

## Évaluation des niveaux de contamination en éléments traces métalliques de laitue et de chou cultivés dans la vallée de Gounti Yena à Niamey, Niger

Abdourahamane TANKARI DAN-BADJO<sup>1\*</sup>, Yadji GUÉRO<sup>1</sup>, Nomaou DAN LAMSO<sup>1</sup>, Moussa BARAGÉ<sup>2</sup>, Abdourahamane BALLA<sup>2</sup>, Thibault STERCKEMAN<sup>3</sup>, Guillaume ECH EVARRIA<sup>3</sup> et Cyril FEIDT<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Département Science du sol, Faculté d'Agronomie de Niamey - Université Abdou Moumouni de Niamey, BP : 10960 Niamey – Niger

<sup>2</sup>Département Productions végétales, Faculté d'Agronomie de Niamey - Université Abdou Moumouni de Niamey, BP : 10960 Niamey – Niger

<sup>3</sup>LSE, Université de Lorraine, INRA, TSA 40602, 54518 Vandoeuvre-Les- Nancy, France

<sup>4</sup>UR AFPA, Université de Lorraine, INRA, TSA 40602, 54518 Vandoeuvre-Les- Nancy, France

\*Département Sciences du sol, Faculté d'Agronomie de Niamey - Université Abdou Moumouni de Niamey, BP : 10960 Niamey – Niger, [tankari@yahoo.fr](mailto:tankari@yahoo.fr) ; Tel Bureau : 00227 20 31 59 42 ; Tel Portable : 00227 90 44 30 67 ; Fax : 00227 20 31 66 12

Original submitted in on 6<sup>th</sup> May 2013 Published online at [www.m.elewa.org](http://www.m.elewa.org) on 30<sup>th</sup> July 2013.

### RÉSUMÉ

**Objectifs :** Située en plein centre ville et cernée par de nombreuses sources de pollution métallique, la vallée de Gounti Yena est l'une des principales zones de cultures maraîchères de la ville de Niamey. Cette étude a pour but de déterminer les teneurs en métaux des végétaux cultivés dans cette vallée.

**Méthodologie et résultats :** Des prélèvements des échantillons de laitue (*Lactuca sativa*) et du chou (*Brassica oleracea*) ont été réalisés sur 3 sites retenus en fonction de leur proximité à des sources de pollution métallique. Les concentrations en éléments traces métalliques (ETM) des végétaux prélevés ont été analysées par spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP-MS) après digestion acide. Les résultats obtenus montrent une importante accumulation des ETM par le chou et la laitue cultivés dans la vallée de Gounti Yena. En effet, les teneurs moyennes en ETM atteignent 0,60; 3,73 ; 8,19 ; 2137,28 ; 2,85; 5,17 et 157,51 mg/kg MS respectivement pour cadmium (Cd), chrome (Cr), cuivre (Cu), fer (Fe), nickel (Ni), plomb(Pb), et zinc (Zn).

**Conclusion et application de la recherche :** La détection dans le chou et la laitue des métaux comme Cd, Cr, Fe, Zn et surtout le Pb qui ont des effets néfastes sur la santé humaine, à des concentrations supérieures aux normes autorisées, pousse à rechercher les déterminants de leurs transferts vers les plantes cultivées. Des mesures adéquates pourront alors être prises par les autorités compétentes pour limiter ou réduire la contamination des végétaux évoluant dans cette vallée.

**Mots Clés:** Contaminations, ETM, Végétaux, Normes, Gounti Yena, Niamey

### Abstract

**Trace metals contamination in lettuce and cabbage of the Gounti Yena valley in Niamey, Niger**

**Objectives:** Located in the city center and surrounded by many metal pollution sources, Gounti Yena valley is an important area of vegetable crops in Niamey. This study aims to determine the trace metals concentrations of plants grown in this valley.

