

# Evaluation de la charge microbiologique et physico-chimique des légumes issus des sites de grande production maraichère du Mali.

Sanata TRAORE\*, Fassé SAMAKE, Amadou Hamadoun BABANA

Laboratoire de Recherche en Microbiologie et Biotechnologie Microbienne, FAST, USTTB Bamako, Mali

\*Email de correspondance : sanatatraore21@yahoo.fr

**RESUME :** Les légumes frais constituent une partie importante d'un régime alimentaire sain. Consommés crus, ils peuvent être des agents de transmission de microbes et de métaux lourds. La fréquence et la variabilité des microbes et des métaux lourds sur 96 légumes produits dans les sites de grande production maraichère du Mali ont été évaluées. Ces sites sont : Bamako, Kati, Baguineda, Samako, Sikasso et Niono. L'évaluation de la charge microbiologique a été faite en utilisant les normes NF ISO 4832 : 2006, NF EN ISO 4831-1 :1991, ISO/DIS 6579, 2001, NF V 08057 :2009, ISO 7937 : 2004, ISO 11290-2 :1998 qui consistaient à rechercher respectivement les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens* et *Listeria monocytogenes* dans 100g de laitue, de tomate et de concombre. Les métaux lourds tel que le Plomb, l'Arsenic, le Cadmium, le chrome, le fer et le zinc ont été recherchés et dosés par spectrophotométrie (Détecteur à flamme photométrique) avec un Spectrophotomètre d'adsorption atomique (Perkin Elmer Analyst 200) après digestion. Parmi les sites, les spécimens (laitues, tomates et concombres) de Sikasso étaient le moins contaminés dont les concentrations de la laitue fut  $19,88.10^4$  UFC /g pour la microflore totale ;  $0,85.10^4$  UFC /g pour les coliformes totaux ;  $0,73.10^4$  UFC /g pour les coliformes fécaux et  $0,48.10^4$  UFC /g de *Staphylocoques*. Les concentrations de microorganismes suivant la première ligne furent respectivement  $12,48.10^4$  UFC /g ;  $0,24.10^4$  UFC /g ; 0 UFC /g et  $0,97.10^4$  UFC /g. Les concombres, toujours suivant la lignée furent  $51,15.10^4$  UFC /g ;  $13,33.10^4$  UFC /g ;  $4,24.10^4$  UFC /g et  $11,03.10^4$  UFC /g. Ensuite viennent ceux de Bamako, Baguineda, Samanko, Niono. Ceux de Kati étaient le plus contaminés. Les concentrations de laitue furent  $145,58.10^4$  UFC /g pour la microflore totale ;  $56,36.10^4$  UFC /g pour les coliformes totaux ;  $23,03.10^4$  UFC /g pour les coliformes fécaux et  $27,88.10^4$  UFC /g de *Staphylocoques*,  $0,87.10^4$  pour le *Clostridium* et  $31,15.10^4$  pour *Listeria*. Ceux de la tomate furent respectivement  $85,33.10^4$  UFC /g ;  $12,48.10^4$  UFC /g ;  $9,58.10^4$  UFC /g ;  $17,94.10^4$  UFC /g ;  $0,24.10^4$  et  $18,67.10^4$  UFC /g. Les concentrations de concombre furent respectivement  $67,64.10^4$  UFC /g ;  $13,70.10^4$  UFC /g ;  $9,82.10^4$  UFC /g ;  $0,61.10^4$  UFC /g ;  $1,28.10^4$  et  $14,42.10^4$  UFC /g. Parmi les spécimens la laitue était la plus contaminée sur tous les sites sauf à Sikasso et à Baguineda où les concombres étaient les plus contaminés.

