Problématiques du cadmium en Côte d'Ivoire: Pollution environnementale et risque sanitaire

Diaby Vandjiguiba, Arsène Moussan Adon, Mireille Dosso, Adou Francis Yapo

▶ **To cite this version:**

Diaby Vandjiguiba, Arsène Moussan Adon, Mireille Dosso, Adou Francis Yapo. Problématiques du cadmium en Côte d'Ivoire: Pollution environnementale et risque sanitaire . 2016. hal-01294085v1

HAL Id: hal-01294085

https://hal.science/hal-01294085v1

Preprint submitted on 27 Mar 2016 (v1), last revised 18 Oct 2017 (v2)

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Problématiques du cadmium en Côte d'Ivoire: Pollution environnementale et risque sanitaire
Issues of cadmium in Ivory Coast: Environmental pollution and health risk

DIABY* Vandjiguiba [1], ADON Arsène Moussan[1], YAPO Adou Francis[2], Dosso Mireille[1]
[1] Institut Pasteur de Côte d'Ivoire
01 BP 490 ABIDJAN 01
[2] Université Felix Houphouet Boigny de Côte d'Ivoire
01 BPV 34 Abidjan 01

*Correspondant : vandjiguiba@yahoo.fr

Résumé

La pollution au cadmium est très inquiétante en Côte d'Ivoire. Des études menées par les chercheurs ivoiriens dans le cadre de la surveillance environnementale ont permis d'appréhender l'état de la pollution des sédiments (5,57 mg/Kg), des sols maraichers (3 mg/kg/ MS). Ce sol ainsi pollué au cadmium affecte les plantes de gombo, de corète potagère, d'épinard et d'aubergine. Les viandes importées sont même contaminée à savoir le foie (0,3 µg/kg et 65 µg/kg de poids frais) et surtout les rognons. Les coquilles des œufs n'en sont pas épargnées car contaminées au cadmium. Et la liste de cette pollution est longue. Ces teneurs en Cd sont supérieures aux seuils recommandés par la FAO pour la consommation humaine. Les sources de cette pollution sont malheureusement du fait de l'activité humaine. C'est donc un véritable problème de santé publique.
Mots-clés : cadmium, pollution, contamination, santé publique

abstract

Cadmium pollution is very worrying in Ivory Coast. Studies by Ivorian researchers in the supervisory framework of environmental monitoring have helped to understand the state of pollution of the sediment (5,57 mg / kg), the market garden soils (3 mg / kg / MS). This soil polluted with cadmium and affects okra plants, Jew's mallow, spinach and eggplant. Imported meat is contaminated even know the liver (0,3 mg / kg and 65 mg / kg wet weight) and especially the kidneys. Egg shells are not spared. And the list is long of this pollution. These levels are higher than the Cd levels recommended by FAO for human consumption. The sources of this pollution is unfortunately related to human activity. It is a real public health problem.
Keyword: cadmium, pollution, contamination, public health

Introduction

Les métaux lourds (plomb, mercure, arsenic, cadmium…) sont des polluants engendrés pour la plupart du temps par l'activité humaine. Ils ont un fort impact toxicologique sur les végétaux, les produits de consommation courante et sur l'homme [1]. Du point de vue scientifique et technique, les métaux lourds sont définis comme des éléments métalliques ayant une densité supérieure à 5 g /cm^3 [2] et un numéro atomique supérieur à 11.
La contamination des écosystèmes aquatiques par ces métaux lourds demeure un sérieux problème d'environnement de plus en plus inquiétant surtout à cause des affections notées sur les populations qui y sont exposées [3]. En ce qui concerne le cadmium, il est présent de façon importante dans certains aliments, comme les fruits de mer, les abats, certaines céréales (riz, blé…), les champignons, les légumes et dans une moindre mesure, dans le poisson, les fruits et la viande [4]. Plusieurs études menées sur les mammifères ont montré qu'il cause des dommages génétiques, la mutation des gènes, la cassure de l'ADN, des dommages chromosomiques et une perturbation de la réparation de l'ADN [5]. D'autres études expérimentales ont montré également que le cadmium cause des atteintes testiculaires et diminue la fertilité chez les mâles [4]. C'est fort de tout cela que nous avons fait cet article bibliographique dont l'objectif est d'attirer l'attention sur la problématique du cadmium en Côte d'Ivoire. Pour atteindre cet objectif, nous nous sommes basés sur les travaux réalisés par les chercheurs dans le domaine de la surveillance environnementale en Côte d'Ivoire notamment sur le cadmium.

