

Comparaison des capacités d'accumulation des éléments traces métalliques chez trois espèces maraîchères, la laitue (*Lactuca sativa* L.), l'épinard (*Spinacia oleracea* L.) et l'amarante (*Amaranthus paniculatus* L.), cultivées sur des sites d'agriculture dans la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire)

[Comparison of metallic trace elements accumulation capacities in three market garden species, lettuce (*Lactuca sativa* L.), spinach (*Spinacia oleracea* L.) and amaranth (*Amaranthus paniculatus* L.), grown on agricultural sites in the city of Abidjan (Côte d'Ivoire)]

Kouassi Joseph KOUAKOU¹, Ahoua Edmond SIKA², Seu Jonathan GOGBEU³, Koffi Bertin YAO¹, Moussa BOUNAKHLA⁴, Dénezon Odette DOGBO¹, and Yves-Alain BEKRO⁵

¹Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Nature, Laboratoire de Biologie et Amélioration des Productions Végétales, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

²Unité de Formation et de Recherche des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

³Laboratoire de Physiologie et Pathologie Végétales, Université Jean Lorougnon Guédé, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

⁴Laboratoire d'Analyses Élémentaires, Centre National de l'Énergie, des Sciences et des Techniques Nucléaires, BP 1382 R.P. 10001 Rabat, Maroc

⁵Unité de Formation et de Recherche des Sciences Fondamentales et Appliquées, Laboratoire de Chimie Bio-organique et des Substances Naturelles, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Like many cities in the world, the city of Abidjan has experienced, in recent years, a significant development of market gardening. At the same time, the popularization of urban agriculture is controversial in terms of food security given the exposure of crops to pollutants, including trace elements, generated by agricultural practices and urban activities. In this work, we have compared, by a principal components analysis, the potential for the accumulation of five trace metals, cadmium, copper, lead, zinc and nickel, by three market garden species, lettuce, spinach and amaranth. The market garden species came from two market gardening sites, Marcory and Cocody, and the experimental plot of Nangui Abrogoua University. The results showed that lettuce has a greater capacity for accumulation of the five metals than for spinach and amaranth. However, amaranth and spinach from the three sites showed almost the same metal accumulation capacity.

KEYWORDS: Abidjan, market gardening, trace elements, lettuce, spinach, amaranth.

RÉSUMÉ: A l'instar de plusieurs villes dans le monde, la ville d'Abidjan a connu, ces dernières années, un développement important du maraîchage. Dans le même temps, la vulgarisation de l'agriculture urbaine fait l'objet de controverses en matière de sécurité alimentaire compte tenu de l'exposition des cultures aux polluants, dont les éléments traces, générés par les

pratiques agricoles et les activités urbaines. Dans ce travail, nous avons procédé à une comparaison, au moyen d'une analyse en composantes principales, des potentialités d'accumulation de cinq métaux traces, le cadmium, le cuivre, le plomb, le zinc et le nickel, par trois espèces maraîchères, la laitue, l'épinard et l'amarante. Les espèces maraîchères provenaient de deux sites de maraîchage, Marcory et Cocody, et la parcelle expérimentale de l'Université Nangui Abrogoua. Les résultats ont montré que la capacité d'accumulation des cinq métaux par la laitue est plus importante que celles de l'épinard et de l'amarante. Cependant, l'amarante et l'épinard des trois sites ont présenté, presque, les mêmes capacités d'accumulation des métaux.

MOTS-CLEFS: Abidjan, maraîchage, éléments traces, laitue, épinard, amarante.

1 INTRODUCTION

Dans les pays en développement, au sud du Sahara, le maraîchage urbain et péri-urbain joue un rôle important dans l'approvisionnement des villes en pleine croissance démographique [1]. 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 des pratiques agricoles (utilisation des eaux usées pour l'irrigation, fertilisants, traitements phytosanitaires) et de la proximité des sites de production de grands axes de trafics urbains et des industries où des émissions d'éléments traces, potentiellement toxiques pour les plantes, l'Homme et les animaux, sont importantes [2].

