

TENEURS EN ÉLÉMENTS MAJEURS ET OLIGOÉLÉMENTS DANS UN SOL ET QUELQUES CULTURES MARAÎCHÈRES DE LA VILLE DE DSCHANG, CAMEROUN

E. TEMGOUA, H. NTANGMO TSAFACK¹, H.-R. PFEIFER² and T. NJINE³

Laboratoire 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

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

²Centre d'Analyse Minérale, Sciences de la Terre, Université de Lausanne, Geopolis, CH-1015 Lausanne, Switzerland

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

Corresponding author: emile.temgoua@univ-dschang.org

(Received 3 January, 2014; accepted 23 February, 2015)

ABSTRACT

In Dschang, market-gardening production intensifies with the utilisation of the organic and inorganic entrants which can have harmful effects on soil and plants. This study aimed at determining the macro and micro-nutrients content in a cultivated soil and in the vegetable produced. Three vegetable species including lettuce, eggplant and carrot were produced. Macro-nutrients elements monitored include Mg, Al, Si, Mn, Fe, P, K, Ca and Ti, while micronutrients elements were Nb, Zr, Y, Sr, U, Rb, Th, Pb, Ga, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, S, Cl, V and Ba. Macro and micro-nutrient content in the soil and in the vegetables was determined using X-ray fluorescence spectrometry. The monitoring was done at three depths in the soil (0-10, 20-30, 40-50cm). Cr and Ni contents were higher than the threshold fixed by WHO. The Zn content in lettuces and carrots was higher than the threshold of 17 mg kg⁻¹ and that of Cu in eggplant exceeded the acceptable limit of 15 mg kg⁻¹ fixed by WHO. The vegetable production practices in Dschang town present major health risks due to the presence of heavy metals in the marshy soils and in the vegetable produced. This is a public health hazard which should be controlled.

Key Words: Ferrallitic soil, macronutrients, micronutrients, urban truck farming, waste water

RÉSUMÉ

A Dschang, la production maraîchère s'intensifie avec l'utilisation des intrants organiques et inorganiques, qui peuvent avoir des effets néfastes pour les sols et les plantes cultivées. Ce travail a pour objectif de déterminer les teneurs en éléments majeurs et en oligo-éléments dans un sol cultivé et dans les récoltes. Trois légumes (laitue, aubergine, carotte) ont été cultivés. Les éléments majeurs (Mg, Al, Si, Mn, Fe, P, K, Ca, Ti) et les oligo-éléments (Nb, Zr, Y, Sr, U, Rb, Th, Pb, Ga, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, S, Cl, V, Ba) dans le sol (0-10, 20-30 et 40-50cm) et dans les récoltes ont été analysés par spectrométrie de fluorescence aux rayons X. Les éléments Cr et Ni dans le sol ont présenté des teneurs supérieures au seuil fixé par l'OMS. La teneur en zinc dans les laitues et dans les carottes a été supérieure au seuil de 17 mg kg⁻¹ et celle du cuivre dans les aubergines a dépassé la barre de 15 mg kg⁻¹ fixée par l'OMS. Les pratiques des maraîchers de cette ville présentent des risques dus à la présence des métaux lourds dans les sols et dans les produits de récolte. C'est un risque de santé publique qu'il faut contrôler.

Mots Clés: Eau usée, éléments majeurs, maraîchage urbain, oligo-éléments, sol ferrallitique

INTRODUCTION

La population urbaine mondiale continue à croître plus rapidement que la population mondiale globale. Selon un rapport de l'ONU (2007) portant sur l'urbanisation, en 1950, 30 % de la population mondiale vivait en ville, 50% y vivait en 2007 et 60 % y vivra en 2030. Ce taux est encore plus rapide dans les pays en voie de développement. L'Afrique par exemple traverse une période historique de changement démographique. En effet, si au début des années 1990 deux tiers des africains vivaient dans les zones rurales, en 2030 la population de l'Afrique devrait doubler par rapport à 2010, et la moitié de la population va rejoindre les villes, soit 759,4 millions d'habitants (ONU-Habitat, 2008; FAO, 2012). Au Cameroun, le taux annuel d'urbanisme est resté entre 4,7 et 9 % depuis près d'un siècle (Sergio Oliete, 2002; Bopda et Awono, 2003; Ngeugang, 2009).