1Problématiques du cadmium en Côte d'Ivoire

1 1 Pollution environnementale

Les concentrations en Cadmium sont 5 à 127 fois plus importantes dans les décharges que dans les sols [6]. La pollution environnementale au cadmium concerne surtout la décharge d'Akouedo où a eu lieu de nombreuses études. En effet, cette décharge d'Akouedo est connue pour sa menace en métaux lourds notamment au cadmium. Elle est classée au rang des décharges sauvages dont le drainage naturel se fait vers la lagune Ebrié (baie de M'Badon), à moins de 2,1 km. Ce rejet liquide en aval de la décharge génère un débit important (474 m^3/j). En effet, le lixiviat issus des déchets draine des métaux lourds (cadmium) et constitue une source potentielle de pollution des eaux souterraines et de surface [7]. Les populations se plaignent généralement des mauvaises odeurs, de maladies (respiratoires, digestives, cutanées) [7]. Ainsi, l'étude menée par Oi Adjiri *et al*., en 2008 [7] était de connaître les concentrations de métaux lourds dans les lixiviats, de connaître le niveau de contamination du sol de la décharge d'Akouedo. Pour ce faire, les échantillons de lixiviats ont été prélevés sur le site de la décharge, dans la zone de confinement des lixiviats (marre de lixiviats) et à la zone de déversement du lixiviat dans la lagune Ebrié (baie de M'Badon). Il ressort de cette étude que le lixiviat est pauvre en métalloïde et en éléments trace [7]. Mais que le sol de la décharge par contre présente par ailleurs de fortes concentrations en métaux lourds (9,87 ppm de cadmium). Ces métaux lourds sont reconnus toxiques pour l'homme. La plupart des métaux lourds se concentrent plus à une profondeur de 40 cm voire 400 cm en fonction des points de prélèvement. A ces profondeurs, la concentration de cadmium allait de 1 à 8 ppm voire 11,5 ppm [8]. Par ailleurs, les métaux et métalloïdes associés à la phase aqueuse des sols peuvent être transportés au travers de la Zone Non Saturée (ZNS) soit vers les plantes soit vers la nappe d'eau souterraine [7]. Ted Edgard WANGO *et al*., 2015 [9] ont étudié la qualité chimique des sédiments dans la baie d'Abouabou. C'est une baie périphérique d'une superficie de 3,90 km^2 qui appartient à la lagune Ebrié où il a été constaté une contamination au cadmium. Il ressort de leurs études que les dosages géochimiques ont montré la présence de métaux lourds dont la distribution dans la baie est fonction de la granulométrie des

sédiments [9]. L'étude réalisée par Kouassi et al ., 2006 [8] avait pour objectif d'appréhender le mécanisme de migration verticale des métaux lourds en profondeur et leur impact sur l'environnement notamment sur la nappe phréatique. Ainsi, le mécanisme qui gouverne la migration verticale des métaux lourds en profondeur dans le sol pourrait être l'adsorption qui entraine une rétention desdits métaux sur la matière organique constituant ainsi un risque potentiel de contamination de la nappe phréatique [8]. Il est donc à redouter quant à l'exposition des populations à la consommation des eaux de puits dans l'environnement d'Akouédo, des produits maraîchers et vivriers cultivés sur le site de la décharge [7]. Pour la simple raison que cette accumulation des métaux lourds dans l'environnement peut se répercuter sur la santé des êtres humains et des animaux [10].