**Mots-clés :** charge microbienne et de métaux lourds, laitue, tomate, concombre, risque sanitaire.

## I. INTRODUCTION

Les Nations Unies estiment que la population globale atteindra 9.6 milliards dont la majorité sera dans les zones urbaines dans les régions les moins développées [1 ; 2]. L'Afrique Sub-Saharienne en particulier constitue une grande portion de cette croissance étant donné que la population urbaine augmente rapidement par rapport à tout autre région et est projeté que la population urbaine augmente rapidement par rapport à tout autre région et est projeté de doubler entre 2010 et 2030 [3].

L'expansion rapide de la population urbaine met la pression directe sur les sources alimentaires et la production agricole ; cependant, il existe un sérieux problème pour fournir une nourriture suffisante et nutritive dans une urbanisation aussi rapide.

Au Mali la population vivant en milieu urbains a augmenté de 469,476 (9.5%) en 1955 à 6,489,835 (36.9%) en 2014 [4]. L'accroissement de la population a pour résultat l'augmentation de la demande alimentaire urbaine et les changements dans les régimes alimentaires qui desservent le

marché émergent de la classe moyenne. Cette augmentation conduit à l'émergence de la production de légumes irrigués par les maraîchers dans les zones urbaines habituellement situées sur les terres ouvertes le long des cours d'eau. A Bamako, l'agriculture urbaine et péri-urbaine se concentre sur les légumes facilement périssables avec une courte durée de conservation tels que la laitue, la tomate, le concombre, le chou etc.... Parmi les légumes consommés crus au Mali, la laitue est l'une des plus cultivée avec une proportion de 77,7% des légumes feuilles [5] et 30.38% de tous les végétaux [6].

En plus l'augmentation de la demande alimentaire en milieu urbain et l'augmentation des populations urbaines a dépassé de loin l'infrastructure d'assainissement et la prestation de services. Fondamentalement, 85% des eaux usées générées par les centres urbains dans le monde se retrouvent dans l'environnement sous sa forme non traitée. Les petits exploitants urbains et péri-urbains à la recherche d'eau d'irrigation trouvent quasiment impossible de s'approvisionner en eau de surface non polluée et finissent par utiliser l'eau de drainage. L'utilisation des eaux usées

sous sa forme non traitée pourrait avoir des impacts négatifs sur la santé publique et l'environnement. En Afrique de l'Ouest, le principal problème de santé concerne les maladies oro-fécales transmises par des agents pathogènes [7], tandis que le flux des déchets industriels dans les cours d'eau urbains et péri-urbains met également les métaux lourds dans les cours d'eau.

Certaines études menées au Mali et dans d'autres parties de l'Afrique de l'Ouest ont montré un niveau élevé de microorganismes, de métaux lourds et de résidus de pesticides dans l'eau d'irrigation et les légumes [8 ; 9, 10 ; 11 ; 12] qui dépassent de loin les normes recommandées [13]. La transmission d'helminthes et d'autres pathogènes intestinaux a également été liée à la consommation de légumes crus exposés aux eaux usées [14]. Au Mali, très peu d'études ont été menées sur les risques pour la santé associée à la consommation et à la production de légumes irrigués par les petits exploitants urbains et péri-urbains. Il est donc important d'évaluer les caractéristiques et les risques pour la santé des légumes irrigués produits sur les sites de grande production maraîchère du Mali.

La présente étude a pour but de déterminer les contaminants microbiologiques et physico-chimiques de la laitue, du concombre et de la tomate issue des sites de grande production maraîchère du Mali, en vue d'évaluer le risque sanitaire lié à leur consommation.