*Methods and Results:* Samples of lettuce (*Lactuca sativa*) and cabbage (*Brassica oleracea*) were collected from three sites selected according to their proximity to metal pollution sources. Trace metals concentrations in cabbage and lettuce were analyzed by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) after acid digestion. The results showed a significant accumulation of metals by cabbage and lettuce grown in Gounti Yena valley. The average metals concentrations reach 0.60, 3.73, 8.19, 2137.28, 2.85, 5.17 and 157.51 mg / kg DM, respectively, for cadmium (Cd), chromium (Cr), copper (Cu), iron (Fe), nickel (Ni), lead (Pb) and zinc (Zn)

*Conclusion and application of research:* Detection of concentrations above permissible levels, in cabbage and lettuce of heavy metals like Cd, Cr, Fe, Zn and Pb especially, which have adverse effects on human health, requires further investigation on the causes of their transfer to grown plants. Adequate measures could then be taken by the competent authorities to limit or reduce the contamination of plants grown in the Gounti Yena valley.

**Keywords:** contaminations, ETM, Norms, plants, Gounti Yena, Niamey

## INTRODUCTION

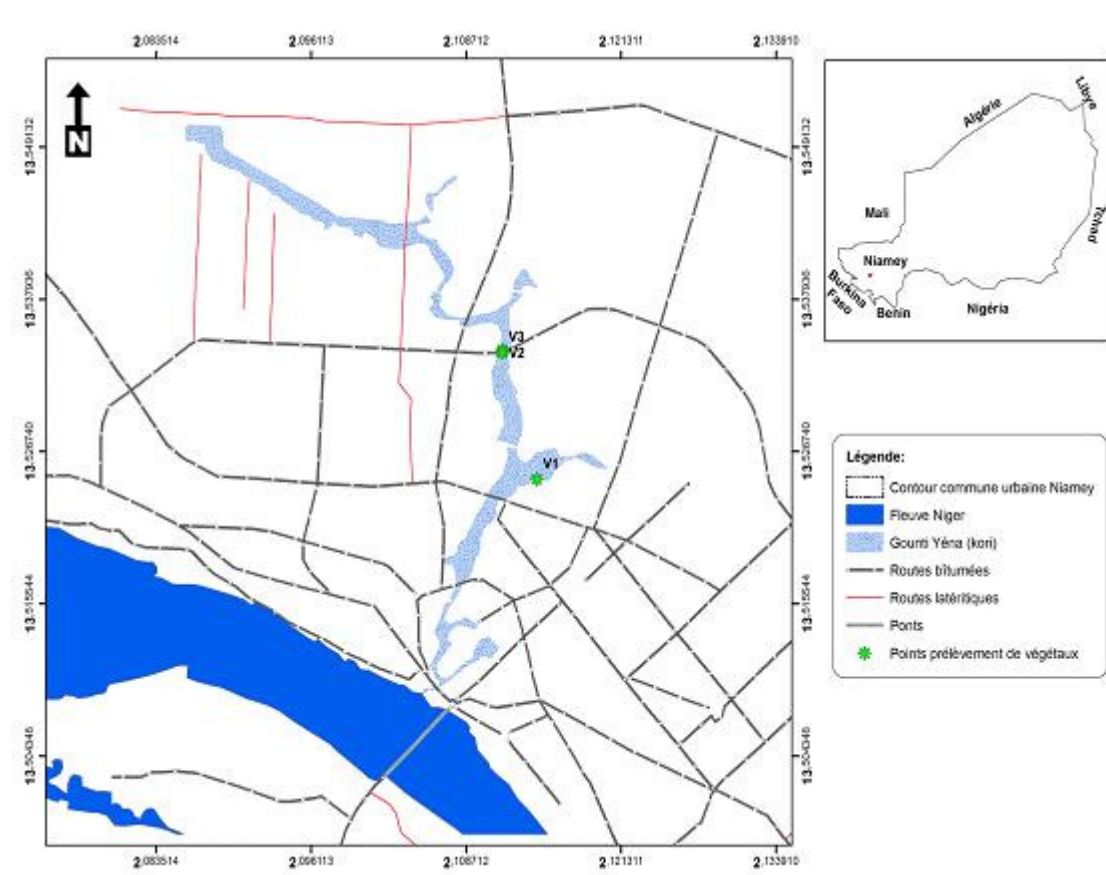
Au Niger, comme dans tous les autres pays du sahel, le maraîchage occupe une place importante dans les activités socio économiques. Les produits maraîchers contribuent de façon quantitative et qualitative à l'amélioration de la situation alimentaire des populations rurales et urbaines par leurs apports en éléments minéraux et surtout en vitamines. Dans la communauté urbaine de Niamey (CUN), la production maraîchère et fruitière est pratiquée sur 33 sites et est commercialisée à plus de 90% (Madou, 2004). C'est une activité lucrative pour certains ménages et qui contribue considérablement à l'économie du pays. A titre illustratif, la production maraîchère nationale a contribué pour environ 29 milliards de Francs CFA Communauté Financière Africaine) à la constitution de la valeur des produits en 2002 (Madou, 2004). Cependant, cette activité agricole majeure est aujourd'hui confrontée à d'énormes difficultés, dont entre autres, l'insécurité foncière, l'accès aux intrants agricoles et l'absence d'encadrement technique spécialisé. A tout cela vient s'ajouter l'épineux problème de pollution, du fait de l'utilisation des eaux usées pour l'irrigation et de la proximité des sites de production de grands axes de trafics urbains et des industries où des émissions de métaux lourds polluants tels que le cadmium (Cd); le plomb (Pb) et le zinc (Zn) sont importantes. En effet, les éléments traces métalliques (ETM), de même que les composés

