

## Contamination des sols par des micropolluants organiques dans une zone maraîchère en aval du Centre Hospitalier Régional de Daloa (Côte d'Ivoire)

### [ Soil contamination by organic micropollutants in a market gardening area downstream of the Daloa Regional Hospital (Ivory Coast) ]

*KONE Mengoro<sup>1</sup>, DIARRA Moussa<sup>1,2</sup>, N'GUETTIA Kossonou Roland<sup>2</sup>, SORO Donafologo Baba<sup>2</sup>, MEITE Ladji<sup>2</sup>, DEMBELE Ardjouma<sup>2</sup>, TRAORE Karim Sory<sup>2</sup>, and DIBI Brou<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Université Jean Lorougnon GUEDE, Laboratoire des Sciences et Technologies de l'Environnement, UFR Environnement, BP: 150 Daloa, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Université NANGUI Abrogoua, Laboratoire des Sciences de l'Environnement, UFR des Sciences et Gestion de l'Environnement, code postale 02 BP: 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

Copyright © 2024 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:** In order to protect and improve market garden crops, market gardeners use large quantities of plant protection products and water in the production area. This has an impact on soil quality. The aim of this study was to determine the level of soil pollution downstream of the Daloa Regional Hospital. Twenty-four soil samples were taken from six sites in the study area. These samples were analysed by liquid/liquid chromatography coupled with mass spectrophotometry.

The results of the analyses revealed the presence of seven medicinal residues, including five antibiotics (Ciprofloxacin, Erythromycin, Tetracycline, Sulfamethoxazole and Norfloxacin), a beta-blocker (Propranolol) and an anti-inflammatory (Salicylic Acid). The average concentrations of these antibiotic residues ranged from 3.41 to 50.34 µg/kg; the anti-inflammatory and the beta-blocker recorded values of 112.67 µg/kg and 17.35 µg/kg respectively. Eleven residues of active ingredients, including Chlorothalonil, Cypermethrin, Metamidophos, Endrin, Deltamethrin, Dimethomorph, Profenofos, Beta-endosulfan, Etoenprox, Furathiocarb and Carbendazim, were quantified at levels ranging from 0.04 to 39.62 µg/kg. These active ingredients belong to five families of plant protection products: organochlorines, organophosphates, carbamates, thiocarbamates and synthetic pyrethroids. The constant discharge of these medicinal and phytosanitary residues contaminates the soil and poses a threat to humans and their environment.

**KEYWORDS:** soil; lowland; contamination; residues; phytosanitary; medicinal.

**RESUME:** Soucieux de protéger et d'améliorer les cultures maraîchères, les maraîchers utilisent une importante quantité de produits phytosanitaires et des eaux dans la zone de production. Cela influence la qualité des sols. L'objectif de cette étude est de déterminer le niveau de pollution du sol situé en aval du CHR de Daloa. Ainsi, vingt - quatre échantillons de sol ont été prélevés sur six sites de la zone d'étude. Ces échantillons ont été analysés par chromatographie Liquide / Liquide couplée à une spectrophotométrie de masse. Les résultats des analyses ont révélé d'une part, la présence de sept résidus médicamenteux dont cinq antibiotiques (la Ciprofloxacine, l'Erythromycine, la Tétracycline, la Sulfaméthoxazole et la Norfloxacine), un Béta-bloquant (le Propranolol) et un anti-inflammatoire (Acide Salicylique). Les concentrations moyennes de ces résidus d'antibiotiques ont varié de 3,41 à 50,34 µg / Kg; l'anti-inflammatoire et le bêtabloquant ont enregistré les valeurs respectives 112,67 µg / Kg et 17,35 µg / Kg. D'autre part, onze résidus de matières actives notamment le Chlorothalonil, la Cyperméthrine, le Métamidophos, l'Endrine, le Deltaméthrine, le Dimethomorphe, le Profenofos, le Béta-endosulfan, l'Etoenprox, le Furathiocarbe et le Carbendazime ont été quantifiés à des teneurs allant de 0,04 à 39,62 µg / Kg. Ces matières actives appartiennent à cinq familles de produits phytosanitaires à savoir les organochlorés, les organophosphorés, les carbamates,

les Thiocarbamates et les pyréthriinoïdes de synthèse. Le rejet en permanence de ces résidus médicamenteux et phytosanitaires contamine le sol et constitue une menace pour l'homme et son environnement.

**MOTS-CLEFS:** sol; bas-fond; contamination; résidus; phytosanitaires; médicamenteux.

## **1 INTRODUCTION**

La croissance démographique mondiale engendre une diminution des terres cultivables favorisant une utilisation excessive des produits phytosanitaires pour une augmentation des rendements agricoles afin de satisfaire les besoins alimentaires [1]. Ainsi, on assiste à une intensification du maraîchage dans les bas-fonds en milieu urbain. Cette activité génératrice de revenus, participe activement à l'équilibre et à la dynamique des villes en fournissant en toutes saisons aux citoyens, des légumes frais munis de leurs qualités nutritionnelles et organoleptiques ([2], [3], [4]). En effet, les producteurs travaillent sur des sites soumis à plusieurs contraintes sanitaires [5]. La plupart des sites de production se trouvent dans des endroits où débouchent des canalisations chargées d'effluents. Pourtant, cette agriculture urbaine est exigeante à propos de la gestion de la fertilité du sol et de l'approvisionnement en eau afin d'assurer une production horticole intensive toute l'année. Pour cela, l'emploi permanent d'engrais, de produits phytosanitaires et l'usage des eaux usées, sont des pratiques largement répandues dans le maraîchage urbain ([6], [7]). Les eaux usées des hôpitaux représentent un apport essentiel de composés actifs pharmaceutiques résiduels dans l'environnement [8]. Face à cette situation, les collectivités se sont dotées de stations d'épuration d'eaux usées pour la dépollution des eaux usées domestiques avant leur rejet dans le milieu récepteur [9].