## II. MATERIEL ET METHODES

Les échantillons de laitues, de tomate et de concombre ont été prélevés sur leurs sites de production, de différentes zones urbaines et périurbaines du Mali. Le prélèvement s'est fait de façon aléatoire. Six échantillons de laitue, de tomate et de concombre ont été prélevés par site, pour l'ensemble des sites retenus pour l'étude. Ces sites sont : Bamako, Baguineda, Kati, Niono, Samanko et Sikasso. Ces sites ont été choisis en fonction de leur accessibilité et la présence des maraîchers en activité. Trente pieds de laitue, trente tomates et dix concombres sont prélevés dans différentes parcelles, mis dans un sachet en plastique stérile. Les différents échantillons prélevés et soigneusement étiquetés ont été placés dans une glacière contenant de la glace et ensuite transportés au laboratoire. Pour les différentes analyses au laboratoire, chaque lot d'échantillon a été soigneusement découpé à l'aide des ciseaux stériles et mélangé pour avoir un échantillon composite.

L'analyse des échantillons de la laitue, du concombre et de la tomate a consisté à rechercher et à dénombrer les germes aérobies totaux (PCA), les coliformes totaux (CT), les coliformes fécaux (CF), le *Clostridium perfringens*, les *Staphylocoques*, les *Salmonelles* et les *Shigelles* (SS), le *Listeria monocytogenes*. Les coliformes totaux ont été recherchés par la méthode NF ISO 4832: 2006, les coliformes fécaux par la méthode NF EN ISO 4831-1:1991, les *Salmonella spp* et *Shigella* par la méthode ISO/DIS 6579, 2001, les *Staphylococcus aureus* selon la norme NF V 08057:2009, *Clostridium perfringens* selon la norme ISO 7937:2004, *Listeria monocytogenes* selon la norme ISO 11290-2:1998.

Les germes microbiens ont été recherchés et dénombrés dans la laitue, le concombre et la tomate. Pour cela, une solution mère et différentes dilutions ont été effectuées pour chaque

échantillon. 100 µl de chaque suspension ont été prélevés à l'aide de micropipette et ensemencées dans la masse dans les boîtes de Pétri contenant le milieu PCA (Plate Count Agar) pour la microflore totale, le milieu Désoxycholate pour les coliformes totaux et fécaux. La recherche des *Salmonelles* et des *Shigelles* a été effectuée sur le milieu Salmonella-Shigella. Le milieu Chapman a été utilisé pour l'ensemencement de *Staphylocoques*, TSA pour *Clostridium perfringens* et *Listeria* pour *Listeria monocytogenes*. Chaque ensemencement a été répété trois fois et incubées à l'étuve à 37°C pendant 48 heures.

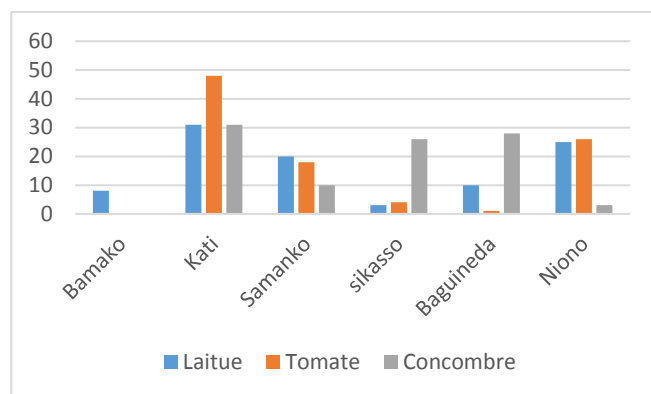
L'analyse des paramètres physico-chimiques des échantillons de laitue, de concombre et de tomate a consisté à rechercher et doser le plomb (Pb), le cadmium (Cd), le chrome (Cr) par spectrophotométrie (DéTECTEUR à flamme photométrique) avec un Spectrophotomètre d'adsorption atomique (Perkin Elmer Analyst 200) après digestion. Pour digérer les échantillons à analyser, 50 mg de chaque échantillon a été attaqué par 10 ml d'un mélange d' $H_2SO_4$  et  $HNO_3$  concentrés dans des proportions volumiques de 1:1, puis portés à ébullition à 120°C jusqu'à ce que les fumées de  $SO_3$  apparaissent. Une aliquote d' $HNO_3$  a été ajoutée et l'ébullition a été maintenue jusqu'à ce que la solution soit limpide et qu'aucune fumée brune ne se dégage. L'échantillon fut refroidi puis transféré dans une fiole jaugée de 100 ml.