organiques persistants, qui résultent des activités anthropiques, présentent des potentiels toxiques importants aussi bien pour les plantes, pour l'Homme que pour les animaux qui y sont exposés (Ajmone-Marsan & Biasioli, 2010 ; Tankari Dan-Badjo et al., 2007 ; Tankari Dan-Badjo et al., 2011). La menace de l'environnement, surtout urbain, par les ETM, est accentuée par la présence des particules fines atmosphériques sèches déposées par le vent ou qui retombent sur le sol, sous forme humide pendant les pluies. A titre illustratif, des études préliminaires portant sur les teneurs en ETM dans les sols de la ville de Niamey ont révélé des valeurs de concentrations supérieures aux normes sur plusieurs sites, plus particulièrement, celui de Gounti Yena, principal site de production maraîchère situé au centre de la ville (Also, 2010). L'alerte issue de cette étude sur le risque potentiel de transfert de polluants dans la chaîne alimentaire justifie la nécessité d'évaluer le niveau de contamination des végétaux cultivés sur ces sols pollués et irrigués avec des eaux usées. Le chou et la laitue constituent les principales cultures réalisées dans la vallée de Gounti Yena. C'est dans cette optique que cette étude, qui est la toute première au Niger, tente spécifiquement de déterminer les teneurs en ETM de chou et de laitue prélevés dans la vallée de Gounti Yena, et de les comparer avec les normes sanitaires réglementant leur consommation.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

**Présentation de la zone d'étude :** La ville de Niamey est située entre 13°20 et 13°35 de latitude Nord et 2° et 2°15 de longitude Est. Capitale du Niger, elle couvre une superficie de 255 km<sup>2</sup> avec une population de 1 222 066 habitants en 2010 (INS, 2010). Les sols des bas fonds des sites maraîchers sont essentiellement à texture sablo-argileuse et riches en humus. Le site spécifique de Gounti Yena est une vallée d'environ 38,1 ha. Avec ses 343 jardins, la vallée de Gounti Yena est la zone de

cultures maraîchères par excellence de la ville de Niamey (Figure 1). L'environnement autour de cette vallée est complexe : à moins de 2 km de la vallée et souvent en son sein, se trouvent : des voies de circulations avec une densité de trafic importante ; une station d'épuration des eaux usées non fonctionnelle collectant les eaux usées urbaines ; des petites industries ; des épaves de voiture et des décharges à ciel ouvert.



**Figure 1 :** Situation géographique de la zone d'étude (Niamey) et localisation des points de prélèvement de végétaux dans la vallée de Gounti Yena.

### Choix des sites de prélèvement d'échantillons :

Cette étude a été menée dans la vallée de Gounti Yena sur 3 sites : Gounti Yena Est, Gounti Yena Ouest et zone Katako décharges, retenus en fonction de leurs proximités de sources d'émission ou de rejet des ETM : voies de circulation, décharges et eaux usées (Figure 2). Les principales cultures maraîchères pratiquées dans la vallée de Gounti Yena sont : chou, laitue, oseille et amarante. Les légumes feuilles prélevés sont la laitue (*Lactuca sativa*) et le chou (*Brassica oleracea*) du fait de leur

forte capacité de rétention de poussières atmosphériques chargées en ETM et de leurs mécanismes d'accumulation des ETM dans les feuilles *via* le sol (Douay & Sterckeman, 2002). Au niveau de chaque site, 3 échantillons composites de feuilles de chou et 3 échantillons composites de feuilles de laitue sont constitués à partir de 10 prélèvements élémentaires réalisés au moment de la récolte.