La croissance démographique très poussée des villes africaines est à l'origine de nombreux problèmes socio-économiques (taux de chômage élevé et insécurité alimentaire) et environnementaux (problème de gestion des ressources en eau, des déchets et de l'assainissement). Aujourd'hui, le taux de chômage continue à augmenter surtout avec la crise économique mondiale. Dans ce contexte, l'agriculture urbaine apparaît comme une alternative pour résorber le chômage et assurer la sécurité alimentaire des populations. Or cette agriculture urbaine est confrontée à de nombreux problèmes parmi lesquels les contraintes liées aux pollutions et à la pression foncière. Aujourd'hui, en milieu urbain et périurbain, la terre est devenue un enjeu monétaire à cause des constructions d'infrastructures (routes, hôpitaux etc.) et des bâtiments. La vente d'une parcelle pour la construction de logements est plus rentable à court terme que l'exploitation du terrain à des fins agricoles. Dès lors, le coût du terrain est dissocié de la rentabilité de l'activité agricole (Moustier et Fall, 2004).

La diminution des surfaces agricoles au profit du bâti est favorisée par des politiques foncières de la part des autorités. A Dschang, les bas-fonds exploités par les maraîchers sont plus occupés par les mini-cités et les maisons d'habitation depuis la création d'une Université à cycle

complet dans cette ville en 1993. Il se pose donc un problème de terre, la pratique de la jachère devient presque impossible et les parcelles disponibles sont exploitées en continu. Or, sur le plan écologique, la réduction des jachères à cause de la diminution des surfaces disponibles entraîne la baisse de la fertilité des sols et l'utilisation des engrais reste le principal moyen de fertilisation de ces derniers. Aussi, l'absence de jachère augmente la pression des ennemis des cultures tels les parasites et les ravageurs, ce qui pousse les maraîchers de la ville de Dschang à utiliser les pesticides chimiques (Temgoua *et al.*, 2012). Or, cette pratique peut avoir des conséquences néfastes pour les sols, les cultures et pour les consommateurs des produits de récolte. D'où l'objectif de cette étude portant sur la recherche des teneurs en éléments majeurs et en oligo-éléments dans le sol et dans quelques plantes maraîchères produites dans la ville de Dschang.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Présentation de la zone d'étude. La ville de Dschang, est située dans la région de l'Ouest Cameroun (Fig. 1). C'est le chef-lieu du Département de la Menoua et de l'Arrondissement qui porte son nom. Elle s'étend sur une partie des villages Foto et Foréké-Dschang. Géographiquement, Dschang se situe, 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. Cette ville est située sur le versant Sud-Ouest des Monts Bambouto, et dominée par des bas plateaux fortement disséqués par de petites vallées parfois marécageuses. 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.

Caractérisation du sol du site expérimental. Pour la caractérisation physico-chimique du sol du site expérimental, deux échantillons composites de sol par profondeur (0-10, 20-30, 40-50 cm) ont été prélevés, puis séchés à l'air libre. L'un des échantillons a été soumis aux analyses de routine (analyse granulométrique, pH, conductivité électrique, phosphore assimilable, carbone organique, azote totale, capacité d'échange

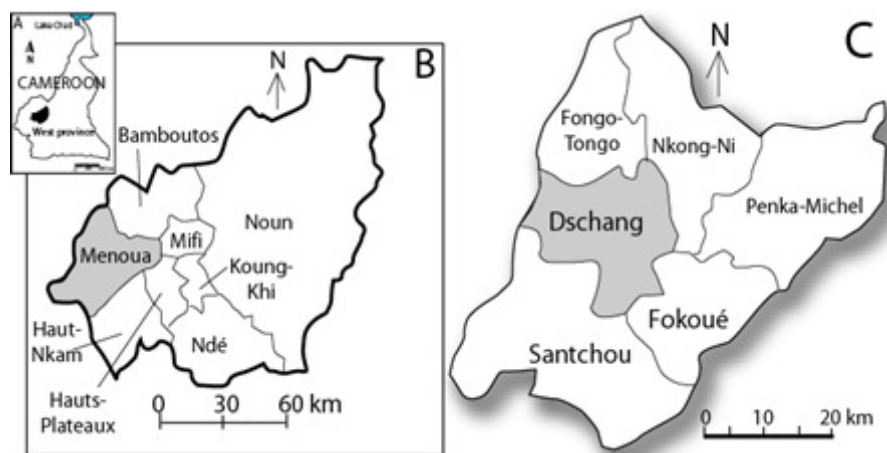


Figure 1. Localisation de la ville de Dschang (A) au Cameroun, dans la Région de l'Ouest (B) et dans le Département de la Menoua (C). (Source: Temgoua *et al.*, 2009). Titre abrégé: Présentation du site expérimental.

cationique) au laboratoire d'analyse des sols et de chimie de l'environnement de l'Université de Dschang. L'autre échantillon a été utilisé pour le dosage par Fluorescence aux Rayons X des éléments majeurs et des oligo-éléments au Centre d'Analyse Minérale de l'Université de Lausanne.