## III. RESULTATS

### 3.1. Charge microbienne par spécimen et par site

La charge microbienne de la laitue, de la tomate et du concombre ont été déterminées dans les sites de grande production maraîchère du Mali.

Nous avons constaté une contamination des légumes par des parasites à Bamako, Kati, Samanko, Sikasso, Baguineda et Niono. Aucun microbe n'a été retrouvé dans les légumes à Sikasso. Parmi les localités, les spécimens de Kati étaient les plus contaminés avec un pourcentage de 31% (laitue et concombre) et 48% (tomate) (**Figure 1**).

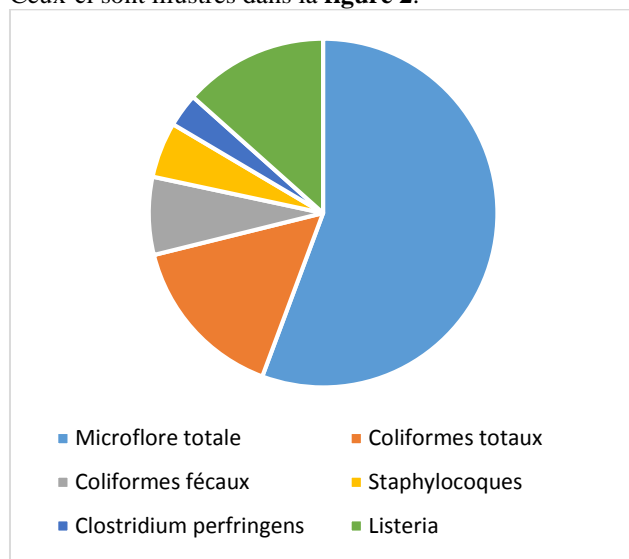


**Figure 1:** Fréquence de contamination des légumes par les bactéries en fonction des sites

### 3.2. Type de bactéries en fonction des sites

Nous constatons une contamination de la laitue, de la tomate et des concombres par des bactéries sur l'ensemble des sites. Parmi les bactéries, la microflore totale a eu le taux le plus élevé avec 54%, suivi par les coliformes totaux (15%), *Listeria monocytogenes* (13%), les coliformes fécaux (7%),

*Staphylocoques spp.* (5%), et *Clostridium perfringens* (3%). Ceux-ci sont illustrés dans la **figure 2**.

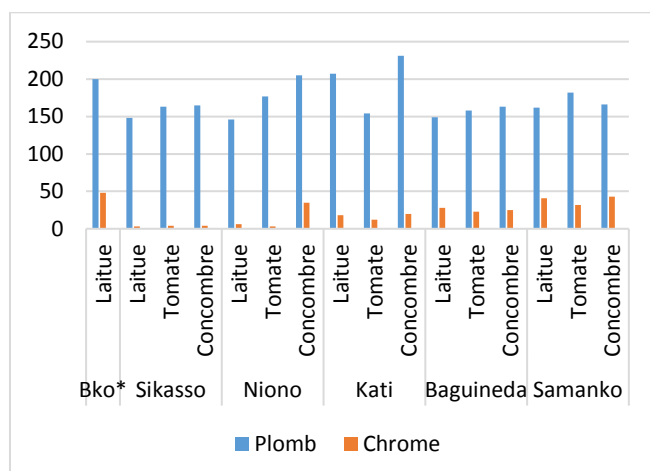


**Figure 2:** Fréquence de bactéries dans les légumes

### 3.3. Concentration de métaux lourds par spécimen et par site

Nous remarquons une contamination de la laitue et de la tomate et des concombres par les métaux lourds (Plomb et Chrome) à Bamako, Baguineda, Kati, Samanko et Niono. Aucun Cadmium n'a été retrouvé sur les spéculations sur l'ensemble des sites. Le Plomb a le taux le plus élevé dans les spéculations sur l'ensemble des sites, plus précisément sur le concombre de Kati (231mg / kg), la laitue de Bamako (200mg / kg) et la tomate de Samanko (182mg / kg). Nous avons obtenu une forte concentration de chrome dans la laitue de Bamako (48mg / kg) et la plus faible concentration a été trouvée dans la laitue de Sikasso et la tomate de Niono (3mg / kg).