Malheureusement, en Côte d'Ivoire, la situation est inquiétante car la plupart des réseaux d'évacuation des eaux usées raccordés à des stations d'épurations sont aujourd'hui non fonctionnels et les eaux usées brutes produites sont évacuées vers les bas-fonds ([10], [11], [12], [13]) sans aucun traitement préalable. C'est le cas du Centre Hospitalier Régional (CHR) de Daloa, situé en amont d'un bas-fond. De ce fait, les eaux usées du CHR de Daloa sont directement déversées dans l'environnement immédiat atteignant les bas-fonds par le biais du drainage des eaux pluviales. Toutefois, de nombreux micropolluants se retrouvent dans le milieu naturel sans que leur impact sur ce dernier ne soit véritablement connu. Les problèmes relatifs à la gestion de ces micropolluants et des substances à risque font ainsi partie des grandes préoccupations actuelles ([14], [15], [16]). Cependant, le risque lié à ce rejet d'eaux usées et l'emploi non rationnel des produits phytosanitaires est l'accumulation des micropolluants organiques dans le sol voire dans les plantes, conduisant ainsi à l'intoxication de l'homme à travers la chaîne alimentaire [17]. La consommation des produits maraîchers contaminés par les micropolluants organiques constituerait un risque sanitaire public. L'objectif de cette étude est de déterminer le niveau de contamination du sol par les micropolluants organiques afin d'apprécier les menaces pour l'homme et son environnement.

## **2 MATÉRIEL ET MÉTHODES**

### **2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE**

Daloa est une ville située au centre ouest de la Côte d'Ivoire dans la région du Haut-Sassandra entre 6°53 de latitude nord et 6°27 de longitude ouest. Elle abrite le Centre Hospitalier Régional (CHR) qui s'étend sur une superficie de vingt-sept (27) hectares. Le CHR est limité à l'Est par le quartier Evêché, à l'Ouest par des habitations, au Nord par les Lycées Modernes 2 et 4 et au Sud par un bas-fond. La présente étude a été réalisée autour du CHR (Figure 1).

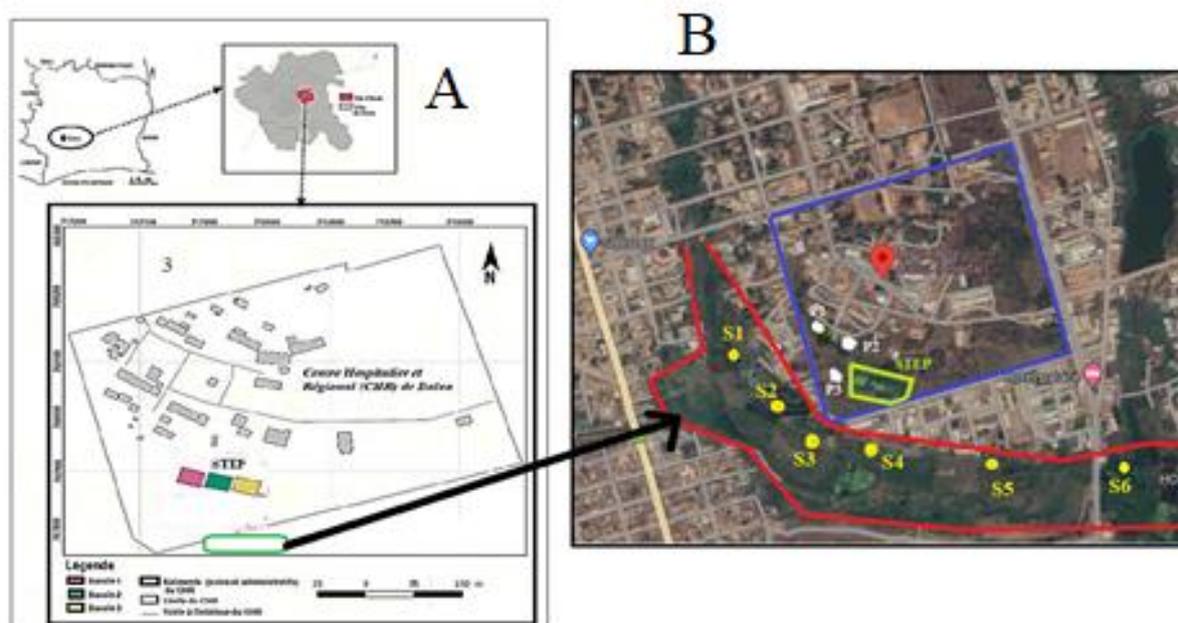


Fig. 1. Présentation de la zone d'étude et sites de prélèvement: (A): Zone d'étude; B: site de prélèvement