**Figure 2** : Description de la vallée de Gounti Yena

**A** : Vue du site de Gounti Yena avec des cultures de laitue et de chou ; **B** : Décharges sauvages et caniveau drainant les eaux usées brutes dans la vallée de Gounti Yena.

### Préparation et analyse des métaux dans les échantillons des végétaux :

La mise en solution et l'analyse des ETM ont été réalisées au Laboratoire Sols et Environnement (LSE) de Nancy (France). Les échantillons des végétaux prélevés sont lavés à l'eau du robinet, puis pesés et séchés à l'étuve à une température de 60°C jusqu'à l'obtention d'un poids constant. Après séchage, les échantillons sont pesés, broyés et tamisés séparément à 2 mm. un demi-gramme (0,5 g) de chaque échantillon est mis en solution par un mélange de 6 ml de l'eau oxygénée (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) et de 6 ml de l'acide nitrique (HNO<sub>3</sub>) dans un DigiPREP à une température de 95°C pour

une durée de 3 heures. Le dosage a été réalisé par spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP/MS). Les résultats des ETM dans les végétaux sont exprimés en mg/kg de matière sèche (MS). Cependant, dans le but de comparer les teneurs de certains ETM avec les normes réglementaires, les teneurs en Cd et Pb ont été converties en mg/kg de matière fraîche (MF) à l'aide du rapport entre MF et MS. Pour l'analyse statistique, le logiciel Excel a été utilisé pour la détermination des teneurs moyennes et des écarts types de chaque échantillon.

### RÉSULTATS

Les concentrations moyennes des métaux dans les feuilles de chou et de laitue prélevées sur les sites de Gounti Yena Est, Gounti Yena Ouest et Katako Décharges sont données dans le tableau 1. L'analyse des résultats obtenus révèle que les

teneurs en métaux sont très disparates et varient en fonction du site de prélèvement mais aussi en fonction de l'espèce végétale. D'une manière générale, la séquence des teneurs en métaux dans les légumes étudiés est la suivante : Fe > Zn > Cu >



Pb > Cr > Ni > Cd. Dans les feuilles de Chou des sites Gounti Yena Est et Gounti Yena Ouest et les feuilles de laitue de Gounti Yena Est et Katako Décharges, les concentrations de Cd sont en dessous du seuil de quantifications (0,012 mg/kg). Les teneurs en Cd sont détectées dans la laitue (Gounti Yena Est) et le chou (Katako décharges) avec des valeurs respectives de 0,6 mg/kg et 0,58 mg/kg. Dans les feuilles de laitue prélevées sur les sites Gounti Yena Ouest et Katako Décharges, le Cr n'est pas détecté. Des valeurs moyennes de concentrations en Cr de 3,73 mg/kg et 2,15 mg/kg ont été obtenues dans les feuilles de laitue et de chou de Gounti Yena Est respectivement. Les feuilles de chou des sites Gounti Yena Ouest et Katako Décharges présentent des concentrations respectives de Cr de 1,86 mg/kg et 1,82 mg/kg. Le Cu a été détecté à la fois dans le chou et la laitue sur tous les sites étudiés. Les concentrations moyennes obtenues varient de 2,64 à 8,19 mg/g. La concentration la plus élevée en Cu est observée