Dispositif expérimental

Une parcelle de plus de 400 m² restée 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 maraîchères dont la laitue (légume feuille), l'aubergine africain (légume fruit) et la carotte (légume racine). La disposition des parcelles a été faite de façon aléatoire selon un schéma de type split-plot, à raison de neuf répétitions par type de culture.

Mise en place des cultures et entretien des parcelles

La laitue. Les plants de 5 à 6 feuilles, après 3 à 4 semaines à la pépinière, sont collectés et repiqués avec un écartement de 30 cm entre les plants.

L'aubergine. Les plants de 4 à 5 feuilles, après 4 à 5 semaines à la pépinière, sont collectés et repiqués avec un écartement de 50 cm entre les plants.

La carotte. Le semis s'est fait sur des lignes séparées entre elles par un espacement de 25cm. 0,2g environ de semence par ligne.

Pour ce qui est de l'entretien des parcelles, aucun fertilisant ni pesticide n'a été utilisé. Le désherbage s'est fait manuellement, de façon très délicate et régulière. Les parcelles ont été arrosées deux fois par semaine en saison sèche (eau du cours d'eau et du forage).

Echantillonnage et analyse des cultures. A la maturité de chaque culture, un paquet d'environ 1000 g de légume a été prélevé par parcelle, et conservé dans un sachet en plastique. Au laboratoire, les légumes ont été séchés à l'étuve et conservés pour les analyses chimiques au laboratoire.

Analyse des données. Les données recueillies ont été soumises aux analyses descriptives simples et ANOVA. Pour cela, les logiciels Excel et SPSS version 17 ont été utilisés.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Caractéristiques du sol de l'étude. Les Tableaux 1, 2 et 3 présentent les caractéristiques physico-chimiques du sol du site expérimental. C'est un sol de texture argileuse. Son pH est acide et il est

TABLEAU 1. Caractéristiques physico-chimiques du sol du site expérimental en fonction de la profondeur

Paramètres /profondeur	0-10 cm	20-30 cm	40-50 cm
Sable	17,31	32,34	30,15
Limon	31,96	17,96	13,35
Argile	50,73	49,70	56,50
pH eau	5,33	6,54	6,71
pHKCl	4,46	6,40	6,42
CEC (cmol kg ⁻¹)	4,19	3,70	1,55
Phosphore assimilable (mg kg ⁻¹)	4,19	1,46	1,21
Carbon organique (%)	4,48	4,52	3,61
Azote total (%)	0,32	0,26	0,20
C/N	13,86	17,33	17,71

très riche en azote et en matière organique en raison des années de jachère accumulées. Mais, cette matière organique est de mauvaise qualité selon le rapport C/N. Il a une capacité d'échange cationique (CEC) acceptable, mais un très mauvais taux de saturation.

Les Tableaux 2 et 3 présentent respectivement les teneurs en éléments majeurs et en oligo-éléments dans le sol du site expérimental aux différentes profondeurs. Les éléments majeurs ont été déterminés dans ce sol à trois profondeurs; les teneurs varient peu avec la profondeur (Tableau 2). Toutefois, les valeurs en perte au feu (LOI), les teneurs de MgO, P₂O₅, K₂O, MnO et en CaO diminuent de la surface vers les profondeurs, alors que les teneurs en Al₂O₃, SiO₂, Fe₂O₃, TiO₂ par contre augmentent de la surface vers les profondeurs. Les teneurs en éléments majeurs de ce sol sont supérieures aux teneurs retrouvées au niveau de la croûte terrestre, exceptés le MgO, K₂O, MnO et CaO; probablement à cause de la longue période de jachère.

Les éléments minéraux présents dans le sol sont importants pour le développement et la croissance des plantes. Les quantités d'éléments minéraux transférées tout au long de la chaîne alimentaire depuis la plante jusqu'à l'animal et à l'Homme, dépendent des teneurs présentes dans le sol. Dans les sols, on regroupe les éléments minéraux en éléments majeurs et en oligo-éléments, les oligo-éléments étant les 80 éléments chimiques dont la concentration, dans la croûte terrestre, est pour chacun d'entre-eux inférieure à 0,1 %. Ils ne représentent à eux tous que 0,6 %

du total des éléments minéraux, alors que les 12 éléments majeurs interviennent pour 99,4 % (Scardigli, 2006).