Tableau 1. Coordonnées des sites de prélèvement

SITES	COORDONNEES		
	X	Y	Z
Site 1	0782493	0761455	253
Site 2	0782503	0761385	247
Site 3	0782386	0761388	248
Site 4	0782415	0761523	250
Site 5	0782658	0761264	251
Site 6	0782781	0761173	247

## 2.2 MÉTHODOLOGIE

### 2.2.1 ECHANTILLONNAGE

4 échantillons des sols ont été prélevés à l'aide d'une pioche jusqu'à une profondeur de 10 à 20 cm par sites préalablement identifiés. Soit au total, 24 échantillons sur les sites distants de plusieurs mètres des uns des autres. Six (06) échantillons composites ont été constitués. En effet, l'un des sites est situé près des rives longeant le ruissellement des effluents hospitaliers et cinq autres au milieu des différentes cultures maraichères recevant les eaux usées pour leur arrosage. Ensuite, les échantillons prélevés sont conditionnés dans des sacs plastiques hermétiques en fonction des analyses prévues, puis ils sont placés à 4 °C dans une glacière avant leur envoi sous 24 h au laboratoire.

### 2.2.2 TRAITEMENT DES ÉCHANTILLONS

Les six échantillons composites de sols prélevés ont été séchés au laboratoire à la température ambiante à l'abri des sources de pollution. Après séchage, ceux-ci ont été passés à travers un tamis de maille inférieur à 100 µm afin d'uniformiser les grains. Chaque échantillon a été subdivisé en 3 parties. Une partie a été utilisée pour la détermination du taux de matière organique. Une autre a servi aux mesures de pH à l'eau et au KCl. Et la troisième quant à elle a été utilisée pour la procédure de lixiviation dans les différents solvants d'extraction.

$$\% \text{ matière organique} = \frac{(m_1 - m_2)}{m_1} \times 100$$

Ainsi, dans un creuset, 20 g environ de sol tamisé à 2 mm sont pesés et mis au four à 525 °C jusqu'à la calcination.

- Détermination du taux de matière organique des sols

La méthode de la perte au feu a été appliquée [18]. Selon la norme NF ISO 10694 (2000). Elle consiste à peser un échantillon de sol séché préalablement avant sa calcination totale, puis à peser la masse de cet échantillon après calcination. Le taux de matière organique est déterminé à partir de la masse ( $m_1$ ) de l'échantillon prélevé (sol sec) et celle déterminée après passage au four ( $m_2$ ).

- Matières sèches et volatiles

Les teneurs en matières sèches (MS) et volatiles (MV) des sédiments accumulés dans le bassin de retenue sont évaluées respectivement par séchage de l'échantillon pendant 24 h à 105 °C (norme NF EN12880) puis par calcination à 550 °C pendant 2 h (NF EN 12879). La matière volatile est alors assimilée à la fraction organique volatile.

### 2.2.3 ANALYSE DES ÉCHANTILLONS

20 g du broyat de l'échantillon de sol et 100 mL d'une solution de dichlorométhane (grade CLHP) ont été mélangés. Cette mixture a été homogénéisée sur un agitateur pendant 5 heures. Ensuite, le mélange a été centrifugé à 5000 rpm pendant 20 minutes, puis le surnageant a été filtré sur du papier filtre whatman et concentré à 10 mL à l'aide d'un évaporateur rotatif (Buchi Suisse). L'extrait concentré (10 mL) a été filtré sur un filtre à disque dont le diamètre des pores était de 0,2 µm. L'identification et la quantification ont été faites par Chromatographie Liquide de Haute Performance.

## 3 RÉSULTATS & DISCUSSION

### 3.1 TENEURS DES RESIDUS MEDICAMENTEUX DANS LES SOLS

Le tableau II présente les résultats d'analyse des échantillons de sol prélevés. Il révèle la présence de sept (07) résidus médicamenteux. Ces résidus sont repartis en trois groupes notamment les antibiotiques (la Ciprofloxacine, l'Erythromycine, la Tétracycline, la Sulfaméthoxazole, la Norfloxacine), les antihypertenseurs (le Propranolol) et anti-inflammatoires (Acide Salicylique). Ces antibiotiques sont regroupés en différentes familles thérapeutiques: les macrolides (Erythromycine); les sulfamides (Sulfaméthoxazole); les tétracyclines (Tétracycline); les fluoroquinolones (Ciprofloxacine et Norfloxacine). Les concentrations moyennes des résidus d'antibiotiques obtenues ont varié de 3,41 à 50,34 µg / Kg. Quant aux autres résidus, l'acide salicyclique a enregistré la valeur la plus élevée (112,67 µg / Kg).