Ceux-ci sont illustrés dans la **figure 3**.



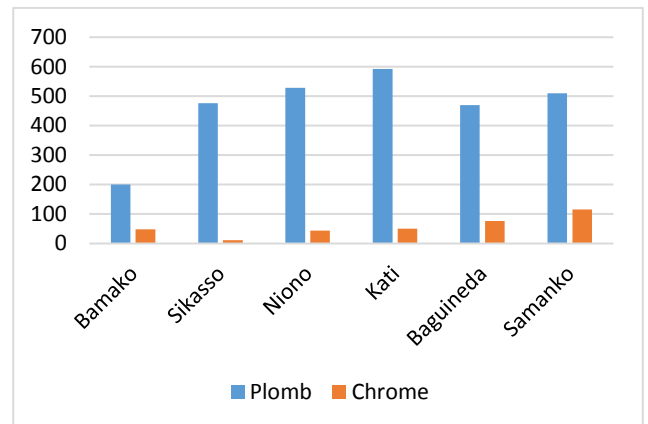
\*Bamako

**Figure 3:** Concentration de métaux lourds par spécimen et par site

### 3.4. Concentration de métaux lourds site

Nous remarquons une contamination des spéculations par les métaux lourds (Plomb et Chrome) à Bamako, Baguineda,

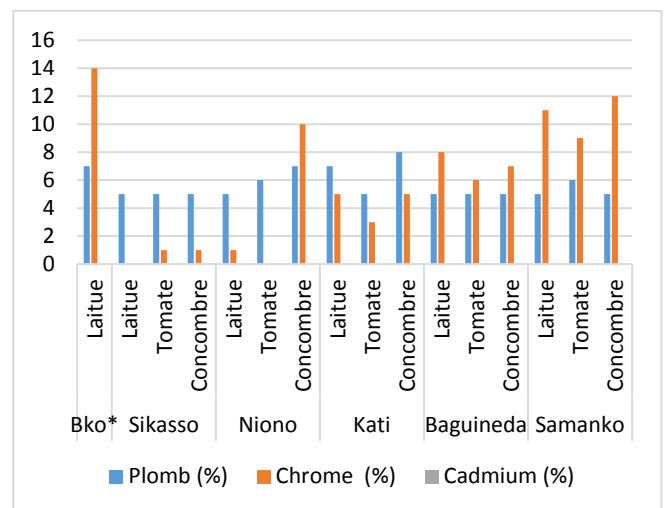
Kati, Samanko et Niono. Aucun Cadmium n'a été retrouvé sur les spécimens sur l'ensemble des sites. Le Plomb a le taux le plus élevé à Kati (592mg / kg) et une faible concentration à Bamako (200mg / kg). La concentration de chrome était très élevée à Samanko (116mg / kg) et basse à Sikasso (11mg / kg) (**figure 4**).



**Figure 4:** Concentration de métaux lourds par site

### 3.5. Fréquence de métaux lourds par spécimen et par site (mg / kg)

Nous remarquons une contamination de la laitue et de la tomate et des concombres par les métaux lourds (Plomb et Chrome) à Bamako, Baguineda, Kati, Samanko et Niono. Aucun Cadmium n'a été retrouvé sur les spéculations sur l'ensemble des sites. Le Plomb a le taux le plus élevés dans les spéculations sur l'ensemble des sites, plus précisément sur le concombre de Kati (8,32%), la laitue de Bamako (7,2%) et la tomate de Samanko (6,55%). Ceux-ci sont illustrés dans la **figure 5**.