En plus des protéines, glucides et lipides, notre corps a absolument besoin d'éléments minéraux au même titre que de vitamines. Ils accélèrent les réactions métaboliques (catalyseurs d'enzymes) et interviennent dans la production et la régulation des hormones, dans l'expression des défenses immunitaires et la protection contre certains composés oxydants (Scardigli, 2006). Les éléments majeurs sont généralement nécessaires en assez grande quantité et les oligo-éléments en quantité infime. L'objectif premier de la fertilisation est de procurer aux plantes les éléments majeurs. Le manque ou l'excès de ces éléments minéraux est souvent responsable des faibles rendements des cultures.

Le Tableau 3 présente les teneurs en oligo-éléments du sol de l'étude. Les teneurs en Nb, Zr, Y, S et en V augmentent de la surface vers les profondeurs, alors que les teneurs en Sr, U, Rb, Th, Co, Zn, et en Cu diminuent de la surface vers les profondeurs.

La présence des oligo-éléments dans l'environnement pose des problèmes majeurs pour l'Homme. Dans le domaine agricole, la plupart des oligo-éléments accumulés dans le sol sont absorbés par les plantes. Les végétaux en ont besoin pour leur croissance et leur développement. Certains ions métalliques comme par exemple le cuivre, le zinc, le manganèse et le cobalt entrent dans la composition de certains enzymes ou servent de co-facteurs (Yang *et al.*, 2005). Ces éléments, nécessaires en faible

TABLEAU 2. Les éléments majeurs dans le sol du site expérimental

Eléments chimiques	LOI	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂
Profondeur	wt-%									
0-10 cm	22,27	0,47	30,15	28,72	0,08	14,44	0,44	0,30	0,31	2,20
20-30 cm	21,25	0,43	30,45	29,27	0,07	14,66	0,42	0,28	0,28	2,21
40-50 cm	19,16	0,39	31,04	29,81	0,05	15,70	0,31	0,27	0,27	2,30
†Teneur croûte terrestre		2,00	8,10	27,70	0,10	5,00	0,11	2,50	3,63	0,44

†Sirven (2006), LOI = perte au feu

TABLEAU 3. Les oligo-éléments dans le sol du site expérimental

Profondeur, normes moyennes	Nb	Zr	Y	Sr	U	Rb	Th	Pb	Ga	Zn	Cu	Ni	Co	Cr	S	Cl	V	Ba
	mg kg ⁻¹																	
0-10 cm	391	2209	33	37	14	24	24	18	59	67	8	64	23	186	800	100	236	147
10-20 cm	398	2214	33	36	12	24	23	19	59	64	6	66	20	182	700	400	237	241
40- 50 cm	413	2235	34	36	13	22	23	19	60	65	5	67	21	191	600	300	239	167
Norme (5<pH<6)*	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	70	nd	60	20	15	8	30	nd	nd	nd	nd
Valeur moyenne **	26	237	20,7	100	2,5	110	10,3	44	14	50	16	12	4,5	12	953	640	18	175

Les teneurs représentées en gras sont celles supérieures à la norme et à la valeur moyenne retrouvée dans les sols à travers le monde*(ADEME et APCA, 2005; KAO, 2007) ; ** (Wedepohl, 1995; Kabata-Pendias, 2001), nd = non disponible

quantité, s'avèrent cependant toxiques voire létaux lorsqu'ils sont présents en forte concentration (Temgoua *et al.*, 2003; Hänsch et Mendel, 2009). Or dans ce sol, les teneurs en ces éléments sont généralement supérieures à la teneur moyenne retrouvée dans les sols à travers le monde (Tableau 3). Les éléments comme le Co, Cr et le Zn par exemple ont des teneurs supérieures au seuil acceptable pour les sols agricoles. On note également dans ce sol la forte présence des ions métalliques comme le nickel et le plomb reconnus comme non essentiels et toxiques à l'état de traces (Mendoza-Cózatl et Moreno-Sánchez, 2005). En effet, tous les ions métalliques ne sont pas indispensables aux plantes; les métaux comme le cadmium, le nickel, le plomb ou le mercure ne jouent aucun rôle dans la croissance et le développement des plantes.