1 2 Pollution lagunaire au cadmium

En Afrique, notamment dans le golfe de Guinée, plusieurs études ont révélé une pollution des sédiments dans les lacs, lagunes et rivières par les métaux lourds [11]. La lagune Ebrié, constitue le milieu lagunaire le plus vaste de la Côte d'Ivoire et le plus grand écosystème côtier de l'Afrique de l'Ouest [11]. Ces eaux de surface de manière générale ont les plus fortes concentrations en cadmium [12]. Le cadmium (Cd) s'accumule dans les réseaux trophiques aquatiques et peut présenter une menace pour la santé humaine et la faune [10]. Les différentes baies (Banco, Biétry, Cocody et Marcory) sont les réceptacles des effluents urbains, industriels et des eaux de ruissellement de la ville d'Abidjan [11]. Oi Adjiri *et al* en 2008 [7] ont analysé les échantillons dans la zone de déversement du lixiviat dans la lagune Ebrié (baie de M'Badon), il ressort de cette étude que la décharge est une source de contamination au cadmium de la lagune. Cette situation de la pollution de la lagune Ebrié est dûe au fait que le grand collecteur de base dont les premières réalisations ont débuté en 1977 pour s'achever en 1984, part d'Abobo jusqu'à Port-Bouët pour se jeter en mer. Malheureusement, ce collecteur de base ne possède pas assez de ramification. C'est dire que toutes les eaux usées de Cocody, de Yopougon, de la Riviera et de Bingerville ne sont pas raccordées à ce collecteur de base, par conséquent les eaux usées se déversent dans la lagune au lieu d'aller en mer [13]. Accentuant ainsi, l'impact de l'industrialisation, de l'urbanisation et le lessivage des sols environnants qui est aussi à la base de l'enrichissement des sédiments de la lagune Ebrié en métaux lourds [11]. Aussi, les populations traversent-elles les lagunes à l'aide d'embarcations motorisées qui utilisent du carburant dont les résidus sont déversés dans les eaux. Ces carburants contiennent du Cadmium [14]. A ce propos, dans leur étude, Marcellin K. Y. et N'Guessan L. K., en 2015 [10], ont montré que les sédiments de la baie de Cocody sont très contaminés en cadmium. A certaines concentrations, ces métaux lourds deviennent dommageables pour la santé humaine [15]. Il apparaît que les concentrations totales du cadmium dans les sédiments de la baie de Cocody sont 8 fois plus élevées que les valeurs moyennes de la croûte continentale terrestre [10]. La baie d'Abouabou située en zone rurale n'en est pas épargnée (Voir Tableau 1). En ce qui concerne la lagune de Fresco, elle est à l'abri des sources importantes de pollution en métaux lourds (Yacoub ISSOLA *et al.*, 2009) et pourrait servir de référence pour caractériser une lagune côtière tropicale non polluée [16]. Néanmoins, les concentrations moyennes annuelles du cadmium dans les sédiments de surface des eaux de cette lagune vont de 0,50 à 1,33 ppm [16]. Ces concentrations en métaux lourds de la lagune de Fresco sont largement inférieures à celles mesurées dans la lagune Ebrié et dans d'autres lagunes en Afrique. En effet, les effluents chargés de métaux et la lixiviation des résidus solides provenant des activités sont déversés directement dans l'environnement [12]. Les pollutions d'origine métallique donc constituent un des risques majeurs dans le monde actuel. C'est un problème d'actualité qui préoccupe toutes les régions soucieuses de maintenir leur patrimoine côtier à un haut degré de qualité [11] pour le bien-être des populations.

