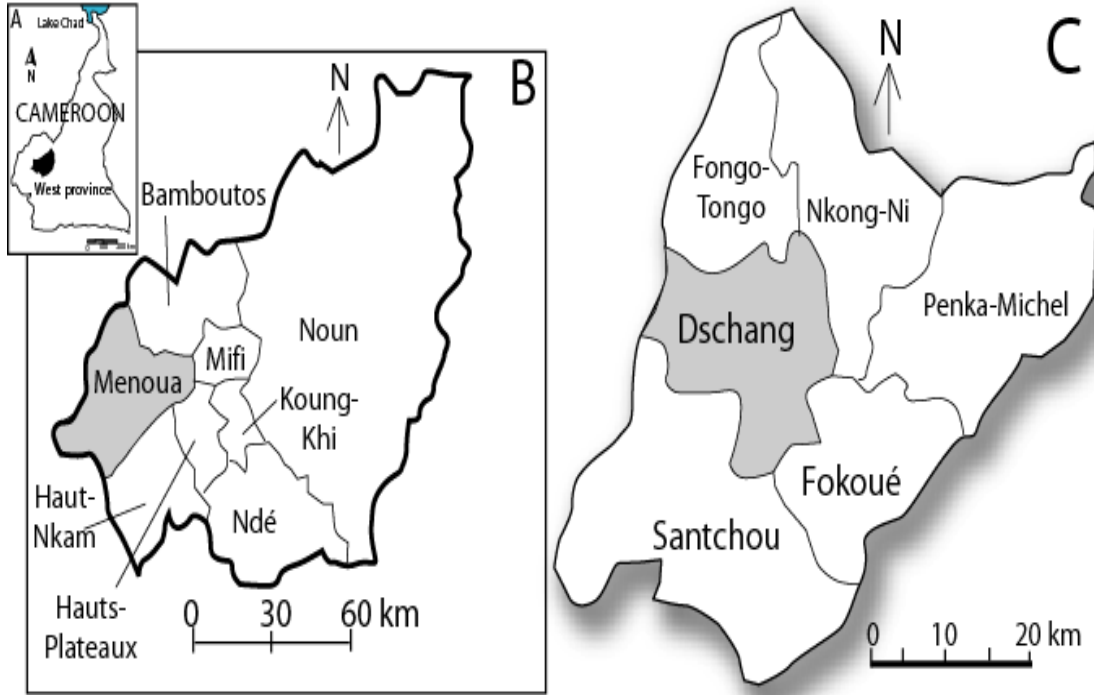


Figure 1 : Localisation de la ville de Dschang.

Tableau 1 : Caractéristiques de l'eau du cours d'eau utilisée.

Paramètres	Saison pluvieuse	Saison sèche
pH	6,43±0,3	6,49± 0,22
NO ₃ ⁺ (mg/L)	11,25± 1,2	28,00 ± 2,3
PO ₄ ²⁻ (mg/L)	4,50 ± 0,2	2,50 ± 0,41
K ⁺ (mg/L)	0,70 ± 0,16	0,40 ± 0,06
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	0,48±0,08	0,52± 0,02
DCO (mg/L)	99,70 ± 22,4	50,50 ± 10,84
DBO ₅ (mg/L)	49,20 ± 11,20	38,00 ± 9,17
<i>E. coli</i> log (UFC/100 mL)	4,20 ± 0,13	4,10 ± 0,20
Kystes <i>Entamoeba spp</i>	présents	présents
Œufs <i>Ascaris lumbricoides</i>	présents	présents

RESULTATS

L'eau usée brute provient de la station d'épuration qui reçoit toutes les eaux usées de la cité universitaire. Elle contient une importante quantité de *E. coli*, elle est légèrement basique, très riche en éléments fertilisants majeurs. La teneur en nitrate, celle en phosphate (PO_4^{2-}) et en potassium (K^+) sont respectivement en saison pluvieuse et en saison sèche de 20 et 29 mg/L, 137 et 238 mg/L et 69 et 53 mg/L. Or, la teneur en azote minéral des eaux usées urbaines, après traitement secondaire, est comprise généralement entre 20 et 60 mg/L, celle du phosphate entre 6 et 15 mg /L et celle du potassium entre 10 et 40 mg (FAO, 2003; da Fonseca et al., 2007). Aussi, le phosphate qui est généralement le nutriment qui se trouve en plus faible quantité dans les eaux usées traitées, est l'élément le plus représenté dans l'eau usée de cette station d'épuration. Tout ceci traduit le mauvais état de cette station d'épuration.