Qualité chimique des récoltes. Les Tableaux 4 et 5 présentent respectivement les teneurs en oligo-éléments et en éléments majeurs dans les plantes maraîchères.

La teneur en éléments majeurs dans les légumes cultivés a généralement varié de façon significative ($P < 0,05$) d'une culture à l'autre. Les teneurs ont été parfois supérieures à la moyenne retrouvée généralement dans les plantes. Mais c'est sans inquiétude, étant donné que sur le plan nutritionnel, les plantes de bonne qualité sont généralement celles qui ont une importante quantité en éléments majeurs. Les plus faibles concentrations en ces éléments ont été obtenues dans l'aubergine, et les concentrations les plus élevées dans la laitue.

De nombreux oligo-éléments ont également été détectés dans les récoltes. Le degré de contamination des cultures en ces éléments a généralement varié de façon significative ($P < 0,01$) d'une culture à l'autre. Les concentrations les plus basses en oligo-éléments recherchés ont été détectées dans les aubergines et, les concentrations les plus élevées dans les laitues. Certaines cultures ont présenté des concentrations supérieures aux normes en vigueur. La teneur en zinc par exemple dans les laitues et dans les carottes a été supérieure au seuil (17 mg kg^{-1}) fixé par l'OMS (Godin, 1982; Mench et Baize, 2004). La teneur en cuivre dans les aubergines a dépassé 15 mg kg^{-1} , seuil de

TABLEAU 4. Les oligo-éléments dans les légumes cultivés dans le site expérimental

Légume	S	Cl	V	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Zr	Ba	Pb
Aubergine	145±18	201,6±61	ND	ND	17	13,3	21,5±7,2	ND	ND	ND	ND
Laitue	341,7±81	475±157	10	9	11,2	40,2	61,2	29,6	49	ND	ND
Carotte	123,3±18	290±86	ND	ND	ND	22,5±4	82,6±10	40±6	ND	18,7	10
Norme* (moyenne**)	nd	nd	nd	8(1-10)	15(5-25)	17(2-400)	nd	nd	nd	nd	nd(0,1-5)

* (Kassaoui *et al.*, 2009); ** (Garde Torresley *et al.*, 2005); nd = non disponible ; ND = non détecté

TABLEAU 5. Les éléments majeurs dans les légumes cultivés dans le site expérimental

	LOI	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅
Aubergine	95,63±0.36	0,36±0.05	<0,01	0,02±0,01	0,002±0,0005	0,02±0,0007	0,55±0,17
Laitue	88,4±1.8	0,9±0.44	0,4±0,16	0,62±0,4	0,017±0,004	0,23±0,22	0,84±0,18
Carotte	92,11±1.3	0,4±0.05	0,06±0,02	0,093±0,02	0,004±0,0007	0,053±0,02	0,68±0,15
Valeur mondiale moyenne *	nd	0,1-0,7	nd	nd	0,01-1	0,01-1	0,2-1,5

nd = non disponible

TABLEAU 5 (suite)

Légume	K ₂ O	CaO	TiO ₂
Aubergine	2.9±0.2	0.13±0.02	0.002±0.0005
Laitue	6.37±0.98	1.31±0.6	0.04±0.03
Carotte	5.45±1	0.62±0.09	0.009±0.003
Valeur mondiale moyenne *	2-4	1-2	nd

*(Lerot, 2006)

toxicité fixé par l'OMS. Plusieurs auteurs ont déjà dénoncé la présence des métaux lourds dans les cultures à des concentrations dépassant parfois le seuil de toxicité (Kassaoui *et al.*, 2007; Akan *et al.*, 2008; Adjia, 2010; Dan-Badjo *et al.*, 2013). Les eaux usées, les boues des stations d'épuration, les pesticides, les fertilisants sont généralement mis en cause pour la présence de ces métaux lourds dans les sols et sur les cultures (Xiong et Wang 2005; Islam *et al.*, 2007; Bigdeli et Seilsepour, 2008; Bouchouata *et al.*, 2011).

Dans le domaine de la santé publique, les éléments traces métalliques (ETM) absorbés par les végétaux entrent dans la chaîne alimentaire et entraînent un phénomène de bio-concentration à chaque passage dans le maillon trophique supérieur (Gonzales *et al.*, 2008 ; McLean *et al.*, 2009). Cette accumulation d'ETM s'avère dangereuse pour la santé. Par exemple, une forte teneur en plomb (maladie appelée saturnisme) ou en mercure dans le corps humain affecte le système nerveux central, les cellules sanguines et les reins (De Burbure *et al.*, 2006). Le cadmium est également très toxique, particulièrement au niveau des reins, et se révèle vraisemblablement cancérigène (De Burbure *et al.*, 2006).