La ville d'Abidjan, la capitale économique de la Côte d'Ivoire, a connu, ces dernières années, un développement rapide du maraîchage. Les sols à maraîchers sont fertilisés avec de la fiente de volaille, source d'éléments traces métalliques. En effet, les travaux de Kouakou *et al.* [3] ont révélé que les concentrations en zinc et en nickel, de la fiente de volaille utilisée comme fertilisant sur les sites de maraîchage dans les communes de Marcory et Cocody, sont supérieures aux seuils recommandés pour les fertilisants. Dans les sols, il a été enregistré des teneurs anormalement élevées en cadmium, en zinc et en nickel sur les deux sites maraîchers, en cuivre à Marcory et en plomb à Cocody.

La laitue, l'épinard et l'amarante, espèces accumulatrices d'éléments traces [4], [5], [6], [7] sont les plus cultivées sur ces sites de maraîchage.

L'objectif du présent travail est de comparer les potentialités d'accumulation du cadmium (Cd), du cuivre (Cu), du plomb (Pb), du zinc (Zn) et du nickel (Ni) par ces trois espèces maraîchères.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITES DE PRÉLÈVEMENT DES VÉGÉTAUX

L'agglomération d'Abidjan est située au sud-est de la Côte d'Ivoire et est comprise entre les latitudes 5°00' et 5°30' nord et les longitudes 3°50' et 4°10' ouest. Elle s'étend sur une superficie de 57 735 hectares et est composée de 10 communes, avec une population estimée à 2 877 948 habitants [8]. Elle est en perpétuelle croissance et cette croissance est marquée par une forte urbanisation.

Sur le plan géologique, la lithologie de la ville est constituée de haut en bas de sables argileux, de sables moyens et de sables grossiers reposant sur un socle schisteux. Les formations schisteuses du socle sont constituées d'une part, par des roches granitiques (granite, granodiorite) et probablement des diorites quartziques (tonalites), et d'autre part, par des roches volcaniques, certainement calco-alcalines [9].

Les travaux de Kouakou *et al.* [3] ont révélé que la ville d'Abidjan possède six importants sites de maraîchage (Fig. 1). Notre étude a été menée sur les sites maraîchers de Marcory (M) et de Cocody (C) et la ferme expérimentale de l'Université Nangui Abrogoua (T) qui a servi de parcelle témoin. Les sols à Marcory et à Cocody sont fertilisés avec de la fiente de volaille tandis que ceux de la parcelle de l'université ne l'ont pas été durant l'étude.

2.2 STRATÉGIE DE PRÉLÈVEMENT DES VÉGÉTAUX

Les échantillonnages ont été faits de juillet 2006 à juillet 2007. La laitue, l'amarante et l'épinard (Fig. 2) ont été prélevées au stade phénologique habituel de la récolte (stade adulte).