L'eau du cours d'eau utilisée a des œufs et des kystes de parasite, présente une teneur en *E. coli* supérieure à la norme sanitaire : $\log(E. coli)/100 \text{ mL} < 3$.

Durée de survie de *E. coli* sur les cultures

La Figure 2 présente la durée de survie de *E. coli* sur les cultures en saison sèche et en saison des pluies.

En saison sèche comme en saison pluvieuse, le degré de contamination des laitues varie significativement ($P < 0,01$) avec le temps. En saison sèche, une baisse graduelle de *E. coli* sur les laitues a été observée. 60×10^3 UFC de *E. coli/g* ont été observées sur la laitue juste après l'application de l'eau usée urbaine. Une baisse de 38% a été observée un jour après l'application de l'eau usée sur les laitues, 47% deux jours après, 59% trois jours après, 68% quatre jours après, 90% après cinq jours et de 97% six jours après.

En saison pluvieuse, dans un premier temps, une baisse graduelle de la quantité de *E. coli* sur les laitues du premier au quatrième jour a été observée, ce qui correspond à une

baisse de de 79% un jour après l'application de l'eau usée sur les laitues, 83% deux jours après, 91% trois jours après ; puis une hausse le cinquième jour et une chute à partir du sixième jour. Malgré cette hausse, comparée au premier jour, une chute de 33% a été observée quatre jours après, 44% après cinq jours et de 73% six jours après. Le taux de *E. coli* est ainsi passé de 71×10^3 UFC de *E. coli/g* de laitue, à 20×10^3 UFC d'*E. coli/g* de laitue le septième jour.

En saison pluvieuse, le degré de contamination des carottes varie significativement avec le temps ($P < 0,05$). Une chute brutale et a été observée dès le deuxième jour après l'application de l'eau polluée, puis une légère stabilité est observée le 4^{ème} jour, et une hausse le 5^{ème} jour, et une baisse graduelle jusqu'à la fin de l'étude. Une baisse de 68% a été observée un jour après l'application de l'eau polluée sur les carottes, une baisse de 75% trois jours après et une baisse de 86% six jours après. Le taux de *E. coli* est dont passé de 56×10^3 (UFC/g MS) juste après l'application de l'eau polluée à 8×10^3 (UFC/g MS) six jours après.

En saison sèche, une baisse graduelle et significative ($p < 0,01$) de la population de *E. coli* a été obtenue sur les carottes du début à la fin de l'étude avec une hausse significative observée le troisième jour. Une baisse de 62% a été observée un jour après, 70% trois jours après et 94% six jours. Le taux de *E. coli* sur la carotte est ainsi passé de 51×10^3 (UFC/g MS) juste après l'application de l'eau polluée à $2,5 \times 10^3$ (UFC/g MS) le 7^{ème} jour.

En saison pluvieuse, une baisse graduelle et significative ($p < 0,01$) est observée après l'application de l'eau polluée jusqu'à la fin de l'étude sur les aubergines. Une baisse de 47% a été observée un jour après l'application de l'eau polluée sur les aubergines, une baisse de 84% deux jours après, 92% quatre jours après et de 97% six jours après. Le taux de *E. coli* sur cette culture est passé de 19×10^3 (UFC/g de MS) juste après l'application de l'eau polluée à $6,3 \times 10^2$ (UFC/g de MS) le septième jour.