Tableau 1 : **Niveau de teneur en Cadmium dans les eaux de surface et lagunes**

Lagunes / Eau de surface	Teneur en Cdmium	Références
lagune Aghien (Sud-Est de la Côte d'Ivoire)	0,03 (mg/Kg)	[6]
les sédiments de surface des eaux de la lagune de Fresco	0,50 à 1,33 ppm	[16]
Lagune Ebrié (Baie de Cocody)	0,12 (µg/g)	[10]
Lagune Ebrié (Baie d'Abouabou)	5,57 (mg/Kg)	[9]
Eau de surface à la Sous-préfecture de Hiré (centre ouest de la Côte d'Ivoire)	463* (µg/g) station P_3	[12]

*L'accumulation des contaminants métalliques dans les organismes aquatiques présente des effets toxicologiques sur les espèces, les écosystèmes et les risques sanitaires à travers l'ingestion d'espèces comestibles [12]

2 Risque sanitaire lié au cadmium en Côte d'Ivoire

2 1 Risque sanitaire lié à la culture maraîchère

En Afrique, le maraîchage est devenu comme une solution aux problèmes d'approvisionnement en légumes des populations aux alentours des grandes villes [17]. Les maraîchers qui manipulent ces produits délicats, constituent une main-d'œuvre, peu ou pas qualifiée [18]. Les légumes et les céréales sont les sources principales de cadmium [19] dans la mesure où une forte concentration des teneurs, surtout dans les feuilles des gombos, corète potagère, épinard et aubergine ont été constatées par Nantarie *et al.*, 2015 [17]. Des études ont montré [20] qu'en 2015 et 2020, plus de la moitié de la population mondiale vivra en zone urbaine ou péri-urbaine [20]. Ce qui a pour conséquence, la prolifération de cultures maraichères. En effet, la ville d'Abidjan possède six importants sites de maraîchage. Selon Kouassi J. K. *et al.,* 2008 [20], les sols maraîchers sont amendés avec de la fiente de volaille. Mais la présence d'éléments traces dans la fiente représente une contrainte majeure à son utilisation en agriculture. La fiente de volaille constitue une source d'enrichissement des sols maraîchers de la ville d'Abidjan en métaux traces dont la biodisponibilité pourrait être favorisée par l'acidité des sols [20]. Selon une étude menée par Apata *et al.,* en 2014 [21], ces fientes contiennent une très forte concentration en cadmium (Voir Tableau 2). Les teneurs en Cd du sol maraicher ainsi enregistrées à Cocody (3 mg/kg/ MS) sont plus élevées que celles enregistrées à Marcory (0,8 mg/kg/ MS). Ces cultures présentent des risques sanitaires où les concentrations en Cd sont supérieures à la valeur seuil (1mg/kg), mais comparativement proches de la teneur en Cd de la fiente utilisée à l'Ile de la Réunion (0,55 mg/kg) soit 0,66 mg/kg/MS. La présence de Cd dans les fientes de volaille traduit le niveau de contamination

dans les feuilles de l'épinard (Spinacia oleracea) cultivé sur des sols maraîchers de la ville d'Abidjan [20] et également l'exposition des poulets à une alimentation polluée au cadmium (Voir Tableau 3). A ce propos, Nantarie *et al*., en 2015 [17] suggèrent de remplacer la fiente de volaille par d'autres types de déjections animales, moins polluantes, ou par de la sciure de bois. Mais ces sciures de bois, selon toujours Apata *et al.*, en 2014 [21], elles sont très polluées en cadmium (7,76 mg/Kg) donc ne constituent pas une solution de remplacement (Voir Tableau 4). Les sols témoins loin des cultures maraîchères étaient pollués en Cd ce qui est un indice de la contribution des émissions atmosphériques sur la contamination des sols [20]. Les eaux de surface non plus ne devraient pas être utilisées pour l'irrigation agricole car contaminées au cadmium [12]. Loin d'Abidjan, dans les zones d'Azaguié, Attinguié et Dabou, les plantes de gombo, de corète potagère, d'épinard et d'aubergine ont des teneurs en Cd supérieures aux seuils recommandés par la FAO pour la consommation humaine [17]. Ces résultats serviront de base aux politiques environnementales nationales visant à protéger les populations [12] en ce sens que l'assimilation du Cd et son accumulation dans les tissus des végétaux peuvent constituer des vecteurs de contamination en cas de consommation animale ou humaine [17].