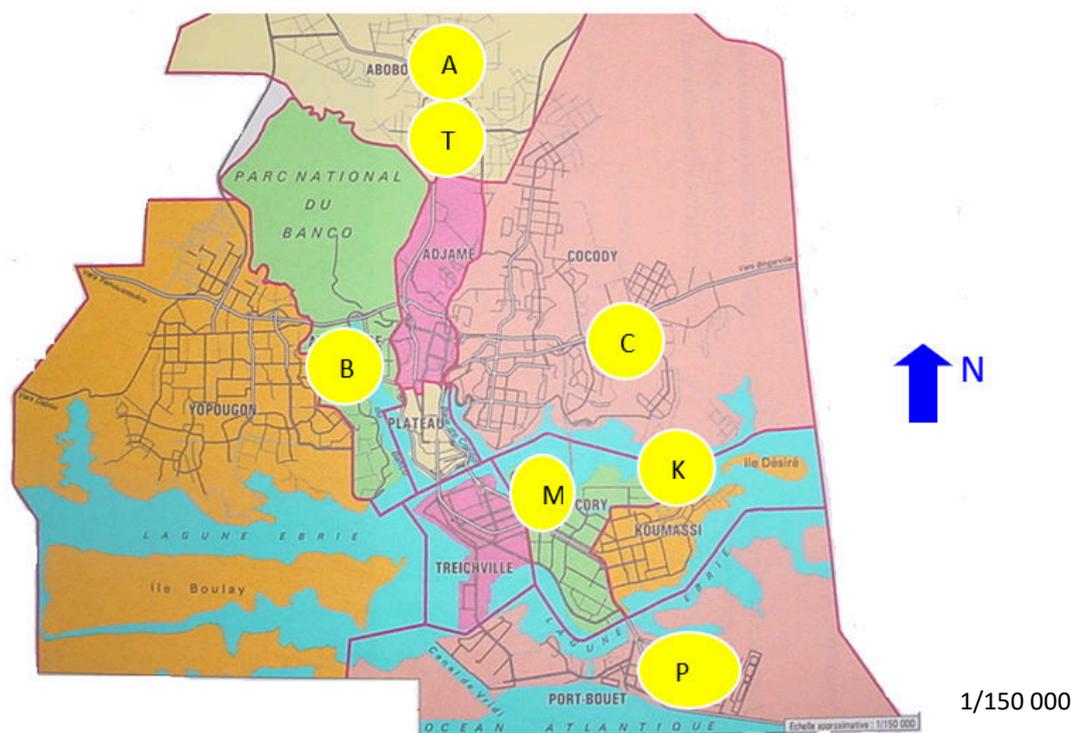


Fig. 1. Répartition des six importantes zones maraîchères au sein de l'agglomération abidjanaise [3]

A = Abobo, B = Banco, C = Cocody, K = Koumassi, M = Marcory, P = Port-Bouët

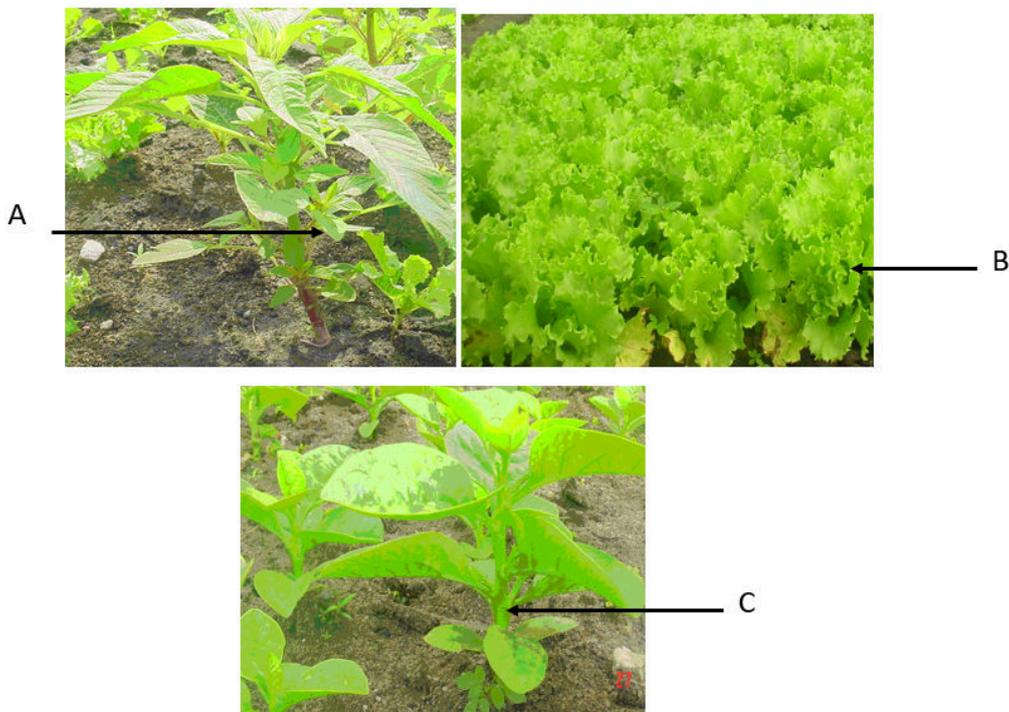


Fig. 2. Pied d'amarante (A), planches à laitues (B) et pied d'épinard (C) sur le site maraîcher de Marcory

Sur les sites de maraîchage, cinq pieds de chaque espèce végétale ont été prélevés. Les racines et trois feuilles ont été prélevées sur chaque pied et un échantillon composite de chaque type d'organes a été constitué à partir des échantillons élémentaires de trois planches de semis. Pour les analyses, ce sont neuf et six échantillons composites de chaque espèce végétale qui ont été retenus, respectivement, pour les deux sites de maraîchage et la parcelle témoin.