dans la laitue du site Katako Décharges. Les concentrations moyennes de Fe varient de 387,43 à 21137,28 mg/kg. Les teneurs les plus élevées en Fe dans la laitue et dans le chou ont été détectées au niveau du site Gounti Yena Est avec respectivement 2137,28 mg/kg et 1223,76 mg/kg. Le Ni n'a pas été détecté dans les feuilles de laitue prélevées sur les sites de Gounti Yena Ouest et Katako Décharges. Les concentrations moyennes de Ni varient de 1,11 mg/kg à 2,85 mg/kg. La laitue prélevée au niveau du site Gounti Yena Est présente la teneur en Ni la plus élevée. Les concentrations moyennes de Pb varient de 0,95 à 5,17 mg/kg. Les teneurs les plus élevées en Pb sont observées dans la laitue (5,17 mg/kg) et le chou (5,16 mg/kg). Les concentrations moyennes de Zn dans les échantillons des végétaux analysés varient de 48,70 à 157,51 mg/kg en fonction des sites et des espèces. La teneur en Zn la plus élevée est détectée dans le chou prélevé au niveau du site Gounti Yena Ouest (157,51 mg/kg).

**Tableau 1** : Teneurs moyennes en éléments traces métalliques (mg/kg MS) dans les feuilles de la laitue et le chou cultivés dans le bas fonds de Gounti Yena (Niamey, Niger).

Métaux Végétaux/sites	Cd	Co	Cu	Cr	Fer	Mn	Ni	Pb	Zn
Laitue / Gounti Yena Est (n=3)	0,60±0,03	Nd	6,20±0,35	3,73±0,15	2137,28±103,75	65,70±1,48	2,85±0,57	5,17±0,21	53,91±3,17
Chou / Gounti Yena Est (n=3)	Nd	Nd	2,54±0,06	2,15±0,32	1223,76±271,02	42,93±2,89	1,42±0,23	1,07±0,25	48,69±2,35
Laitue / Gounti Yena Ouest (n=3)	Nd	Nd	8,20±0,18	Nd	888,98±64,10	41,29±2,59	Nd	1,99±0,05	61,48±5,02
Chou / Gounti Yena Ouest (n=3)	Nd	0,74±0,13	2,64±0,36	1,86±0,05	387,43±29,34	39,80±0,55	1,11±0,37	0,95±0,13	157,51±4,25
Laitue / Katako décharges	Nd	Nd	6,62±0,41	Nd	759,28±50,20	66,59±3,98	Nd	2,72±0,10	61,20±2,33
Chou / Katako décharges (n=3)	0,58±0,06	0,69±0,22	4,57±0,26	1,82±0,19	643,49±78,21	66,97±6,14	1,12±0,37	5,16±0,86	73,50±4,00

Nd : non déterminé

## DISCUSSION

Les concentrations en métaux dans les feuilles de laitue et de chou prélevées dans les sites de la vallée de Gounti Yena ont été comparées aux teneurs en métaux des végétaux obtenues par d'autres chercheurs à travers le monde. Les teneurs en Cd (0,58 – 0,60 mg/kg) de la présente étude sont inférieures aux teneurs obtenues dans les plantes cultivées sur les sites métallurgiques de Noyelles-Godault et d'Auby en France, qui atteignent jusqu'à 1,50 mg/kg (Douay & Sterckeman, 2002). Une étude réalisée sur les sites maraîchers de Cocody et de Marcory en Côte d'Ivoire (Kouassi et al., 2008) rapporte de teneurs en Cd inférieures aux nôtres dans les végétaux (0,12 - 0,41 mg/kg). Des travaux rapportent également des teneurs en Cd très élevées variant de 2,5 à 7,6 mg/kg (Jaffré, 1976). Dans les feuilles de chou, le Cr est détecté sur tous les sites alors que dans les échantillons de laitue, il n'a été détecté qu'au niveau du site Gounti Yena Est avec des valeurs moyennes de concentration variant de 1,81 à 3,73 mg/kg inférieures à celles rapportées à Tatigarh (34,83 – 96,30 mg/kg) en Inde (Gupta et al., 2008). La teneur en Cu (8,19 mg/kg) détectée dans la laitue du site Gounti Yena Ouest est plus élevée que celle relevée dans les végétaux (0,10 – 1,48 mg/kg) évoluant sur les sites urbains de Lagos au Nigéria (Awofolu, 2005) mais aussi dans les légumes feuilles (3,59 mg/kg) cultivés à Marcory et Cocody. Sur chacun de nos 3 sites d'expérimentation, les teneurs moyennes en Fe dans les feuilles de la laitue sont plus élevées que dans le chou suggérant ainsi que la laitue semble accumuler beaucoup plus le Fe que le chou. Les valeurs moyennes de concentrations en Fe (387,43 – 2137,28 mg/kg) obtenues dans la présente étude sont supérieures à celles détectées dans les légumes feuilles (146,29 – 350,28 mg/kg) à Dhaka au Bangladesh (Uddin Ahmad & Abdul Goni, 2010) et dans les végétaux (36 à 240 mg/kg) cultivés en Nouvelle Calédonie (Jaffré, 1976). De tous les échantillons analysés, la laitue de Gounti Yena Est a présenté la concentration moyenne la plus élevée en Ni (2,85 mg/kg). Cette valeur de concentration est inférieure aux données en Ni obtenues dans les légumes en Côte d'Ivoire (11,98 – 41,69 mg/kg) et à Dhaka (4,62 – 23,68 mg/kg) au Bangladesh (Uddin Ahmad & Abdul Goni, 2010). Les concentrations moyennes de Pb détectées dans les feuilles de Laitue et de chou de Gounti yena variant de 0,95 mg/kg à 5,17 mg/kg sont