Dans le cadre de cette étude, aucun intrant chimique n'a été appliqué sur les parcelles. Les eaux appliquées sur les parcelles présentent des

concentrations en métaux lourds généralement inférieurs au seuil de détection (Ntangmo Tsafack *et al.*, 2012). L'effet cumulé dû à l'arrosage ne peut pas être utilisé pour justifier cette pollution. Mais ces métaux ont été détectés dans le sol avant le début de l'expérimentation. Ce qui nous laisse penser que le sol du site expérimental soit la source de pollution de nos récoltes. En effet, les légumes cultivés sur des sols contaminés par les métaux lourds peuvent accumuler des concentrations élevées pouvant constituer des risques de santé énormes chez les consommateurs (Islam *et al.*, 2007; Bouchouata *et al.*, 2011). Les légumes prennent les métaux lourds en les absorbant des sols ou par exposition de différentes parties de la plante à l'air en provenance des sites pollués (Zurera-Cosano *et al.*, 1989). Alegria *et al.* (1992) ont étudié les relations entre la concentration du cobalt, du cuivre, et du zinc du sol et celles des légumes. Ils ont obtenu des corrélations significatives entre les concentrations totales et extractibles du cobalt du sol et celle des racines et des bulbes d'une part, et entre les concentrations totales du cuivre du sol et celles des inflorescences d'autre part. L'incrimination du sol dans le cadre de cette étude peut être justifiée. Mais cela doit être pris avec un peu de réserve, étant donné que, les laitues ont été les plus polluées et non les carottes.

Nos observations se rapprochent de celles de Scherz et Kirchhoff (2006) obtenues dans plusieurs pays à travers le monde. Cependant, de nombreux travaux ont montré que la contamination des racines par les métaux lourds du sol est nettement supérieure à celle des parties aériennes (Bigdeli et Seilsepour, 2008; Adjia, 2010). Dans tous les cas, les résultats de cette étude permettent de s'inquiéter sur la qualité (chimique) des légumes produits dans la ville de Dschang. Etant donné que la parcelle où la recherche a été effectuée est restée en jachère pendant cinq ans. Il apparaît donc nécessaire de suivre la dynamique des métaux lourds dans les bas-fonds marécageux de la ville de Dschang.

CONCLUSION

Cette étude avait pour objectif de déterminer la teneur des éléments majeurs et des oligoéléments dans les sols et les végétaux dans les conditions du maraîchage urbain. Trois types de plantes ont été choisis pour l'essai : laitue, aubergine et carotte. Les éléments recherchés ont été détectés dans le sol à trois différentes profondeurs et les éléments Cr et Ni y ont présenté des teneurs supérieures au seuil fixé par l'OMS. Les oligoéléments S, Cl, Cu et Rb ont été détectés dans toutes les plantes cultivées. Le Ba et le Pb sont absents dans la laitue et l'aubergine. Le Va et le Ni ont été détectés dans les laitues. La teneur en zinc dans les laitues et dans les carottes a été supérieure au seuil de 17 mg kg⁻¹ et celle du cuivre dans les aubergines a dépassé la barre de 15 mg/kg fixée par l'OMS. L'aluminium a été détecté dans toutes les cultures sauf dans l'aubergine où la teneur a été inférieure au seuil fixé par l'OMS. Dans la ville de Dschang, dans l'optique d'améliorer les rendements, les maraîchers utilisent d'importantes quantités de pesticides et de fertilisants dont les résidus auraient persisté dans le sol et ensuite dans les récoltes. Aussi, depuis quelques années, l'utilisation du compost est vulgarisée dans la ville. Or ce compost peut contenir d'importantes quantités de métaux lourds qui s'accumulent probablement dans les sols et par la suite dans les plantes cultivées. Ce qui est un danger grave pour l'environnement et pour les consommateurs des produits de récolte. Les légumes feuilles sont les plus touchés. Vu

l'importance qu'ont les légumes dans la ration alimentaire, les pouvoirs publics doivent réguler cette activité tout en préservant l'activité et la santé des consommateurs.