2.3 PROTOCOLE D'EXTRACTION ET DE DOSAGE DES MÉTAUX TRACES

Chaque échantillon composite de chaque organe a été nettoyé à l'eau de robinet, rincé à l'eau distillée, pesé et séché à l'étuve à 105 °C pendant 24 h. La matière sèche obtenue a été pesée, broyée à 150 µm, incinérée. La cendre a été digérée dans l'eau régale (mélange HNO₃ et HCl). La solution a été chauffée au micro-onde, filtrée et le filtrat a été analysé au spectromètre d'absorption atomique pour ses teneurs en Cd, en Cu, en Pb, en Zn et en Ni.

2.4 TRAITEMENT DES DONNÉES

Les données recueillies ont été traitées au moyen du logiciel STATISTICA 6.0. L'analyse en composantes principales (ACP), qui est une méthode essentiellement descriptive, a été réalisée en vue de savoir si les échantillons, issus des trois sites étudiés, sont semblables ou dissemblables. L'ACP a été réalisée sur 72 échantillons de chaque type d'organes. Une variable contribue plus à la formation d'un axe lorsque la valeur absolue du coefficient de corrélation entre la variable et l'axe est supérieure ou égale à 0,70.

3 RÉSULTATS

3.1 ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES POUR LES TENEURS EN MÉTAUX TRACES DES RACINES

Les deux premières composantes principales (axes) ont été retenues pour l'interprétation des résultats. La première composante principale (axe 1) explique 33,51% de l'inertie totale et la seconde (axe 2) 26,64 %, soit un total de 60,15% (Tableau 1).

Tableau 1. Matrice des valeurs propres, corrélations entre les variables et les deux axes révélés par l'ACP portant sur les racines des trois espèces végétales

Valeur propre	Axe 1	Axe 2
		1,67
Pourcentage de la variance totale	33,51	26,64
Pourcentage de la variance totale cumulée	33,51	60,15
Cd	-0,84	-0,22
Cu	-0,73	-0,09
Pb	-0,26	-0,79
Zn	-0,29	0,53
Ni	-0,53	0,60
En gras : coefficients de corrélation significatifs		

Le tableau 1 et le graphique de la distribution des variables (Fig.3) indiquent que Cd et Cu sont négativement et fortement corrélés à l'axe 1, contribuant à sa formation. De même, Pb est négativement et fortement corrélé à l'axe 2 et contribue à sa formation.

À partir de la distribution des individus dans le plan 1-2 de l'ACP (Fig.4), nous pouvons dégager deux groupes d'individus. Le groupe I, constitué de trois individus Ic (trois échantillons de la laitue à Cocody sur les neuf), se caractérise par Cd et Cu. Le groupe II est constitué des 69 individus restants. Il est difficile d'y observer une différence entre ces 69 individus car la dispersion est presque la même. Ce groupe se caractérise par des faibles teneurs en Cd, Cu, Pb, Zn et Ni. Dans ce groupe II, deux individus at (amarante témoin) tendent à se détacher du groupe par Pb.

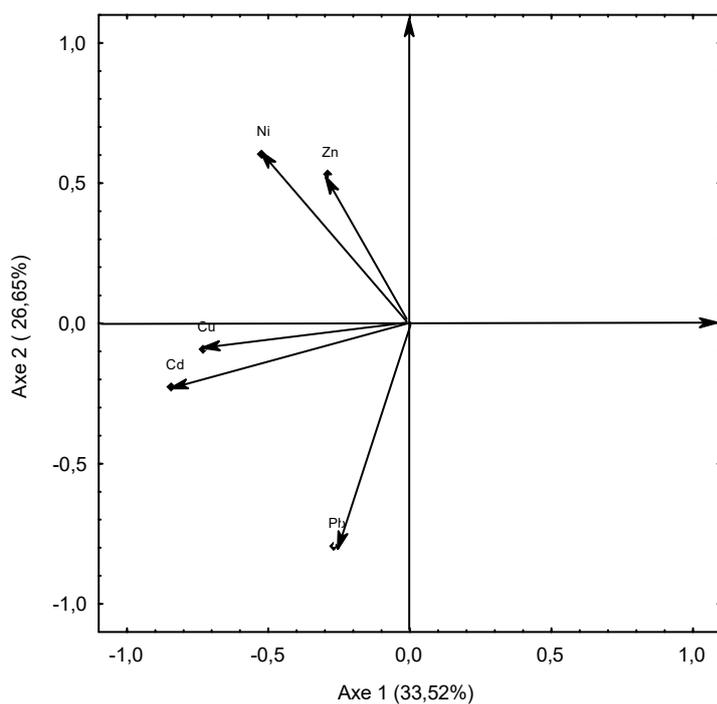


Fig. 3. Distribution des variables dans le plan 1-2 de l'ACP portant sur les racines de l'ensemble des végétaux