Tableau 2. Concentrations moyennes (µg / Kg), minimales et maximales des résidus médicamenteux dans les sols

	Antibiotiques					Anti-inflammatoires	Béta-bloquants
	Cipro	Sulfa	Tetra	Ery	Nor	Acide sali	Prop
<b>Moyenne</b>	21,08	32,44	28,46	27,97	56,15	112,67	17,35
<b>Min</b>	4,62	3,41	10,43	12,92	1,28	76,58	5,17
<b>Max</b>	25,67	50,34	39,52	33,62	115,95	432,78	25,56
<b>Médiane</b>	13,08	23,44	20,46	19,97	44,15	98,67	9,35

Min: minimale, Max: maximale, Cipro: Ciprofloxacine, Sulfa: Sulfaméthoxazole; Tetra: tétracycline; Ery: Erythromycine; Nor: norfloxacine; Prop: Propranolol; Sali: Salicyclique

### 3.2 TENEURS DES RESIDUS DE PRODUITS PHYTOSANITAIRES DANS LES SOLS

Les résultats d'analyse des différents échantillons prélevés sur le site d'étude ont révélé également la présence de onze (11) résidus de produits phytosanitaires (Figure 2). Les concentrations les plus élevées ont été enregistrées au niveau de l'Endrine (39,62 µg / Kg) contre le Métamidophos qui a enregistré la teneur la plus basse (0,04 µg / Kg). Le Chlorothalonil et la Cyperméthrine ont enregistré la même concentration (0,39 µg / Kg). Les matières actives détectées sont reparties en cinq familles: les organochlorés (l'Endrine, le Chlorothalonil, le Béta-endosulfan), les organophosphorés, (Métamidophos,

Profenofos, le Dimethomorphe), les carbamates (Carbendazime) les Thiocarbamates (le Furathiocarbe, l'Etoenprox) et les pyréthriinoïdes de synthèse (la Cyperméthrine, le Deltaméthrine).

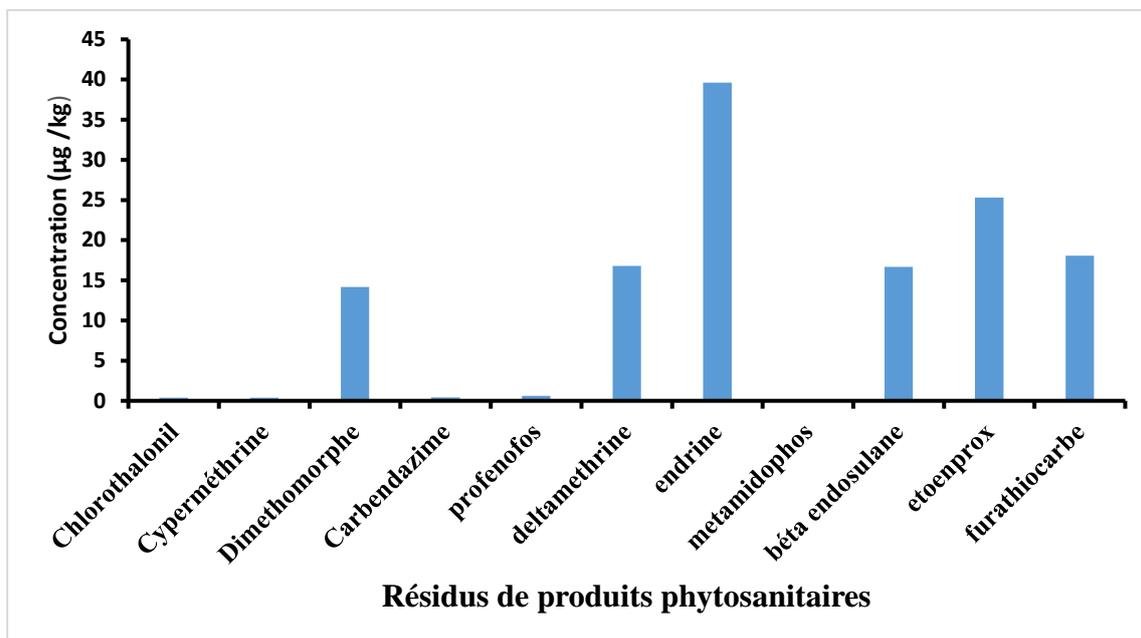


Fig. 2. Concentrations moyennes des résidus phytosanitaires détectés dans les sols

### 3.3 DISCUSSION

L'usage des antibiotiques est très important dans la gestion des maladies infectieuses chez l'homme et les animaux ([19], [20]). Les antibiotiques sont fréquemment retrouvés dans les différents compartiments environnementaux (sols, sédiments, eaux de surface, eaux souterraines), soit après excrétion directe dans le milieu extérieur (pâtures), soit après épandage (fumier, lisier, boues d'épuration) [21]. Cette étude a révélé la présence des résidus médicamenteux dans le sol. La présence de ces substances chimiques pourrait s'expliquer en partie par l'importance des prescriptions lors des traitements des pathologies. Selon [22], un des facteurs favorisant la résistance des résidus de ces molécules est la surconsommation d'antibiotiques dans les pays à faible et moyen revenu. En outre, [23], dans leurs travaux ont montré la contamination du sol et les eaux de surface par les métaux lourds et résidus médicamenteux après l'administration de molécules pharmaceutiques aux patients. Dès lors, les activités qui relèvent du domaine de la santé sont génératrices de pollution et de transfert de toxiques vers les milieux naturels [24].