\*Bamako

**Figure 5:** Fréquence de métaux lourds par site en fonction des spécimens

## IV. DISCUSSION

La contamination des légumes a eu lieu avant la récolte, par le fumier contaminé, le compost de fumier, les boues d'épuration, l'eau d'irrigation ou l'eau de ruissellement

provenant des exploitations d'élevage ou directement à partir d'animaux sauvages et domestiques.

Il y a une fréquence anormalement élevée des microbes dans les légumes issus des sites de grande production maraichère du Mali. L'analyse de ces légumes nous a montré la présence de 54% de microflore totale, 15% de coliformes totaux, 13% de *Listeria monocytogenes*, 7% de coliformes fécaux, 5% de *Staphylocoques* et 3% de *Clostridium perfringens*. Parmi les spéculations, la laitue était la plus contaminée avec 58.93%, suivie du concombre (21.88%) et la tomate (19,18%). Nos résultats sont comparables avec ceux qui ont eu des coliformes totaux ( $10^6$  - $10^{11}$ ) et fécaux ( $10^3$  - $10^9$ ) dans les échantillons de laitue [15]. Abadias *et al.* (2007) ont trouvé *Escherichia coli* O157 :H7 (7.1%), *Salmonella* (1.3%) et *Listeria monocytogenes* (0.7%) dans les légumes. Leurs résultats et les nôtres sont similaires du point de vue présence des bactéries. Mais quant à la spécificité des bactéries, ils sont différents. Plusieurs facteurs ont contribué à augmenter en fréquence et des flambées de nombreuses maladies d'origine alimentaire associées aux fruits et légumes crus. La contamination des légumes par les métaux lourds est généralement due à l'être humain, activités agricoles et industrielles [17]. Ces activités résultent en l'accumulation de métaux de la trace dans les sols agricoles, en créant une menace à sécurité de la nourriture et santé publique totale [18]. Les métaux lourds (Plomb et Cadmium) étaient également présents dans les légumes issus des sites de grande production maraichère du Mali. Nous avons obtenu un pourcentage élevé de Plomb dans les spéculations de Kati (laitue (7%), tomate (5%) et concombre (8%)) par rapport aux autres localités. Le Plomb a le taux le plus élevé à Kati (592mg/kg) et une faible concentration à Bamako (200mg/kg). La concentration de chrome était très élevée à Samanko (116mg/kg) et basse à Sikasso (11mg/kg). Quant au Cadmium, ce sont les spéculations de Samanko qui avaient le taux le plus élevé (laitue (11%), tomate (9%) et concombre (12%)). Nos résultats sont différents de ceux qui ont trouvé un taux élevé de Cadmium 1.78 mg/kg et 6.77 mg/kg dans les légumes [19]. [20] ont aussi trouvé 10.5 mg/kg de Plomb, 0.006mg/kg de Chrome et 0.005mg/kg de Cadmium dans la laitue. Une forte incidence des bactéries pathogènes et métaux lourds ont été trouvés dans les légumes crus particulier lorsque les légumes sont cultivés sur des terres agricoles fertilisées avec des eaux usées non traitées [21]. Ces bactéries pathogènes et métaux lourds représentent un danger potentiel pour la santé publique [17]. Les différences observées dans les taux des différentes bactéries pathogènes de légumes frais déclarés dans le présent ouvrage et ceux rapportés par d'autres auteurs attendus. Plusieurs facteurs peuvent contribuer à de telles différences. Ceux-ci peuvent inclure, entre autres l'utilisation de fournitures non traitées d'eaux usées et de l'eau contaminée avec les eaux usées, le fumier comme engrais pour la production de cultures, l'irrigation et diverses pratiques agronomiques, les méthodes utilisées pour la détection des parasites intestinaux, le type et le nombre d'échantillons examinés [9].