En saison sèche, une baisse brutale graduelle et significative ($p < 0,01$) à été observée pendant tout le suivi sur les aubergines. Une baisse de 60% a été observée un jour après l'application de l'eau polluée sur la aubergines, 87% trois jours après et de 99% six jours après. Le taux de *E. coli* sur les aubergines à cette période est passé de $25 \cdot 10^3$ (UFC/g MS) juste après l'application de l'eau polluée à $3 \cdot 10^2$ (UFC/g MS) six jours après.

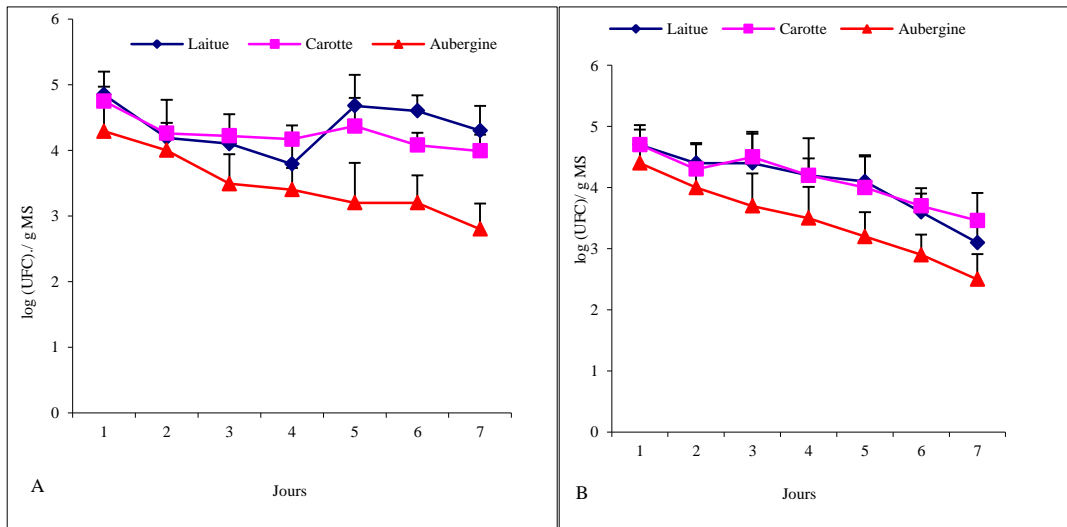
Durée de survie des œufs d'*Ascaris lumbricoides* et des kystes d'*Entamoeba spp* sur les cultures

La Figure 3 présente la durée de survie des œufs d'*Ascaris lumbricoides* et des kystes d'*Entamoeba spp* sur les cultures

En saison sèche, les kystes d'*Entamoeba sp* ont été détectés sur environ 25% d'échantillons de laitue le premier jour; aucun n'a été détecté le quatrième jour, mais le septième jour, ces kystes ont été détectés sur 8% d'échantillon. Les œufs ont été