Par ailleurs, [25] ont montré dans leurs travaux que les stations d'épuration n'éliminent en moyenne que 50 à 60 % des résidus médicamenteux. Pour ces auteurs, l'efficacité d'une STEP est, d'une part, fonction des molécules, de la taille de la STEP et des procédés mis en œuvre, et d'autre part des mécanismes (physiques, métaboliques) mis en jeu: oxydation, biodégradation, biotransformation, réduction, sorption, transformation de la molécule mère en molécules-filles (métabolites) ou de phénomène de déconjugaison des molécules au sein de la chaîne de traitement. Toutefois, les résultats obtenus montrent une accumulation et une persistance des résidus médicamenteux dans le sol. C'est le cas de l'acide salicyclique détecté à une teneur moyenne de 112,78 µg / Kg de la famille des anti-inflammatoires. Quant aux antibiotiques détectés, leurs valeurs sont supérieures à celles obtenues par [26]. Pour ces auteurs, la valorisation de déchets en amendement de sols agricoles peut aboutir à une contamination des sols. Plusieurs rapports font état de la contamination de l'environnement par des antibiotiques [27]. En outre, la teneur de l'Erythromycine a été de 27,97 µg / Kg. Cette teneur est supérieure à celle (14 ±1 µg / Kg) obtenue par [28] lors de leur étude sur les sources et devenir des médicaments dans le bassin versant de la Seine.

Les résultats obtenus sont supérieurs à ceux de [29] qui a détecté le sulfaméthoxazole, l'acide salicyclique, l'ibuprofène, la ciprofloxacine à des concentrations comprises entre 1 et 100 mg / L. En outre, les investigations de [30] ont permis de quantifier de faibles concentrations oscillant entre 0,0016 et 373 mg/L, 0,01 et 32 mg/L respectivement pour les analgésiques et les antibiotiques contrairement à nos résultats. En effet, la présence des résidus pharmaceutiques au niveau des sols peut se justifier par l'état de délabrement avancé de la station de traitement et d'épuration et l'obstruction du système

d'assainissement par endroit. Cette situation est à l'origine du rejet des effluents hospitaliers sans aucun traitement. Ainsi, ces effluents rejetés sont drainés par les eaux de ruissellement contaminant le périmètre environnant. Or, l'exposition permanente de l'environnement à ces résidus est suspectée de favoriser le développement de souches bactériennes anti-bio résistantes susceptibles ensuite d'infecter les animaux et l'homme, ce qui constitue un risque théorique pour la santé [31].

En ce qui concerne les produits phytosanitaires, les agriculteurs ont recours à leur usage systématique afin de limiter les dégâts ([32], [33], [34]). Certains de ces produits contiennent souvent des substances actives prohibées et non homologués pour le type de culture ([35], [34], [36]). Ainsi, le sol reçoit de façon directe ou indirecte la majeure partie des produits répandus. De ce fait, les résultats d'analyses ont permis la détection de onze (11) matières actives quantifiées dans les échantillons de sol provenant de la zone d'étude à des teneurs oscillant entre 0,04 et 39,62  $\mu\text{g} / \text{Kg}$ . Ces résultats sont inférieurs à ceux compris entre 3 et 678  $\mu\text{g} / \text{kg}$  obtenus [37] lors de leurs travaux sur l'évaluation de la contamination des eaux souterraines par les résidus de pesticides dans les jardins maraichers dans le département de Madaoua au Niger. La teneur de bêta-endosulfan (16, 69  $\mu\text{g} / \text{Kg}$ ) concorde avec celle obtenue par [38] au cours de leur étude montrant une contamination des sols de Boni, de Kaïbo, de Farako-Bâ, de Dankuy, Fankuy par l'endosulfan. Aussi, des concentrations très élevées allant de 25 à 457  $\mu\text{g} / \text{kg}$  ont été quantifiées au niveau de l'endosulfan dans des sols en Tanzanie [39] et au Burkina [40]. Pour ces auteurs, ces fortes concentrations peuvent se justifier par une accumulation de ces résidus chimiques au niveau de ces cultures suite à des traitements. Les organochlorés semblent être les plus présents au niveau des sols. La prédominance des organochlorés s'explique par leur forte utilisation de la part des producteurs maraichers. Ces organochlorés sont caractérisés, de façon générale, par une importante capacité d'adsorption sur les particules et une persistance qui leur permet de rester longtemps dans le sol [41]. Par ailleurs, l'endosulfan et l'hexachlorocyclohexane tous deux de la famille des organochlorés ont été détectés à certains endroits de la Côte d'Ivoire à des teneurs atteignant 25,63  $\mu\text{g} / \text{L}$  [42]. Du fait de leur toxicité, divers produits phytosanitaires organochlorés sont soumis à une réglementation dans de nombreux pays [1]. Leur présence dans l'environnement suscite de nombreuses inquiétudes. Pourtant, les résidus de Chlorothalonil, bêta-endosulfan, endrine retrouvés au niveau du sol autour du CHR ont pour la plupart de fortes concentrations. En effet, les produits phytosanitaires peuvent s'accumuler dans les sols à des teneurs très élevées [43]. Leur présence s'explique par leur utilisation excessive par les producteurs maraichers de Daloa dans le but d'éliminer les insectes nuisibles aux cultures malgré leur interdiction afin d'améliorer leur rendement. A cela, s'ajoute le transport des résidus de ces matières actives par le biais des eaux de ruissellement. Cette contamination des sols par les produits phytosanitaires met en péril la faune du sol, en particulier les décomposeurs, et détériore la qualité des eaux fluviales et souterraines. De plus, la disparition des vers de terre et des bactéries du sol ralentit la minéralisation et appauvrit d'avantage le sol [44].