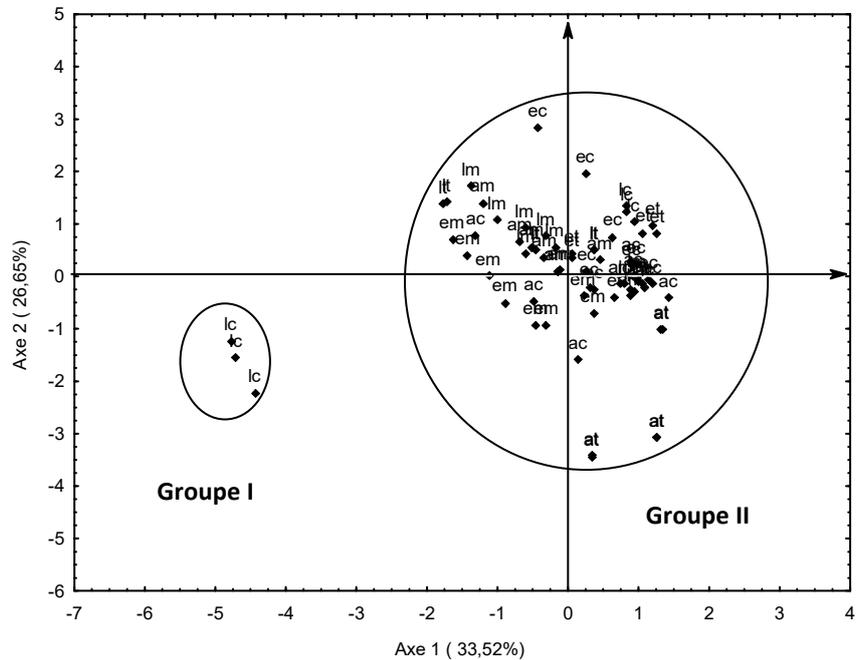


Fig. 4. Distribution des échantillons de racines de l'ensemble des végétaux dans le plan 1-2 de l'ACP

ac = amarante cocody, am = amarante marcory, at = amarante témoin, ec = épinard cocody
em = épinard marcory, et = épinard témoin, lc = laitue cocody, lm = laitue marcory, lt = laitue témoin

3.2 ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES POUR LES TENEURS EN MÉTAUX TRACES DES FEUILLES

L'ACP a été réalisée sur les 72 échantillons de feuilles. Les deux premières composantes principales (axes) ont été retenues pour l'interprétation des résultats. La première composante principale (axe 1) et la seconde (axe 2) expliquent, respectivement, 48,72 % et 20,29% de l'inertie totale, soit un total de 69,01% (Tableau 2).

Tableau 2. Matrice des valeurs propres, corrélations entre les variables et les deux axes révélés par l'ACP portant sur les feuilles de l'ensemble des végétaux

Valeur propre	Axe 1	Axe 2
	2,44	1,01
Pourcentage de la variance totale	48,72	20,29
Pourcentage de la variance totale cumulée	48,72	69,01
Cd	0,85	0,16
Cu	0,70	-0,01
Pb	0,78	-0,13
Zn	0,78	0,13
Ni	0,13	-0,98
En gras : coefficients de corrélation significatifs		

Le tableau 2 et le graphique de la distribution des variables (Fig.5) indiquent que Cd, Cu, Zn et Pb sont positivement et fortement corrélés à l'axe 1, contribuant ainsi à sa formation. Ni est négativement et fortement corrélé à l'axe 2.

La superposition des figures 5 et 6 révèle que le groupe I est constitué des six individus It (les six échantillons de la laitue témoin). Ce groupe se caractérise par Cd, Cu, Zn et Pb. Le groupe II est formé de deux individus Im (deux échantillons de la laitue à Marcory sur les neuf) et de trois individus Ic (trois échantillons de la laitue à Cocody sur les neuf). Ce groupe se caractérise par Ni. Le groupe III est formé des 61 individus restants, qui sont presque confondus, et que l'ACP ne permet pas de séparer. Il se caractérise par des faibles teneurs en Cd, Cu, Pb, Zn et Ni.