## V. CONCLUSION

Les légumes produits sur les sites de grande production maraichère sont contaminés par des microorganismes dépassant pour la plupart du temps les normes ISO. Les spécimens étaient contaminés par les bactéries avec 58.93% de laitue, 21.88% de concombre et 19,18% de tomate. Parmi les spécimens la laitue était la plus contaminée sur tous les sites sauf à Sikasso et à Baguineda où les concombres étaient les plus contaminés. Parmi les sites, les spéculations (laitues, tomates et concombres) de Sikasso sont le moins contaminés. Ensuite viennent ceux de Bamako, Baguineda, Samanko, Niono. Ceux de Kati étaient le plus contaminés. Les spéculations étaient contaminées par les microorganismes. Parmi les bactéries nous avons obtenu 54% de microflore totale, 15% de coliformes totaux, 13% de *Listeria monocytogenes*, 7% de coliformes fécaux, 5% de *Staphylocoques spp.*, et 3% de *Clostridium perfringens*. Parmi les métaux lourds, la concentration de plomb était élevée sur tous les sites, comparée au Chrome. Le Plomb a le taux le plus élevé à Kati (592mg/kg) et une faible concentration à Bamako (200mg/kg). La concentration de chrome était très élevée à Samanko (116mg/kg) et basse à Sikasso (11mg/kg) Nous n'avons retrouvé de Cadmium sur aucune spéculations. Cette contamination par des bactéries pathogènes et des métaux lourds peut constituer un risque pour la santé de la population. Les autorités sanitaires et environnementales locales devraient éduquer le public sur les dangers pour la santé de légumes frais et l'importance de les laver et les désinfecter avant consommation. En outre, un traitement adéquat des eaux usées et l'interdiction de l'utilisation des eaux usées non traitées pour l'irrigation des plantes destinées à la consommation humaine, entre autres, devraient être mis en œuvre. Bref, il est donc nécessaire d'améliorer les conditions sanitaires de ces types d'aliments.

## VI. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] United Nations. (2012). World Urbanizations Prospects, the 2011 Revision: Highlights. New York: Department of Economic and Social Affairs, Population Division.
- [2] United Nations. (2013). World Population Prospects: the 2012 Revision, Volume II, Demographic Profiles. New York: Department of Economic and Social Affairs, Population Division.
- [3] FAO. (2012). Growing greener cities in Africa. First status report on urban and peri-urban horticulture in Africa. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available from [www.fao.org/ag/agp/greenercities/pdf/GGC-Africa.pdf](http://www.fao.org/ag/agp/greenercities/pdf/GGC-Africa.pdf)
- [4] Worldometers ([www.Worldometers.info](http://www.Worldometers.info)). Elaboration of data by United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. [Worldometers.info](http://www.Worldometers.info). [World Population Prospects: The 2015 Revision](http://www.Worldometers.info). (Medium-fertility variant).
- [5] Direction Régionale de l'Agriculture / District de Bamako : DRA /DB (2010). Rapport Bilan Campagne agricole
- [6] Direction Régionale de l'Agriculture / District de Bamako : DRA /DB (2011). Rapport Bilan Campagne agricole
- [7] Amoah P., Keraita, B., Akple, M.; Drechsel P. , Abaidoo R.C. : Konradson, F. (2011). Low cost options for health risk reduction where crops are irrigated with polluted water in West Africa. IWMI Research Report Series 141. Colombo.