REMERCIEMENT

Ce travail a bénéficié de l'appui financier de la Fondation International pour la Sciences (FIS) à travers les bourses W4206-2 et W5005-1. Nous adressons à cette structure notre profonde gratitude. Les auteurs remercient également la Fondation Herbette qui a permis d'effectuer un séjour scientifique au Centre d'Analyse Minérale de l'Université de Lausanne pour les analyses de la fluorescence aux rayons X. Merci beaucoup au reviewer anonyme.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ademe and Apca, 2005. Dérogations relatives à la réglementation sur l'épandage des boues de station d'épuration. Comment formuler une demande pour les sols à teneurs naturelles élevées en éléments traces métalliques? Guide technique. 145p.
- Adjia, R. 2010. Métaux lourds dans les légumes des jardins maraîchers de Ngaoundéré: niveau de toxicité et source de contamination, Thèse de Doctorat PhD, Université de Ngaoundéré. 212p.
- Akan, J.C., Abdulrahman, Dimari, G.A. and Ogugbuaja, V.O. 2008. Physicochemical determination of pollutants in wastewater and vegetable samples along the jakara wastewater Channel in Kano Metropolis State, Nigeria. *European Journal of Scientific Research* 23 (1): 122-133.
- Alegria, A., Barbera, R., Errecalde, F., Farre, R. and Largada, M.J. 1992. Relationship between cobalt, copper and zinc content of soil and vegetable. *Nahrung* 36 (5): 451-460.
- Bigdeli, M. and Seilsepour, M. 2008. Investigation of metal accumulation in some vegetable irrigated with waste water in Shahr-e Rey-Iran and Toxicological Implications. *American-Eurasian Journal of Agric & Environ. Sci.* 4 (1): 86-92.
- Bopda, A. and Awono, J. 2003. L'agriculture urbaine et périurbaine à Yaoundé (Cameroun),

- Aspects institutionnels, Rapport final, INC, CUY/SUIPA. 88 p.
- Bouchouata, O., Jaafar, B., Bounakhla, M., Doukkali, A. and Attarassi, B. 2011. Etude de la contamination par les métaux lourds des eaux d'irrigation et les cultures maraîchères dans la zone M'nasra (Gharb, Maroc), *ScienceLib Editions Mersenne*, 3, N° 111006 ISSN 2111-4706.
- Dan-Badjo, T.A., Guéro, Y., Dan Lamso, N., Baragé, Baba-Moussa, A., Sterckeman, T., EchEvarria, G. and Feidt C. 2013. Evaluation des niveaux de contamination en éléments traces métalliques de laitue et de chou cultivés dans la vallée de Gounti Yena à Niamey, Niger. *Journal of Applied Biosciences* 67: 5326 - 5335.
- De Burbure, C., Buchet, J.P., Lerp.oyer, A., Nisse, C., Haguenoer, J.M., Mutti, A., Smerhovsky, Z., Cikrt, M., Trzcinka-Ochocka, M., Razniewska, G., Jakubowski, M. and Bernard, A. 2006. Renal and neurologic effects of cadmium, lead, mercury, and arsenic in children: evidence of early effects and multiple interactions at environmental exposure levels. *Environmental Health Perspectives* 114: 584-590.
- FAO, 2012. Pour des villes plus vertes en Afrique, Premier rapport d'étape sur l'horticulture urbaine et périurbaine, Rome, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. 116.
- Gardea-Torresdey, J.L., Peralta-Videa, J.R., de la Rosa, G. and Parsons J.G. 2005. Phytoremediation of heavy metals and study of the metal coordination by X-ray absorption spectroscopy. *Coordination Chemistry Reviews* 249: 1797-1810.
- Godin, P. 1982. Source de contamination et enjeu, Séminaire, Eléments traces et pollution des sols, 4-5 Mai 1982, Paris, 3-12.
- Gonzales, X.I., Aboal, J.R., Fernandez, J.A. and Carballeira, A. 2008. Heavy metal transfers between trophic compartments in different ecosystems in Galicia (northwest Spain): Essential elements. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 55: 691-700.
- Hänsch, R. and Mendel, R.R. 2009. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). *Current Opinion in Plant Biology* 12: 259-266.
- Islamul, E., Yang, X., He, Z. and Mahmood, Q. 2007. Assessing potential dietary toxicity of heavy metal in selected vegetables and food crops. *J. Zhejiang Univ. Sci. B.* 8 (1): 1-13.
- Kabata-Pendias, 2001. Traces Elements in Soil and Plants, Third Edition, CRC Press, New York.
- Kao, T., EL Mejahed, K. and Bouzidi, A. 2007. Evaluation de la pollution métallique dans les sols agricoles irrigués par les eaux usées de la ville de Settat (Maroc). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie* 29: 89-92.
- Kassaoui, H., Lebkiri, M., Lebkiri, A., El Rifi, H., Badoc, A. and Douira, A. 2009. Bioaccumulation de métaux lourds chez la tomate et la laitue fertilisées par les boues d'une station d'épuration. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*. 148 :77-92.
- Lerot, B. 2006. Les éléments minéraux, <http://www.orchidstory.be/site/mineraux.pdf>. Accédé le 11/10/2013.
- Mc Lean, C.M., Koller, C.E., Rodger, J.C. and MacFarlane, G. R. 2009. Mammalian hair as an accumulative bioindicator of metal bioavailability in Australian terrestrial environments. *Science of the Total Environment* 407 (11): 3588-3596.
- Mench, M. et Baize, D. 2004. Contamination des sols et de nos aliments d'origine végétale par les éléments en traces mesures pour réduire l'exposition, Courrier de l'environnement de l'INRA N°52. 26p.
- Mendoza-Cózatl, D.G. and Moreno-Sanchez, R. 2005. Cd²⁺ transport and storage in the chloroplast of *Euglena gracilis*. *Biochimica et Biophysica Acta* 1706: 88-97.
- Moustier, P. and Fall A. 2004. Les dynamiques de l'agriculture urbaine: caractérisation et évaluation: In: Smith, O., Moustier, P., Mougeot, L. et Fall, A. Développement durable de l'agriculture urbaine en Afrique francophone. Enjeux, concepts et méthodes, CIRAD et CRDI. pp. 23-29.
- Nguegang, P. 2008. L'agriculture urbaine et périurbaine à Yaoundé : Analyse multifonctionnelle d'une activité montante en