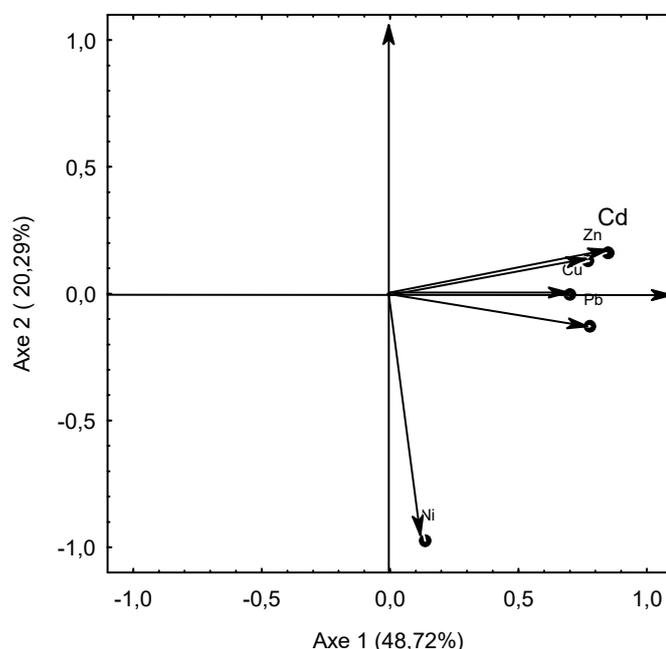


Fig. 5. Distribution des variables dans le plan 1-2 de l'ACP portant sur les feuilles de l'ensemble des végétaux

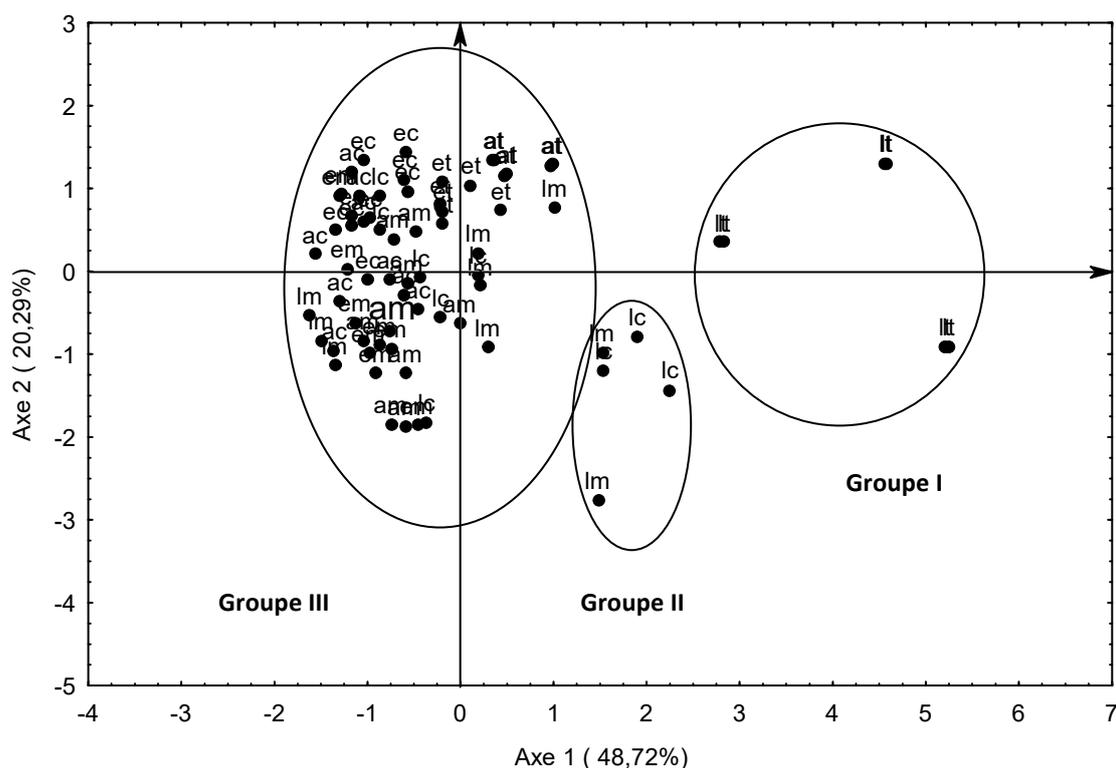


Fig. 6. Distribution des échantillons de feuilles de l'ensemble des végétaux dans le plan 1-2 de l'ACP

ac = amarante cocody, am = amarante marcory, at = amarante témoin, ec = épinard cocody, em = épinard marcory, et = épinard témoin, lc = laitue cocody, lm = laitue marcory, lt = laitue témoin