- [8] Faruqui, N. I., S. Niang, et al. (2004). « Untreated Wastewater Use in Market Gardens : A Case Study of Dakar, Senegal. Wastewater Use in Irrigated agriculture. Confronting the livelihood and environmental realities ». R.-S. L. CABI Publishing: 127-134.
- [9] Amoah P., Drechsel P. & Abaidoo RC. (2005). Irrigated urban vegetable production in Ghana: sources of pathogen contamination and health risk elimination. *Irrigation and Drainage* 54, 49–61.
- [10] Amoah P., Drechsel P., Abaidoo RC. & Ntow WJ. (2006). Pesticide and pathogen contamination of vegetables in Ghana's urban markets. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 50, 1–6.
- [11] Samaké F., Babana AH., Yaro F., Cissé D., Traoré I., Kanté F., Koné S., Diallo S., Touré O., Sako M., AG Iknane (2011). Risques sanitaires liés à la consommation des produits maraîchers cultivés dans la zone urbaine et périurbaine de Bamako, Mali *Santé Publique*, volume 33-40.
- [12] Traoré S., Samaké F., Babana A.H., Traoré D., Y. Sanogo, Maiga K. (2013). Evaluation of the effectiveness of bleach on microbial population of lettuce. *Scientific Journal of Microbiology* 2 (9) 166-173. ISSN 2322-2948. 10.14196 / sjm.v2i9.950. www.Sjournals.com.
- [13] International commission on Microbiology Specifications for Food: ICMSF (1974). *Microorganism foods 1. Sampling for microbiological analysis: Principles and specific Applications*. University of Toronto Press, Toronto, pp. 504.
- [14] Blumenthal UJ., Peasey A., Ruiz-Palacios G. & NDD. (2000). *Guidelines for Wastewater Reuse in Agriculture and Aquaculture: Recommended Revisions Based on Research Evidence (Well Study Task No: 68 Part 1)*. World Environmental Health at London and Loughboro London School of Hygiene and Tropical Medicine, London, pp. 13.
- [15] Amoah, P.; Drechsel, P.; Abaidoo, R.C.; Klutse, A. 2007a. Effectiveness of common and improved sanitary washing methods in selected cities of West Africa for the reduction of coliform bacteria and helminth eggs on vegetables. *Tropical Medicine and International Health* 12(2): 40-50.
- [16] Abadias M., Usall J., Anguera M., Solsona C., Viñas I. (2007). Microbiological quality of fresh, minimally-processed fruit and vegetables, and sprouts from retail establishments. *International Journal of Food Microbiology* 123 (2008) 121–129.
- [17] Beladi M, Habibi D, Kashani A, Paknejad F, Nooralvandi T (2011). Phytoremediation of Lead and Copper by Sainfoin (*Onobrychis vicifolia*): Role of Antioxidant Enzymes and Biochemical Biomarkers. *American-Eurasian J. Agri. Environ. Sci.* 3:440-449
- [18] Dary, M.; Chamber-Pérez, M.; Palomares, A. & Pajuelo, E. (2010). "In situ" phytostabilisation of heavy metal polluted soils using *Lupinus luteus* inoculated with metal resistant plant-growth promoting rhizobacteria. *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 177, pp. 323-330, ISSN 0304-3894
- [19] Odai, S.N.; Mensah, E.; Sipitey, D.; Ryo; S.; Awuah, E. 2008. Heavy metals uptake by vegetables cultivated on urban waste dumpsites: case study of Kumasi, Ghana. *Res. J. Environ. Toxicol.* 2: 92-99.
- [20] Lente, I.; Keraita, B.; Drechsel, P.; Ofosu-Anim, J.; Brimah, A.K. 2012. Risk assessment of heavy metal contamination on vegetables grown in long-term wastewater irrigated urban farming sites in Accra, Ghana. *Journal of Water Quality, Exposure and Health*, 4: 179-186.
- [21] Meng J., Doyle M.P. Introduction. *Microbiological food safety, Microbes and Infection*, 2002, vol. 4, n° 4, pp. 395-397.
- [22] Dadi E.M. 2010. L'évaluation de la possibilité de réutiliser en agriculture l'effluent traité de la commune de Drarga. Centre universitaire de formation en environnement, Université de Sherbrooke, Québec, Canada.