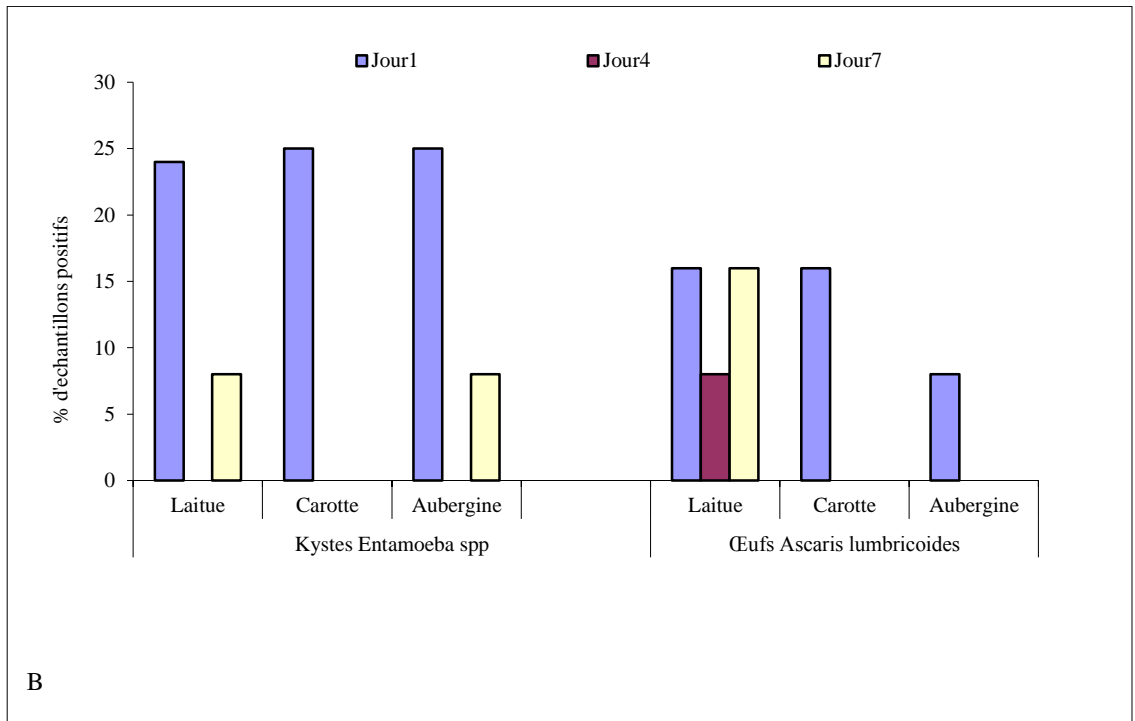
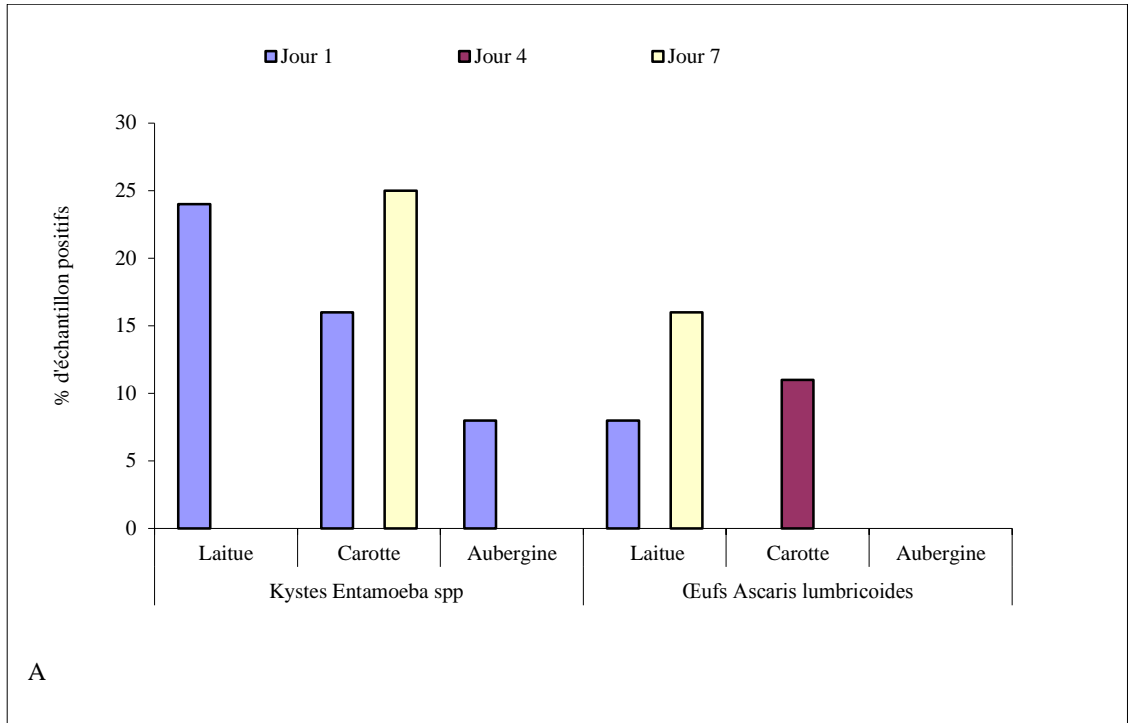
détectés durant tout le suivi sur les laitues. Les indicateurs parasitaires de pollution fécale qui ont fait l'objet de notre suivi n'ont été détectés sur les carottes que juste après l'application de l'eau du cours d'eau sur les parcelles à cette période. Pour ce qui est de l'aubergine, les œufs d'ascaris ont été détectés sur 8 % d'échantillon de fruits d'aubergines juste après l'application de l'eau du cours d'eau, les kystes juste après l'application de l'eau du cours d'eau et le septième jour.