4 DISCUSSION

L'ACP a révélé que la capacité d'accumulation des métaux par la laitue semble être plus importante que celles de l'amarante et de l'épinard. La capacité de la laitue à accumuler les éléments traces plus que d'autres végétaux apparaît aussi nettement dans les tableaux de l'ouvrage de Kabata-Pendias et Pendias [10], présentant les teneurs moyennes en métaux traces de divers végétaux comestibles. Des expériences utilisant plusieurs espèces végétales ont également montré la forte capacité d'accumulation de la laitue pour Cd [11], [12] et Zn [11]. Selon Baker et Walker [13], la tolérance et l'absorption des métaux sont fonctionnellement liées et la tolérance développée par la laitue en réponse aux éléments traces permettrait d'expliquer la forte capacité d'accumulation des métaux traces par cette espèce par rapport à d'autres espèces.

En outre, l'ACP a révélé que pour l'amarante et l'épinard, les capacités d'accumulation des cinq métaux traces par les plantes des sols à maraîchers (épanchés avec de la fiente de volaille) et les plantes témoins sont presque similaires. Nos résultats se rapprochent de ceux obtenus par plusieurs auteurs. En effet, Pinet *et al.* [14], en compilant des données d'éléments traces dans le maïs, le colza et le blé tendre, n'ont pas obtenu de différence entre les végétaux provenant des sols soumis à un épandage de déchets et les végétaux témoins. Dixon *et al.* [15] n'ont pas constaté d'accumulation d'éléments traces dans les plantes potagères (haricot, épinard, courgette, courge) après épandage de compost de boues. Sims [16] n'a observé qu'une légère augmentation en éléments traces dans le blé tendre après apport de doses agronomiques de boues compostées par rapport au témoin. Frost et Ketchum [17], également, n'ont pas noté d'augmentation importante de la concentration en éléments traces du blé dur après application de boues très chargées en éléments traces par rapport au témoin. Ce fait a été attribué à l'augmentation du pH, due à l'application du compost et à la rétention des métaux traces par la matière organique apportée. Ce qui pourrait être le cas des sols à maraîchers de Marcory et de Cocody. En effet, les travaux de Kouakou *et al.* [3] ont révélé que les sols de la parcelle expérimentale de l'Université Nangui Abrogoua sont plus acides que ceux des sols à maraîchers de Marcory et Cocody.

Au niveau de l'amarante et de l'épinard, la dispersion des individus semble être la même. Selon Pinet *et al.* [14], ce résultat peut être dû au fait que l'ACP traite globalement des données sur l'ensemble des individus; ce qui masque souvent des relations qui pourraient exister entre individus.

5 CONCLUSION

Notre étude a permis de confirmer la capacité de la laitue à accumuler les éléments traces plus que d'autres végétaux. L'amarante et l'épinard des sites maraîchers et du site témoin présentent presque la même capacité d'accumulation des cinq métaux traces. Pour mieux expliquer ces différents résultats, des tests de biodisponibilité des éléments traces s'avèrent nécessaires.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'UNESCO, la Fondation Internationale pour la Science (FIS) et l'Organisation d'Interdiction des Armes Chimiques (OIAC) qui ont financé cette étude.