Tableau 2: Teneurs en cadmium déterminés dans les différents substrats analysés [21].

Type de matériels	**Lieu de provenance**	**Teneurs en cadmium (mg/Kg)**
Fiente prélevée sur les marchés des différentes communes d'Abidjan	Abobo gare	9,26 ± 0,01
	Adjamé marché	9,52 ± 0,01
	yopougon siporex	8,97 ± 0,03
	Cocody Angré marché cocovico	9,33 ± 0,02
	Treichville marché	9,27 ± 0,01
	koumassi marché	9,24 ± 0,02
Valeurs limites selon la CEE (mg /Kg)		1mg/Kg

Tableau 3: Teneurs en cadmium déterminés dans les différents substrats analysés [21].

Type de matériels	Lieu de provenance	Teneurs en cadmium (mg/Kg)
Aliments de poules	Adzopé	6,44 ± 0,03
	Agnibilékro	5,46 ± 0,02
	Azaguié	4,47 ± 0,02
	Bingerville	6,64 ± 0,02
	Dabou	6,76 ± 0,02
	Divo	6,55 ± 0,01
Valeurs limites selon la CEE (mg /Kg)	1mg/Kg	Valeurs limites selon la CEE (mg /Kg)

Tableau 4 : Teneurs en cadmium déterminés dans les différents substrats analysés [21].

Type de matériels	Lieu de provenance	Teneurs en cadmium (mg/Kg)
copeaux de bois	Adzopé	7,05 ± 0,02
	Agnibilékro	6,43 ± 0,02
	Azaguié	9,13 ± 0,01
	Bingerville	7,85 ± 0,02
	Dabou	8,66 ± 0,02
	Divo	7,75 ± 0,01
Valeurs limites selon la CEE (mg /Kg)	1mg/Kg	Valeurs limites selon la CEE (mg /Kg)

2 2 Risque sanitaire lié à la protéine animale

Une fois transférés à l'être humain par la voie digestive, les métaux lourds se combinent aux composés organiques soufrés de notre organisme pour engendrer de graves troubles [19]. Les enjeux des métaux lourds sont principalement sanitaire, à côté de cela leur persistance dans le milieu naturel, leur caractère bio-accumulateur dans l'environnement et enfin leurs effets sur la santé [19]. En Côte d'Ivoire, la contamination métallique a attiré l'attention de nombreux chercheurs [12]. L'exposition à long terme de la population ivoirienne en éléments traces métalliques (ETM) toxiques (Cd, Hg, Pb) dans les viandes et abats importés a été évaluée par Koffi M. K. *et al*., 2014 [19]. A savoir que les éléments traces métalliques y existent. Dans le foie importé, la teneur en cadmium était de 0,3 µg/kg et 65 µg/kg de poids frais. Le rognon était selon ses résultats l'organe qui accumule le plus les différents métaux. En effet, l'alimentation reste la source majeure d'exposition aux métaux lourds de la population générale non professionnellement exposée et non fumeuse [19]. La teneur donc des abats en cadmium reflète parfaitement le cadmium que l'animal trouve dans son alimentation et son environnement [19]. Ce qui a été démontré par la présence de métaux lourds dans les fourrages vendus dans les marchés à bétail d'Abidjan expliquant le fait que ces fourrages sont pour la plupart recueillis aux abords de la route [15]. Les teneurs en cadmium variaient de 0,006 ppm sur le site d'Akouedo et Faya à 0,031 ppm sur le site d'Abobo belle ville et Coco service [15]. La source de contamination au cadmium des fourrages est due aux émissions de fumée des véhicules et aux émissions industrielles qui se déposent sur le sol et absorbées par les plantes [15]. 20% à 60% du Cd total mesuré dans les végétaux provenaient directement du dépôt atmosphérique de ce métal à la surface des feuilles [17; 22]. Ces plantes servant de nourriture (foins) pour les bétails [19]. La présence même en faible quantité de métaux lourds (teneurs inférieures aux normes maximales admises) dans les fourrages vendus sur les marchés à bétail d'Abidjan est toujours à craindre pour la santé humaine [15]. Aussi, les farines animales utilisées pour nourrir le bétail sont-elles fabriquées à bases de déchets de poissons eux-mêmes contaminées depuis la chaîne alimentaire marine [19].