En plus de la famille des organochlorés, les analyses ont détecté d'autres familles de produits phytosanitaires: les organophosphorés, les carbamates, les pyréthrinoïdes et les Thiocarbamates en de faibles concentrations. Ces résultats corroborent avec ceux trouvés par l'équipe [44] dans leur étude sur les pesticides et métaux lourds dans l'eau de boisson, les sols et les sédiments de la ceinture cotonnière de Gogounou, Kandi et Banikoara au Bénin. Cette observation est similaire à celle faite par [37]. En effet, les pyréthrinoïdes sont caractérisés par une persistance faible à modérée, une toxicité relativement faible, leur susceptibilité à la photolyse et leur capacité à s'adsorber aux colloïdes du sol sous forme de résidus non extractibles [45]. Des résidus phytosanitaires notamment le Chlorpyrifos, le Diméthoate et le malathion ont été détectés dans les sols en Inde, au Nigéria, au Burkina Faso et au Costa Rica ([38]. [46], [47]). Pourtant, le sol constitue une interface entre l'air et l'eau et représente un important réservoir de la biodiversité. Cependant, la contamination du sol influence l'action des bactéries et vers de terre et peut même entraîner leur disparition. Cela détériore la fertilité des sols et la qualité des eaux pluviales et souterraines [45].

#### **4 CONCLUSION**

Les sols prélevés à Daloa renferment sept résidus médicamenteux à des teneurs comprises entre 17,35 et 112,67  $\mu\text{g} / \text{kg}$  de diverses familles thérapeutiques et onze résidus de matières actives des produits phytosanitaires avec des teneurs oscillant de 0,04 à 39,62  $\mu\text{g} / \text{kg}$ . Ces multiples résidus à des teneurs variables contaminent notre environnement et particulièrement le sol où diverses activités anthropiques sont pratiquées. Cela constitue une menace pour la santé humaine et l'écosystème aquatique. Ainsi, cette présence remarquée des micropolluants organiques n'impacte - t- elle pas la qualité des produits maraichers destinés à la consommation de l'homme.