- économie de survie, Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles. 189p.
- Ntangmo Tsafack, H., Temgoua, E. and Njine, T. 2012. Physico-chemical and bacteriological quality of the vegetable watering water in the Dschang Town, Cameroon. *Journal of Environmental Protection* 3: 949-955.
- ONU, 2007. World Population prospects, 2006 revisions., Disponible sur Internet. http://www.un.org/esa/population/publications/wpp2006/wpp2006_highlights.pdf.
- Scardigli, M. 2006. Bien nourrir les plantes pour mieux nourrir les Hommes, la lettre de l'UNIFA, N° 15, <http://www.unifa.fr/component/phocadownload/category/2-lettres-de-l-unifa.html?download=36:lettre-n-15>. Accédé le 11/1/2013.
- ScherzHeimo and Kirchhoff, E. 2006. Trace elements in foods: Zinc contents of raw foods - A comparison of data originating from different geographical regions of the world. *Journal of Food Composition and Analysis* 19 (5):420-433.
- Sergio, O. J. 2002. Assainissement d'écosystèmes urbains en zone tropicale humide:Le cas de la ville de Yaoundé au Cameroun, Mémoire de fin d'étude. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelone. 112p.
- Temgoua, E., Ntangmo Tsafack, H. and Njine, T. 2012. Vegetable production systems of swampszone in urban environment in West Cameroon: case of Dschang city. *Universal Journal of Environmental Research and Technology* 2(2): 83-92.
- Temgoua, E., Ngnikam, E. and Ndongson, L. 2011. Stratégie de mobilisation des ressources pour la conduite des travaux d'AEPA dans la Commune de Dschang-Cameroun, Foudjet et Ngnikam (Eds.). Actes de la Conférence sur l'Intégration des quartiers spontanés dans l'urbanisation et les technologies alternatives d'assainissement et d'accès à l'eau potable" Yaoundé, du 23 au 25 Février 2010, *Communication* 2.6 :162-176.
- Temgoua, E., Pfeifer, H.R. and Bitom, D. 2003. Trace element differentiation in ferruginous slope accumulation patterns of southern Cameroon, the role of climate change. *Science of The Total Environment* 303(3): 203-214.
- Xiong, Z.T. and Wang, H. 2005. Copper toxicity and bioaccumulation in Chinese cabbage (*Brassica pekinensis*Rupr). *Environ. Toxicol.* 20(2): 188-194.
- Yang, X., Feng, Y., He, Z. and Stoffella, P.J. 2005. Molecular mechanisms of heavy metal hyperaccumulation and phytoremediation. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 18: 339-353.
- Zurera-Cosano, G., Moreno-Rojas, R., Salmeron-Egea, J. and Pozo Lora, R. 1989. Heavy metal uptake from greenhouse border soils for edible vegetable. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 49(3): 307-314.