En saison pluvieuse, les kystes ont été détectés sur les laitues le premier jour; les œufs le premier (8% d'échantillon) et le septième (16% d'échantillon) jour. Sur les carottes, les œufs d'ascaris ont été détectés le quatrième jour, les kystes sur 16% d'échantillons juste après l'application de l'eau du cours d'eau et sur 25% d'échantillons le septième jour. Les kystes ont été les seuls détectés sur les aubergines, et juste après l'application de l'eau du cours d'eau sur 8% d'échantillon.



A= saison des pluies; B= saison sèche; T= Ecart type

Figure 2: Durée de survie de *E. coli* sur les cultures en saison des pluies et en saison sèche.



A= saison des pluies; B= saison sèche

Figure 3: Persistance des kystes *Entamoeba* spp et des œufs de *Ascaris lumbricoides* sur les cultures en saison des pluies et en saison sèche.

DISCUSSION

***E. coli* persiste plus d'une semaine sur les cultures**

En saison sèche le nombre de *E.coli* a été de $1,8 \times 10^3$ UFC de *E.coli/g* de laitue le septième jour sur les laitue. Ce taux de contamination se rapproche du seuil limite d'acceptabilité de l'ICMSF (10^3 E. coli/g de laitue), au-delà duquel la contamination n'est plus considérée comme satisfaisante. La baisse observée serait probablement due, à l'important rayonnement solaire observé, qui a un rôle bactéricide, et empêche par conséquent la recroissance de *E. coli*. Afin de réduire le risque, à cette période, dans les bas fonds marécageux de la ville de Dschang, il serait préférable d'arrêter l'arrosage des laitues au moins six jours avant la récolte, sans risque d'affecter la qualité des récoltes. En effet, durant le suivi (une semaine), les laitues n'étaient plus arrosées, et elles n'ont présenté aucun état de stress. Malgré l'action des eaux des pluies qui auraient lavé les *E. coli* sur les laitues, la chute de *E. coli* sur la laitue est resté faible en saison de pluies. Ceci pourrait être dû à la possibilité de recontamination des laitues à partir du sol. Afin de réduire le risque, à cette période à Dschang, lorsqu'il y a une éventuelle inondation, il serait préférable de faire les récoltes sept jours après une éventuelle inondation.

Une baisse de 86% et de 94% a été observée six jours après sur les parcelles de carotte en saison sèche et en saison des pluies respectivement. Malgré ce fort pourcentage de chute observé, le degré de contamination des carottes reste supérieur au taux acceptable. La vitesse de disparition de *E. coli* sur les carottes est plus rapide en saison des pluies qu'en saison sèche. Mais durant tout le suivi, le taux de contamination de la carotte est resté plus élevé en saison pluvieuse. En effet, la carotte est un légume racine, et est par conséquent totalement en contact avec le sol. Or *E. coli* vit longtemps dans le sol (Ntangmo Tsafack et al., 2013) et peut par conséquent contaminer pendant toute sa survie les carottes qui s'y trouvent. Dont, pour ce qui est de la carotte, le délai entre l'irrigation n'est pas très nécessaire. La décontamination de l'eau

d'arrosage est ici la solution la plus appropriée.