## REFERENCES

- [1] FAO. Agriculture, alimentation et nutrition en Afrique: un ouvrage de référence à l'usage des professeurs d'agriculture. FAO, Rome Italie, 411 p. 2002.
- [2] A. M. Jouve, M. Padilla. Les agricultures périurbaines méditerranéennes à l'épreuve de la multifonctionnalité: comment fournir aux villes une nourriture et des paysages de qualité ? *Cahiers Agricultures*, 16, 311–317. 2007.
- [3] Y. E. Kouakou, B. Koné, B. Bonfoh, S. M. Kientga, Y. A. N'Go, I. Savane, G. Cissé. L'étalement urbain au péril des activités agro-pastorales à Abidjan. *Vertigo la revue électronique en sciences de l'environnement, Hors-Série 3*, 10 (2): 9p. 2010.
- [4] A. Olahan. Agriculture urbaine et stratégies de survie des ménages pauvres dans le complexe spatial du district d'Abidjan. *Vertigo, Vertigo. La Revue Électronique en Sciences de l'environnement*, 10 (2): 24 p. 2010.
- [5] R. Koffi-Nevry, B. J. Assi-Clair, E. F. Assemand, S. W. Affou, M. Koussemon. Origine des témoins de contamination fécale de l'eau d'arrosage de la laitue (*Lactuca sativa*) cultivée dans la zone périurbaine d'Abidjan. *Journal of Applied Biosciences*, 52: 3669–3675. 2012.
- [6] T. J. Bendé. Production et environnement phytosanitaire des cultures légumières dans la zone urbaine de Yamoussoukro. Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur des Techniques Agricoles, Ecole Supérieure d'Agronomie de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire). 63 p. 2003.
- [7] P. Amoah, P. Drechsel, R. C. Abaidoo, W. J. Ntow. Pesticide and pathogen contamination of vegetables in Ghana's urban markets. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 50 (1): 1–6. 2006.
- [8] E. A. Serna-Galvis, E. Velez-Péla, Osorio-Vargas, Y. M. Guacca-Gonzalez, R. A. Torres-Palma. Inactivation of Carbapenem-resistant klebsiella pneumoniae by photo-Fenton: Residual effect gene evolution and modifications with citric acid and persulfate. *Science Direct*. 161: 354-363. 2019.
- [9] N. Maximilien, L. Julien, B. Paul, H. Dimitri, W. Adrien. Identification et quantification de 81 résidus médicamenteux au sein d'une zone de rejet végétalisée: rétention différenciée des compartiments eau-sol-plantes. *Revue des Sciences de l'Eau* 30 (1): 49-55. 2017.
- [10] N. I. M. Kengne. Evaluation d'une station d'épuration des eaux usées domestiques par lagunage macrophytes à Yaoundé: Performances épuratoires, développement et biocontrôle des Diptères Culicidae. Thèse de troisième cycle Université de Yaoundé I (Cameroun). 153p. 2000.
- [11] T. Koné, M. Koné, D. Koné, S. Traoré, J. Y. Kouadio. Multiplication rapide du bananier plantain (*Musa spp. AAB*) in situ: Une alternative pour la production en masse de rejets. *Agronomie Africaine* 23 (1): 21-31. 2011.
- [12] D. L. Kouadio, K. S. Traore, Y. A. Bekro, M. Véronique, A. Dembele, K. Mamadou, P. Mazellier, B. Legube, P. Houenou. Contamination des Eaux de Surface par les Produits Pharmaceutiques en Zones Urbaines de Côte D'ivoire: Cas du District D'Abidjan. *European Journal of Scientific Research*, 27 (1): 140 – 151. 2009.
- [13] K. R. N'Guettia. Traitement d'effluents des formations de santé par des procédés photochimiques. Thèse Unique, Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire, 147 p. 2017.
- [14] N. J. Ayscough, J. Fawell, G. Franklin, W. Young. Review of Human Pharmaceuticals in the Environment. Research and Development. Technical Report P390. *Environment Agency*. Bristol, UK: 106 p. 2000.
- [15] L. J. Schulman, E. V. Sargent, B. D. Naumann, E. C. Faria, D. G. Dolan, J. P. Wargo. A Human Health Risk Assessment of Pharmaceuticals in the Aquatic Environment. *Hum Ecol. Risk Assess.*, 8: 657-680. 2002.
- [16] J. Garric, B. Ferrari. Pharmaceuticals in aquatic ecosystems. Levels of exposure and biological effects. *A review. Journal of Water Science*, 18 (3): 307-330. 2005.
- [17] K. E. Agbossou, M. S. Sanny, B. Zokpodo, B. Ahamide, H. J. Guedegbe. Evaluation qualitative de quelques légumes sur le périmètre maraîcher de Houéyiho, à Cotonou au sud-Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*. 42: 1- 12. 2003.
- [18] CEAEQ, MAPAQ (Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec et Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec). Détermination de la matière organique par incinération: méthode de perte au feu (PAF), MA.1010-PAF 1.0, Ministère de l'Environnement du Québec. 9 p. 2003.
- [19] K. Kumar, S. C. Gupta, S. K. Baidoo. Antibiotic uptake by plants from soil fertilized with animal manure. *Journal Environmental Quality*, 34: 2082-2085. 2005.
- [20] P. Taylor, R. Reeder. Antibiotic use on crops in low and middleincome countries based on recommandations made by agricultural advisors *CABI Agriculture and Bioscience*, 1: 1-14. 2020.
- [21] Y. Millemann, A. Ferran, C. Hugnet. Pour limiter l'exposition de l'environnement aux antibiotiques lors de traitements en médecine vétérinaires. *Dépêche vét.*, 196: 25 – 30. 2022.
- [22] T. P. Van Boeckel, S. Gandra, A. Ashok, Q. Caudron, B. T. Grenfell, S. A. Levin. Global antibiotic consumption 2000 to 2010: an analysis of national pharmaceutical sales data. *Lancet Infect Dis*; 14 (8): 742-750. 2014.