En Côte D'Ivoire, dans le secteur avicole, la production fournit entre 500 à 550 millions d'œufs par an [21]. Cependant, les fientes présentes sur les coquilles des œufs contiennent du cadmium. Ce qui montre le risque toxicologique, aux conséquences graves, auquel sont exposés les vendeurs et les consommateurs d'œufs à coquilles contaminées [21].

2 3 Risque sanitaire lié au milieu aquatique

L'accumulation des contaminants métalliques dans les organismes aquatiques présente des effets toxicologiques sur les espèces, les écosystèmes et les risques sanitaires à travers l'ingestion d'espèces comestibles [21]. Cependant, les facteurs de bioconcentration montrent que le Cadmium provient en partie des eaux et des sédiments [14]. Le poisson contient seulement de petites quantités de cadmium alors que les crustacés et les mollusques peuvent accumuler de plus grandes quantités [19]. Dans les écosystèmes lagunaires côtiers, les métaux lourds (le cadmium) peuvent être associés aux sédiments et sont susceptibles d'être relargués dans l'eau [6]. La contamination métallique donc au cadmium des sédiments constitue un danger pour l'eau, les espèces vivantes et pour la santé de l'homme [6]. En effet, les concentrations moyennes en cadmium observées dans les sédiments de la lagune Aghien (0,03 mg/Kg) ont été constatées et sont inférieures à celles déterminées dans les sédiments de la lagune Ebrié (5,57 mg/Kg) en Côte d'Ivoire [9]. Parmi les sources de cette pollution, il ressort entre autre que la lagune est le lieu d'aisance pour les populations riveraines. Concentrés dans les excrétions, les métaux lourds finissent leur parcours dans l'environnement aquatique [6]. D'où l'étude de Abou TRAORE *et al.,* en 2015 [14], ayant déterminé la concentration en Cadmium des crevettes variant de 0 à 0,26 mg/kg. Cette teneur en Cd est supérieure à la norme de Union Européenne (0,05 mg/kg) selon ces mêmes auteurs. Ce métal peut provoquer des effets indésirables sur la vie aquatique et sont transmis

à l'homme à la suite de la consommation de produits halieutiques contaminés qui causent une détérioration sérieuse de la santé [14].

2 4 Risque sanitaire lié à la consommation d'eau potable

La pollution au cadmium constitue un problème d'actualité qui préoccupe toutes les régions soucieuses de maintenir leur patrimoine hydrique à un haut degré de [12]. La capitale économique de la Côte d'Ivoire est uniquement alimentée par les eaux souterraines du Continental Terminal qui représentent 68% de la production d'eau potable nationale [6]. Pour pallier le déficit en eau potable, la lagune Aghien est-elle pressentie pour venir en appoint aux champs de captage existants. Des études ont démontré que ces eaux de surface sont contaminées en cadmium 0,03 mg/Kg/MS [6]. Diverses sources anthropiques peuvent être à l'origine de l'alimentation de ces lagunes en métaux lourds à savoir les déchets liquides constitués des eaux usées, des déchets solides mal gérés [6], des effluents chargés et la lixiviation des résidus solides provenant des activités [12]. Les sédiments sont des réservoirs de polluants susceptibles d'être relargués dans l'eau [6]. Dans la lagune Aby à Adiaké, le concentration en cadmium a été évaluée sur les poissons notamment les tilapias (Sarotherodon melanotheron), il ressort de cette étude que ces poissons sont contaminés à savoir 1,19–5,18 µg/g dans les muscles et 0,07–1,32 et 0,12–1,25 µg/g dans les branchies et le foie [23]. Tel est le risque auquel les humains sont exposés en consommant ces eaux [14]. Dans la Sous-préfecture de Hiré, zone minière (centre ouest de la Côte d'Ivoire), les teneurs en cadmium sont largement supérieures aux valeurs limites fixées par l'OMS pour les eaux de consommation et d'irrigation [12]. Il y a donc des risques de contamination métallique de la population. Le phénomène de lixiviation des roches et sédiments serait l'une des causes de la forte présence du cadmium dans les eaux de surface dans cette région de la Sous-préfecture de Hiré [12].