Une baisse de 91% et de 99% a été observée six jours après sur les aubergines en saison sèche et en saison des pluies respectivement. Après 6 jours, le degré de contamination des aubergines répond aux normes de l'ICMBS (1974) en saison sèche. A cette période de l'année, il serait préférable, pour préserver la santé des consommateurs, de faire les récoltes au moins une semaine après l'application d'une eau polluée sur les aubergines. Toutefois, le nombre de jour nécessaire pour l'arrêt de l'arrosage avant les récoltes va dépendre du degré de pollution de l'eau appliquée. En effet, le taux de contamination des poivrons par les coliformes fécaux contenus dans une eau usée traité est passé de 23 juste après l'arrosage à 6 UFC/100g, 7 jours plus tard (Ait Hanou et al., 2000). Ce qui correspond à une baisse de 74%.

Œufs et kystes de parasites persistent longtemps sur les cultures

La particularité des parasites réside dans leur capacité à survivre longtemps, sous forme d'œufs pour les helminthes et de kystes pour les protozoaires, même dans des environnements très hostiles. Ces formes de résistance parasitaire persistent sur toutes les cultures. Ce qui est un danger réel pour les consommateurs de légumes arrosés des bas-fonds. Bien que les analyses n'aient été faites que par reconnaissance visuelle, sans test de viabilité, un suivi d'une semaine n'est pas suffisant. En effet, les œufs d'*ascaris* peuvent survivre plusieurs mois sur les cultures, et les kystes de protozoaire dix à quinze jours (Shuval et al., 1986; Strauch, 1991; Pescod, 1992). Au vu de ces résultats parasitologiques, pour ce qui est des bas-fonds de Dschang, la limitation des jours d'arrêt d'application des eaux usées à une semaine avant la récolte n'est qu'une solution partielle.

Conclusion

Ce travail avait pour objectif de suivre *in situ* le temps de séjour de *E. coli*, des œufs d'helminthes et des kystes de protozoaires sur la laitue, la carotte, l'aubergine et l'influence

du climat tropicale humide. *E. coli* contenu dans les eaux d'arrosage survi longtemps sur la laitue; la carotte et sur l'aubergine. le nombre reste généralement supérieur à la norme de l'ICMSF même une semaine après l'application d'une eau usée urbaine, à n'importe quelle période de l'année en zone tropicale humide. Ce qui est un danger réel pour les consommateurs de ces légumes qui se consomment cru. Le risque est plus élevé en saison des pluies qu'en saison sèche. La vitesse de décroissance de *E. coli* sur la laitue, la carotte et sur l'aubergine en fonction du climat en zone tropicale humide a été établie. Les bas-fonds sont sollicités surtout pour la disponibilité de l'eau, et il apparaît clair que l'interdiction d'une utilisation de ces eaux dans le contexte africain ne serait pas la solution la plus appropriée. Le traitement préalable de ces eaux avant leur utilisation pour l'arrosage des légumes est la solution adéquate qu'il convient de rechercher. Le respect des jours d'arrêts d'application des eaux polluées avant la récolte; la sensibilisation des consommateurs et des maraîchers sur les risques liés à cette pratique sont également à prendre en compte.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'il n'y a pas de conflit d'intérêts entre eux.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

HNT a collecté les données et les a analysées. HNT et ET ont rédigé le manuscrit. TN a supervisé le travail.

REFERENCES

Al-Lahham O, El Assi NM, Fayyad M. 2007. Translocation of heavy metals to tomato (*Solanum lycopersicom* L.) fruit irrigated with treated wastewater. *Scientia Horticulturae*. In Press, Corrected Proof.

Amoah P, Drechsel P, Abaidoo R, Henseler M. 2007. Irrigated urban vegetable production in Ghana: microbiological contamination in farms and markets and associated consumer risk groups. *Journal of Water and Health*, **05**:3-20.

Amoah P, Drechsel P, Abaidoo R, Ntow W. 2006. Pesticide and pathogen

contamination of vegetables in Ghana's urban markets. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **50**: 1-6.