REFERENCES

- [1] C.S. ATIDEGLA, K.E. AGBOSSOU, J. HUAT et G. R. KAKAI, "Contamination métallique des légumes des périmètres maraîchers urbains et péri urbains : cas de la commune de Grand-Popo au Bénin", *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 5, N°6, pp. 2351-2361, 2011.
- [2] T. A. DAN-BADJO, Y. GUÉRO, D. N. LAMSO, M. BARAGÉ, A. BALLA, T. STERCKEMAN, G. ECHEVARRIA et C. FEIDT "Évaluation 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*, vol. 67, pp. 5326-5335, 2013.
- [3] K.J. KOUAKOU, Y.A. BEKRO, A.E. SIKA, D. BAIZE, D.O. DOGBO, M. BOUNAKHLA, F. ZAHRY, P. MACAIGNE, "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 Sciences Research*, vol. 21, N°3, pp. 471-487, 2008.
- [4] C. JUSTE, P. CHASSIN, A. GOMEZ, M. LINÈRES, B. MOCQUOT, I. FEIX et J. WIART, *Les micro-polluants métalliques dans les boues résiduelles des stations d'épuration urbaines. Valorisation agricole des boues d'épuration*, ADEME-INRA, 209 p, 1995.
- [5] V. KHADER and S. RAMA, "Selected mineral content of common leafy vegetables consumed in India at different stages of maturity", *Plant foods for Human Nutrition*, vol. 53, pp. 71-81, 1998.
- [6] T.E. BAHEMUKA and E.B. MUBOFU, "Heavy metals in edible green vegetables grown along the sites of the Sinza and Msimbazi rivers in Dar es Salaam, Tanzania", *Food chemistry*, vol. 66, pp. 63-66, 1999.
- [7] K.J. KOUAKOU, A.E. SIKA, S.J. GOGBEU, K.B. YAO, M. BOUNAKHLA, F. ZAHRY, M. TAHRI, D.O. DOGBO, Y.A. BEKRO, D. BAIZE, "Niveau d'exposition aux éléments traces métalliques (Cd, Cu, Pb, Zn, Ni) de l'amarante (*Amaranthus paniculatus* L.) et de la laitue (*Lactuca sativa* L.) cultivées sur des sites maraîchers dans la ville d'Abidjan (Abidjan/Côte d'Ivoire)", *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 10, N°1, pp. 21-29, 2015.
- [8] INS (Institut National de la Statistique), Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH) : Données socio-démographiques et économiques des localités, résultats définitifs par localités, région des lagunes, vol. 3, tome1, 43 p, 1998.
- [9] K.I. KOUAMÉ, D.L. GONÉ, I. SAVANÉ, E.A. KOUASSI, K. KOFFI, B.T. GOULA et M. DIALLO, "Mobilité relative des métaux lourds issus de la décharge d'Akouédo et risque de contamination de la nappe du Continental Terminal (Abidjan-Côte d'Ivoire)", *Afrique Sciences*, vol. 2, N°1, pp.39-56, 2006.
- [10] A. KABATA-PENDIAS and H. PENDIAS, *Trace elements in soils and plants*, London (UK), CRC Press, 2nd Ed., 365 p, 1992.
- [11] R.E. HAMON, J. WUNDKE, M. McLAUGHLIN and R. NAIDU, "Availability of zinc and cadmium to different plant species", *Australian Journal of Soil Research*, vol. 35, pp. 1267-1277, 1997.
- [12] E. GÉRARD, G. ECHEVARRIA, T. STERCKEMAN and J. L. MOREL, "Cadmium availability to three plant species varying in cadmium accumulation pattern", *Journal of Environmental Quality*, vol. 29, pp. 1117-1123, 2000.
- [13] A.J.M. BAKER and P.L. WALKER, Ecophysiology of metal uptake by tolerant plant. In : A.J. Shaw (ed). Heavy metal tolerance in plants. CRC Press, Boca Raton, pp.155-178, 1990.

- [14] C. PINET, J. LECOMTE, V. VIMONT et G. AUBURTIN, Teneurs des plantes à vocation alimentaire en éléments traces suite à l'épandage de déchets organiques, synthèse d'essais agronomiques français et modélisation des transferts sol-plante, 75 p, 2003.
- [15] F. M. DIXON, J. R. PREER and A. N. ABDI, "Metal level in garden vegetables raised on biosolids amended soil", *Compost Science et Utilization*, vol. 3, N^o2, pp. 55-63, 1995.
- [16] J.T. SIMS "Nitrogen mineralization and elemental availability in soils amended with co-composted sewage sludge", *Journal of Environmental Quality*, vol. 20, pp. 387-395, 1990.
- [17] H. L. FROST and Jr. KETCHUM, "Trace metal concentration in durum wheat during from application of sewage sludge and commercial fertiliser", *Advances in Environmental Research*, vol.4, pp. 345-347, 2000.