CONCLUSION

La population ivoirienne est exposée à un potentiel problème de santé publique au cadmium. C'est l'occasion d'attirer l'attention des professionnels de la santé afin que le profil métallique du cadmium soit incorporé dans les examens sanguins. Au niveau des décideurs, cette pollution du fait de l'homme doit être réglementée de sorte à assainir l'environnement pour les générations futures.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] - **A. Waseem, J. Arshad, F. Iqbal, A. Sajjad, ZahidMehmood, et G. Murtaza**., 2014. Pollution Status of Pakistan: A Retrospective Review on Heavy Metal Contamination of Water, Soil, and Vegetables. BioMed Research International. Volume 2014, 29 pages

[2] - **I. Raskin, P.B.A.N Kumar., S. Dushenkov, et D.E Salt**., 1994. Bioconcentration of heavy metals by plants. *Curr. Opin. Biotechnol.*, 5 : 285-90.

[3] - **O**. **Barkai , N. L. EKENGELE et O. A. D. BALLA**., 2014. Évaluation du niveau de pollution par les métaux lourds des lacs Bini et Dang, Région de l'Adamaoua, Cameroun. *Afrique SCIENCE*, 10(**2**) :184 – 198.

[4] - **P. Andujar, L. Bensefa-Colas, A. Descatha,** 2010. Acute and chronic cadmium poisoning. *Rev Med Interne*, 31 (**2**), pp.107-15.

[5] - **IARC**. 1993. Cadmium and cadmium compounds. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum 58:119–238.

[6] - **A. TRAORE, G. SORO, K. E. AHOUSSI, B. S. BAMBA, N. SORO et J. BIEMI**., 2014. Niveau de contamination en métaux lourds des sédiments d'une lagune tropicale : la lagune Aghien (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). *Afrique SCIENCE* 10(3) :73 – 88.

[7] - **O. A. ADJIRI, D. L. GONE, I. K. KOUAME, B. KAMAGATE, J. BIEMI**., 2008. ***Caractérisation de la pollution chimique et microbiologique de l'environnement de la décharge d'Akouédo, Abidjan-Côte d'Ivoire. Int. J. Biol. Chem. Sci. 2(4): 401-410***

[8] - **I. K. KOUAME, D. L. GONE, I.SAVANE, E. A. KOUASSI, K.KOFFI, B. T. A. GOULA et M. DIALLO,** 2006. 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 SCIENCE* 02(1): 39 – 56

[9] - **T. E. WANGO, M. TOURE et Y. M. N'GUESSAN**., 2015. Bathymétrie d'une baie lagunaire et son incidence sur la répartition des métaux lourds : cas de la baie d'Abouabou en lagune Ebrié, Côte d'Ivoire. *Afrique SCIENCE* 11(3) : 37 – 44.

[10] - **M. K. YAO et N'Guessan L. K., 2015**. Etude des propriétés d'adsorption et de désorption du Plomb (Pb) et du Cadmium (Cd) par les sédiments d'une lagune tropicale en présence d'Allylthiourée . Int. J. Biol. Chem. Sci. 9(1): 483-491

[11] - **G. SORO, B. S. METONGO, N. SORO, E. K. AHOUSSI, F. K. KOUAMÉ, S. G. P. ZADE et T. SORO.**, 2009. Métaux lourds (Cu, Cr, Mn et Zn) dans les sédimentsde surface d'une lagune tropicale africaine : cas de la lagune Ebrie (Côte d'Ivoire). Int. J. Biol. Chem. Sci. 3(6): 1408-1427.