- Aycicek H, Oguz U, Karci K. 2006. Determination of total aerobic and indicator bacteria on some raw eaten vegetables from wholesalers in Ankara, Turkey. *International Journal of and Environmental Health*, **209**(2): 197-201.
- Beuchat. 2006. Vectors and conditions for preharvest contamination of fruits and vegetables with pathogens capable of causing enteric diseases. *British Food Journal*, **108**(1): 38-53.
- Beuchat. 2002. Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetables. *Microbes and Infection*, **4** : 413-423.
- FAO. 2004. caractérisation des dangers liés à la présence de pathogènes dans les aliments et dans l'eau. Série évaluation des risques microbiologiques. FAO, Report NO 3, Rome, Italie, pp 85
- Faruqui N, Niang S, Redwood M. 2004. Untreated wastewater use in market gardens; a case study of Dakar, Senegal. In *Wastewater Use in Irrigated Agriculture: Confronting the Livelihood and Environmental Realities*, Faruqui NI, Raschid-Sally L (eds). WMI-IDRC CABI; 113– 125.
- Franco. 1997. Cholera in Lima, Peru, correlates with Prior isolation of *Vibrio cholera* from the environment. *American Journal of Epidemiology*, **146**(12): 1067-1075.
- Gueye-Girardet A. 2010. Evaluation des pratiques d'irrigation, de fertilisation et d'application de pesticides dans l'agriculture périurbaine de dakar, senegal, Thèse de doctorat, Faculté des Géosciences et de l'Environnement, Université de Lausanne, 276p
- Howard G, Stephen P. 2003. Risk factors contributing to microbiological contamination of shallow groundwater in Kampala, Uganda. *Water Researc.*, **37**: 3421-3429.
- Ibenyassine K, Atmland R, Karamoko Y, Cohen N, Ennaji M. 2006. Use of

- repetitive DNA sequences to determine the persistence of enteropathogenic *Escherichia coli* in vegetables soil grown in fields treated with contaminated irrigation water. *Letters in Applied Microbiology*, **43**(5): 528-533.
- Keraita B, Drechsel P. 2004. Agricultural use of untreated urban wastewater in Ghana. In *Wastewater Use in Irrigated Agriculture: Confronting the Livelihood and Environmental Realities*, Scott CA, Faruqi NI, Raschid-Sally L (eds). IWMI-IDRC-CABI: Wallingford, UK; 101-112.
- Keraita B, Drechsel P, Amoah P. 2003. Influence of urban wastewater on stream water quality and agriculture in and around Kumasi, Ghana. *Environment and Urbanization*, **15**(2): 1716-78.
- Melloul AA, Hassani L, Rafouk L. 2001. Salmonella contamination of vegetables irrigated with untreated wastewater. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, **17**(2): 207-209.
- Minhas PS, Sharma N, Yadav, RK, Joshi PK. 2006. Prevalence and control of pathogenic contamination in some sewage irrigated vegetable, forage and cereal grain crops. *Bioresource Technology*, **97**(10): 1174-1178.
- Ndiaye L. 2009. Impact sanitaire des eaux d'arrosage de l'agriculture urbaine de Dakar (Sénégal), Thèse de doctorat, Université de Genève, 166p.
- Niang S. 1999. Utilisation des eaux usées brutes dans l'agriculture urbaine au Sénégal. Bilan et perspectives. In *agriculture urbaine en Afrique de l'ouest. Une contribution à la sécurité alimentaire et à l'assainissement des villes*. Ed.O. Smith, CRDI/CTA, 104-125.
- Palese AM, Pasquale V, Celano G, Figliuolo G, Masi S, Xiloyannis C. 2009. Irrigation of Olive Groves in Southern Italy with Treated Municipal Wastewater: Effects on Microbiological Quality of Soil and Fruits. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **129**(1-3): 43-51.
- Rosas I, Baez A, Coutino M. 1984. Bacteriological quality of crops irrigated with wastewater. *App. Env. Microbiol.*, **47**(5): 1074-1079.
- Shuval HI. 1993. Investigation of typhoid fever and cholera transmission by raw wastewater irrigation in Santiago, Chile. *Water Science and Technology*, **27**(3-4): 167-174.
- Sou YM. 2009, Recyclage des eaux usées en irrigation : potentiel fertilisant, risques sanitaires et impacts sur la qualité des sols, thèse de doctorat, Faculté Environnement Naturel, Architectural et Construit, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 170p.