inférieures aux valeurs indiquées dans les légumes en côte d'Ivoire (8,69 – 20,30 mg/kg) et en Inde (21,59 – 57, 63 mg/kg) mais relativement plus élevées que les teneurs en Pb signalées dans les végétaux (0,01 – 0,02 mg/kg) à Lagos au Nigéria. La plus forte concentration de Zn (157,51 mg/kg) a été trouvée dans le chou du site Gounti Yena Ouest, suivie par ordre décroissant de celles du chou de Katako décharges (73,51 mg/kg) et de la laitue du site Gounti Yena Ouest (61,48 mg/kg) et de la laitue de Katako Décharges (61,20 mg/kg). Ces valeurs moyennes de concentration de Zn (48,70 – 157,51 mg/kg) sont très supérieures à celles obtenues dans les plantes (0,19 – 1,80 mg/kg) de Lagos au Nigéria (Awofolu, 2005), sensiblement proches de concentrations de Zn dans les légumes (3 – 171 mg/kg) de Titagarh au Bengale Occidental en Inde (Gupta et al., 2008), et sont très inférieures à celles déterminées dans les légumes (225,56 à 299,33 mg/kg) de Marcory et Cocody en Côte d'Ivoire (Kouassi et al., 2008).

Les fortes teneurs en ETM notamment Cd, Cr, Fe, Pb et Zn enregistrées dans les feuilles de chou et de laitue s'expliqueraient par la proximité de la vallée de Gounti Yena des centres d'activités d'origine métallurgique, des axes routiers et des décharges sauvages mais aussi par l'utilisation des eaux usées brutes non traitées pour l'irrigation des cultures maraîchères.

Au terme de cette étude, il est nécessaire de savoir si la consommation des légumes feuilles (chou et laitue) cultivés dans la vallée de Gounti Yena pourrait engendrer des risques pour la santé humaine. Pour cela, les teneurs moyennes en métaux dans les feuilles de chou et de laitue analysées ont été comparées avec les valeurs guides réglementaires. Cependant en l'absence des normes nigériennes fixant les concentrations limites des métaux dans les denrées destinées à l'alimentation humaine, les données relatives aux concentrations limites en Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb et Zn publiées par la FAO et l'OMS (Codex Alimentarius Commission, 1984), le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF) (CSHPF, 1996), la Commission Européenne (CE) (Commission Européenne, 2001) ou l'Agence Chinoise pour la Protection de l'Environnement (SEPA) (SEPA, 2005) ont été utilisées pour cette comparaison (tableau 2).

**Tableau 2 :** Comparaison des teneurs moyennes en éléments traces métalliques (mg/kg) dans les feuilles de chou et de laitue cultivés dans la vallée de Gounti Yena avec les valeurs guides réglementaires.