[12] - **Y.H.A. YAPI, B.K. DONGUI,. A. TROKOUREY, Y.S.S. BARIMA, Y. ESSIS et P. ATHEBA,** 2014. Evaluation de la pollution métallique des eaux souterraines et de surface dans un environnement minier aurifère à Hiré (Côte d'Ivoire). *Int. J. Biol. Chem. Sci*. 8(3): 1281-1289.

[13] - **A.A. Adingra et A.M. Kouassi,** 2011. POLLUTION EN LAGUNE EBRIÉ ET SES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT ET LES POPULATIONS RIVERAINES. F. Tech. & Doc. Vulg. : 48-53.

[14] - **A. TRAORE., Y. AKE-ASSI, K. E. AHOUSSI, N. SORO**., 2015. EVALUATION DE LA CONCENTRATION DES ELEMENTS TRACES (Pb, Cu, Zn, Fe, Cd et Hg) DANS LES CREVETTES (macrobrachium vollenhovenii) DES LAGUNES AGHIEN ET POTOU (SUD-EST DE LA CÔTE D'IVOIRE. Larhyss Journal, 24: 129-142.

[15] - **A.V. KIPPRE et N.C. BODJI,** 2010. Détermination des niveaux de contaminations chimique et parasitaire des fourrages vendus sur les marchés à bétail d'Abidjan. RASPA 8: 59-66.

[16] **–Y. ISSOLA, A. M. KOUASSI, B. K. DONGUI, A. A. ADINGRA, J. BIEMI.**, 2009. Concentration en métaux lourds des sédiments d'une lagune côtière tropicale: lagune de Fresco (Côte d'Ivoire). Journal of Applied Biosciences. 18: 1009 – 1018.

[17] - **N. Toure, K. P. Kouadio, K. E. Yoboue, A. Yao-Kouame**, 2015. Evaluation des métaux traces, pesticides et plastifiants dans les produits maraichers (gombo, corète potagère, épinard et aubergine) dans la vallée du NIEKI, sud-est de la Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal.*11(33): 183-196.

[18] - **K. Madjouma, W. Kpérkouma, B. Komlan, D.B. Gbandi, A. Adam et A..Koffi**, 2009. Le maraîchage périurbain à Lomé : pratiques culturales, risques sanitaires et dynamiques spatiales. *Cahiers Agricultures*. 18(4): 356-363.

[19] - **M. K. KOFFI, Y. A. ASSI, J. S. SAKI et Henri Marius G. A. BIEGO**., 2014. Evaluation de l'exposition de la population aux métaux traces (cadmium, mercure, plomb) à travers la consommation des viandes et abats de bœuf et de porc importés. *Int. J. Biol. Chem. Sci*. 8(4): 1594-1603.

[20] - **K. J. Kouakou, Y. Bekro, A. E. Sika, D. Baize, D. O. Dogbo, M. Bounakhla, F. Zahry , P. Macaigne.,** 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). European Journal of Scientific Research. 21(3): 471-487.

[21] - **A. Apata, R. N. Koffi, N. Touré, K. A. Alui et A. Yao-Kouamé.,** 2014. Évaluation des éléments traces métalliques dans les fientes de volaille recouvrant les coquilles d'œufs destinés à la consommation humaine en Côte d'Ivoire. J. Appl. Biosci. 74: 6033– 6042.

[22] - **X.Yang, , H. Z. Feng., et P. J. Stofella,** 2005. Molecular mechanisms of heavy metal hyperaccumulation and phytoremediation. Journal of Trace Elements in Medecine and Biology 18: pp. 339-353.

[23] - **D. A. C. Yapi, V. Kouame , T. A. Sanogo , B. Sawadogo and J. Wethe** 2012. Cadmium Accumulation in Tissues of Sarotherodon melanotheron (Rüppel, 1852) from the Aby Lagoon System in Côte d'Ivoire. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 9, 821-830