- [23] A. Toure, A. Garat, C. DIOP, M. Cabral, M. J. Epote, E. Leroy, M. Fall, A. Diouf, B. Dehon, D. Allorge. Présence de métaux lourds et de résidus médicamenteux dans les effluents des établissements de santé de Dakar (Sénégal), *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 10 (3): 1422-1432. 2016.
- [24] J. P. K. Koffi, A. Y. N'go, D. Koné, K. H. Kouassi, H. Issiaka. Mapping of pollution risk of surface waters by runoff from watershed: case of Aghien Lagoon (South of Code d'Ivoire). *Journal of Water Resource and Protection*, 7: 1457-1466. 2015.
- [25] N. Lindqvist, T. Tuhkanen, L. Kronberg. Occurrence of acidic pharmaceuticals in raw and treated sewages and in receiving waters. *Water Res* 39: 2219-28. 2005.
- [26] T. Dinh, E. Moreau-Guigon, J. Tournebize, P. Labadie, F. Alliot, M. Chevreuil. Contamination en antibiotiques des sols agricoles par les déchets de l'assainissement urbain: évaluation des transferts potentiels vers le réseau hydrographique par le drainage agricole et les processus de ruissellement. *Rapport d'activité du programme PIREN Seine 2009, Paris*, 10 p. 2010.
- [27] EFSA (European Food Safety Authority). Technical report on the outcome of the targeted and the public consultations. EFSA Supporting publications; <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2021>.
- [28] E. Moreau-Guigon, F. Tamtam, T. Q. Dinh, J. Eurin1a, P. Labadie, F. Alliot, M. Chevreuil1a, G. Lavison, P. Candido, V. Augustin, J. Tournebize. Sources et devenir des médicaments dans le bassin versant de la Seine. Rapport de synthèse 2007-2010. 21p. 2011.
- [29] C. Dagot. Traitement des résidus de médicaments dans les ouvrages d'épuration des eaux. *Environ Risque Sante*, 17 (S1): 47-58. 2018.
- [30] P. Verlicchi, A. L. Aukidy, M. E. Zambello, P. A. L. Verlicchi, M. Aukidy, E. Zambello Occurrence of pharmaceutical compounds in urban wastewater: removal, mass load and environmental risk alter a secondary treatment. *A review. Sci Total Environ.* 429: 123-155. 2012.
- [31] ONEMA. Contamination des eaux par les résidus médicamenteux. 2P. 2009. <https://www.onema.fr>.
- [32] M. Kanda, G. Djaneye-Boundjou, K. Wala, K. Gnandi, K. Batawila, A. Sanni, K. Akpagana. Application des pesticides en agriculture maraîchère au Togo. *VertigO. La revue électronique en sciences de l'environnement* 13 (1): 1-17. 2013.
- [33] A. D. Mondedji, W. S. Nyamador, K. Amevoin, R. Adeoti, G. Abbévi Abbey, G. Koffivi Ketoh, I. A. Glitho. Analyse de quelques aspects du système de production légumière et perception des producteurs de l'utilisation d'extraits botaniques dans la gestion des insectes ravageurs des cultures maraîchères au Sud du Togo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 9 (1), 98- 107. 2015.
- [34] B. B. Yarou, P. Silvie, F. Assogba-Komlan, A. Mensah, T. Alabi, F. Verheggen, F. Francis. Plantes pesticides et protection des cultures maraîchères en Afrique de l'Ouest (synthèse bibliographique). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 21 (4): 288 -304. 2017.
- [35] Commission Européenne. Règlement CE n°1107/2009 du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et abrogeant les directives 79/117/CEE et 91/414/CEE du Conseil. *Journal Officiel de l'Union Européenne*, 309 (1), 1-50.2009.
- [36] CSP. Liste des pesticides autorisés par la 43<sup>ème</sup> session ordinaire du Comité Sahélien des pesticides (Novembre 2018). [http://insah.cilss.int/index.php/2018/05/08/43<sup>ème</sup> -session-du-comite-sahelin-des-pesticides Bamako- Mali-19-24-nov-2018/](http://insah.cilss.int/index.php/2018/05/08/43ème-session-du-comite-sahelin-des-pesticides-Bamako-Mali-19-24-nov-2018/). 2018.
- [37] H. Zabeirou, D. B. A. Tankari, G. F. Abdou, Y. Guero, A. Haougui, A. Basso. Évaluation de la contamination des eaux souterraines par les résidus de pesticides dans les jardins maraîchers, département de Madaoua – Niger (*extraits*). *International Journal of Development Research* 10 (09): 40642-40649. 2020.
- [38] P. W. Savadogo, T. M. Traoré, K. H. Tapsoba, P. M. Sedogo, L. Y. Bonzi – coulibaly. « Variation de la teneur en résidus de pesticides dans les sols de la zone cotonnière du Burkina Faso » *Journal Africain des Sciences de l'Environnement*. 1: 29-39. 2006.
- [39] H. Mwevura, O. C. Othman, G. L. Mhehe. Organochlorine pesticide residues in sediments and biota from the coastal area of Dares Salaam city, Tanzania. *Pollut. Bull.*, 45: 262-267. 2002.
- [40] M. Kishimba. International workshop on pesticides and other organic pollutants in Africa-monitoring and mitigation, Ouagadougou, Burkina-Faso. 24-29. 2005.
- [41] A. Diop. Diagnostic des pratiques d'utilisation et de quantification des pesticides dans la zone des Niayes de Dakar (Sénégal). Thèse de doctorat en Chimie Analytique, Université de Littoral Côte d'Opale (Côte d'Opale, France), 240 p. 2013.
- [42] S. Traore, M. Kone, A. Dembele, P. Lafrance, P. Mazellier, P. Houenou. Contamination de l'eau souterraine par les pesticides en régions agricoles en Côte d'Ivoire (centre, sud et sud-ouest). *Journal Africain des Sciences de l'Environnement*, 1: 1 – 9. 2006.
- [43] J. Gupta, Y. H. Siddique, T. Beg, G. Ara, M. Afzal. Protective role of green tea extract against genotoxic damage induced by anticancer drug and steroid compound, separately, in cultured human lymphocytes. *Pharmacologyonline* 3: 156-174. 2009.

- [44] S. Adam, A. Etorh, H. Totin, L. Koumolou, K. Aklikokou. Pesticides et métaux lourds dans l'eau de boisson, les sols et les sédiments de la ceinture cotonnière de Gogounou, Kandi et Banikoara (Bénin). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4, 1170–1179. 2010.
- [45] C. Bouchon, S. Lemoine. Niveau de contamination par les pesticides des chaînes trophiques des milieux marins côtiers de la Guadeloupe et recherche de biomarqueurs de génotoxicité. *Documentation ifrecor*, 71p. 2003. <http://ifrecor-doc.fr/items/show/1426>.
- [46] B. Kumari, V. K. Madan, T. S. Kathpal. « Status of insecticide contamination of soil and water in Haryana, India » *Environ Monit Assess.* 136: 239-244. 2008.
- [47] J. C. Akan, L. Jafiya, Z. Mohammed, F. I. Abdulrahman. Organophosphorus pesticide residues in vegetable and soil samples from Alau Dam and Gongulong agricultural areas, Borno State, Nigeria. *Int. J. Environ. Monit. Anal.* 1 (2): 58-64. 2013.