ETM	Laitue Gounti Yena Est	Chou Gounti Yena Est	Laitue Gounti Yena Ouest	Chou Gounti Yena Ouest	Laitue Katako Décharges	Chou Katako Décharges	FAO/OMS <sup>*</sup>	CSHPF <sup>**</sup>	CE <sup>***</sup>	SEPA <sup>****</sup>
Cd (MF)	0,06	-	-	-	-	0,07	0,05	0,2	0,2	-
Cr (MS)	3,73	2,15	-	1,86	-	1,82	-	-	-	0,5
Cu (MS)	6,20	2,54	8,19	2,64	6,62	4,57	-	-	-	20
Fe (MS)	2137,28	1223,76	888,98	387,43	759,28	643,49	450	-	-	-
Ni (MS)	2,85	1,42	-	1,11	-	1,13	-	-	-	10
Pb (MF)	0,52	0,13	0,20	0,11	0,27	0,62	0,10	0,5	0,3	-
Zn (MS)	53,91	48,70	61,49	157,51	61,20	73,40	-	-	-	100

(\*) Normes FAO/OMS, 1984 pour Cd, Fe, et Pb dans les denrées alimentaires.

(\*\*) Normes Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF), 1996 pour Cd et Pb dans les légumes feuilles.

(\*\*\*) Normes Commission Européenne (CE), 1996 pour Cd et Pb dans les légumes feuilles.

(\*\*\*\*) Normes Agence Chinoise pour la Protection Environnementale (SEPA), 2005 pour Cr, Cu, Ni et Zn dans les denrées alimentaires.



L'analyse de ce tableau fait ressortir que les teneurs moyennes en Cd dans la laitue du site Gounti Yena Est et dans le chou de Katako Décharges sont supérieures à la limite maximale de 0,05 mg/kg MF préconisée par le comité mixte d'experts FAO – OMS mais restent inférieures aux valeurs limites fixées par la CE et la SEPA. Pour le Cr, les teneurs détectées dans tous les échantillons de végétaux analysés dépassent de 3,64 à 7,46 fois la valeur limite en Cr établie par la SEPA. Concernant le Pb, le dépassement est également systématique puisque 100% de nos échantillons présentent des teneurs en Pb supérieures à la norme recommandée. En effet les concentrations moyennes de Pb sont 1,1 à 6,2 fois supérieures à la limite maximale de 0,1 mg/kg MF fixée par la FAO et l'OMS dans les denrées alimentaires destinées à la consommation humaine. Pour le Fe, 5 échantillons sur 6 ont des concentrations moyennes supérieures à la valeur limite de 450 mg/kg fixée par la FAO et l'OMS. Seul le chou de Gounti Yena Ouest présente une concentration moyenne en Fe inférieure à cette

## CONCLUSION

Au vu des résultats de cette étude, il ressort clairement que les concentrations de Cd, Cr, Fe, Pb et Zn dans légumes feuilles (la laitue et le chou) produits dans la vallée de Gounti Yena excèdent les teneurs maximales permises dans les denrées destinées à la consommation humaine. Les concentrations de Cu et de Ni, mises en évidence dans les mêmes légumes feuilles sont dans les limites permises. Ce dépassement de normes s'expliquerait non seulement par les fortes activités anthropiques émettrices des métaux lourds aux alentours de la vallée telles que les trafics routiers,

## REMERCIEMENTS :

Les auteurs remercient l'Ambassade de France au Niger et l'Université Abdou Moumouni de Niamey pour le soutien financier qu'ils nous ont apporté pour la réalisation de cette étude.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ajmone-Marsan F. and Biasioli M., 2010, Trace Elements in Soils of Urban Areas. *Water Air Soil Pollut* DOI 10.1007/s11270-010-0372-6.
- Also Z., 2010. Etude de la contamination métallique des sols urbains dans les zones urbaines de Niamey. Mémoire de fin d'Etudes de CRESA, Faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger, 50 p.
- Awofolu O. R., 2005, A survey of trace metals in vegetation, soil and lower animal along some selected major roads in metropolitan city of Lagos. *Environmental Monitoring and Assessment* 105, 431- 447.
- Codex Alimentarius Commission, 1984. Contaminants, Joint FAO/WHO Food standards Program (Vol. XVII, 1st ed.). Geneva: Codex Alimentarius.
- Commission Européenne, 2001. Règlement N°466/2001 de la commission du 08 mars 2001 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires. *Journal officiel des communautés européennes* du 16 mars 2001, 13 p.

norme. La valeur limite en Zn dans les denrées alimentaires est fixée à 100 mg/kg par la SEPA, seul 1 échantillon présente une concentration moyenne supérieure à cette norme. Pour le Cu et le Ni, les concentrations moyennes dans tous les végétaux analysés ne dépassent pas les valeurs limites fixées par la SEPA (Tableau 2). Toutefois pour le Cu, les feuilles de laitue prélevées au niveau de nos 3 sites présentent des teneurs moyennes assez proches de la limite de 20 mg/kg alors que pour le Ni, les teneurs sont largement inférieures à la valeur limite établie à 10 mg/kg.

Le bilan global tenant compte des teneurs moyennes en Cd, Cr, Fe, Pb et Zn, dans les végétaux étudiés montre que les légumes feuilles (chou et laitue) prélevés dans la vallée de Gounti Yena présentent généralement des teneurs supérieures aux normes concernées (FAO/OMS ; SEPA). L'application stricte de ces normes entraînerait l'interdiction de la commercialisation et de la consommation humaine des légumes produits dans cette vallée.

les dépositions et l'incinération des déchets divers mais aussi par l'utilisation des eaux usées non traitées pour l'irrigation des cultures. Par conséquent, il devient impératif d'alerter les autorités compétentes de la ville de Niamey pour prendre des mesures idoines pour limiter ou réduire le risque de contamination des végétaux évoluant dans la vallée de Gounti Yena. De plus, un suivi régulier des ETM dans les matrices environnementales en particulier les sols, les eaux et les végétaux devrait être mis en place pour éviter l'accumulation excessive des ETM dans la chaîne alimentaire.

- CSHPF., 1996. Plomb, cadmium et mercure dans l'alimentation ; évaluation et gestion du risque. Ed. Lavoisier, Tec et Doc. Paris, 236 p.
- Douay F. and Sterckeman T., 2002, Teneurs en Pb, Cd et Zn dans les végétaux cultivés aux alentours d'usines métallurgiques. In D. Baise & M. Tercé : Les éléments traces métalliques dans les sols. Approches fonctionnelles et spatiales, INRA Editions. Paris, 505-521.
- Gupta N., Khan D. K., Santra S. C., 2008. An assessment of heavy metal contamination in vegetables grown in wastewater-irrigated areas of Titagarh, West Bengal, India. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 80, 115–118
- INS., 2010, Institut National de la Statistique, Estimation de la population du Niger. Rapport, 30 p.
- Jaffré T., 1976, Relation entre les teneurs en Nickel et en Manganèse de quelques espèces des manquis miniers et les risques de phytotoxicité induits par ces éléments minéraux du sol. OSTROM Nouméa, Paris, 108-195.
- Kouassi J.K., Yves-A.B., Ahoua E. S., Baize D., Denezon O.D., Moussa B., Fatiha Z., Peggy M., 2008, Diagnostic D'une Contamination Par les Éléments Traces Métalliques de L'épinard (*Spinacia Oleracea*) Cultivé Sur des Sols Maraîchers de la Ville D'Abidjan (Côte D'ivoire) Amendés Avec de la Fiente de Volaille. European Journal of Scientific Research, 21 :471-487.
- Madou M., 2004, Le maraîchage dans la communauté urbain de Niamey : Impact sur la population. Mémoire de DESS Sciences Agronomiques, CRESA Faculté d'Agronomie Université Abdou Moumouni de Niamey, 42p.
- SEPA, 2005, The limits of pollutants in food. China: State Environmental Protection Administration. GB2762-2005.
- Tankari Dan-Badjo A., Ducoulombier-Crepineau C., Soligot C., Feidt C., Rychen G., 2007, Deposition of platinum group elements and polycyclic aromatic hydrocarbons on ryegrass exposed to vehicular traffic. Agronomy for Sustainable Development, 27: 261-267.
- Tankari Dan-Badjo A., Yajji G., Dan Lamso N., Ducoulombier C., Feidt C., Sterckeman T., Echevarria G., Rychen G., 2011, Pollution des fourrages et des sols par les éléments du groupe platine issus de la circulation routière. AJAE, 1 (1), 28 -36.
- Uddin Ahmad J., and Abdul Goni Md., 2010, Heavy metal contamination in water, soil, and vegetables of the industrial areas in Dhaka, Bangladesh. Environ Monit Assess, 166 :347–357.