

Niveau de contamination saisonnière de la rivière Lobo (Daloa, Côte d'Ivoire) par les pesticides

[Seasonal contamination level of the Lobo River (Daloa, Ivory Coast) by pesticides]

Amadou Kone¹, Diarra Moussa¹, Coulibaly Yaya³, Kouadio David Léonce¹, N'Guettia Kossonou Roland², Meite Ladjji², Dibi Brou¹, and Traore Karim Sory²

¹Université Jean Lorougnon Guédé, Laboratoire des Sciences et Technologies de l'Environnement, UFR Environnement, BP: 150 Daloa, Côte d'Ivoire

²Université 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

³Université de San Pédro, code postale 01BP 1800 San Pedro 01, 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: The objective of this study was to assess the seasonal contamination of the Lobo River by pesticide residues from surrounding crops. Water samples were taken eight times, in the dry and wet seasons, at the exit of agricultural plots (upstream) and in the watercourse (downstream). These samples were analyzed using a SHIMAZU liquid chromatograph. The analyses revealed the presence of nine different pesticides in the samples. Mancozeb, 2, 4-D and deltamethrin were the most detected at respective mean concentrations of 0.767 µg/L; 9.437 µg/L; 10.953 µg/L upstream and 0.326 µg/L; 8.579 µg/L; 9.160 µg/L downstream. Furthermore, the measured concentrations generally exceeded the international standards recommended by WHO, both for the total pesticides and for most individual molecules. The results also showed that agricultural activities exerted significant pressure on the water quality of the Lobo River, especially during the rainy season. Pesticides used in crops were drained by runoff into the watercourse, contaminating the aquatic ecosystem.

KEYWORDS: contamination, pesticide, lobo river, dry season, wet.

RESUME: L'objectif de cette étude a été d'évaluer la contamination saisonnière de la rivière Lobo par les résidus de pesticides provenant des cultures environnantes. Des échantillons d'eau ont été prélevés à huit reprises, en saison sèche et humide, à la sortie des parcelles agricoles (amont) et dans le cours d'eau (aval). Ces échantillons ont été analysés à l'aide d'un chromatographe en phase liquide de marque SHIMAZU. Les analyses ont révélé la présence de neuf pesticides différents dans les échantillons. Le mancozèbe, le 2,4-D et la deltaméthrine ont été les plus détectés à des concentrations moyennes respectives de 0,767 µg/L; 9,437 µg/L; 10,953 µg/L en amont et 0,326 µg/L; 8,579 µg/L; 9,160 µg/L en aval. En outre, les concentrations mesurées ont généralement dépassé les normes internationales recommandées par l'OMS, tant pour l'ensemble des pesticides que pour la plupart des molécules individuelles. Les résultats ont également montré que les activités agricoles ont exercé une pression significative sur la qualité de l'eau de la rivière Lobo, en particulier pendant la saison des pluies. Les pesticides utilisés dans les cultures ont été drainés par le ruissellement vers le cours d'eau, contaminant ainsi l'écosystème aquatique.

MOTS-CLEFS: contamination, pesticide, rivière Lobo, saison sèche, humide.

1 INTRODUCTION

La pollution de l'environnement, en particulier celle des eaux par des substances chimiques, est considérée comme un problème crucial non seulement pour l'avenir, mais aussi en raison de son impact sur la population actuelle [1]. La production massive et l'utilisation généralisée de produits phytosanitaires dans les pays agricoles ont permis d'accroître les rendements des cultures [2]. La Côte d'Ivoire, comme la plupart des pays africains, est confrontée à de graves problèmes de pollution de ses ressources en eau. Cependant, en plus de leurs effets bénéfiques dans la protection des cultures et la préservation des récoltes, ces pesticides sont aujourd'hui à l'origine d'une pollution diffuse qui contamine l'écosystème aquatique [3]. En effet, l'utilisation de ces pesticides se fait sans aucune réglementation, mettant ainsi en danger le milieu naturel. La contamination des eaux de surface par les résidus de pesticides est préoccupante dans les régions où l'agriculture est pratiquée. Ces contaminants peuvent avoir des effets néfastes sur les écosystèmes aquatiques et représenter un danger pour les communautés humaines qui dépendent de ces ressources [4]. Le département de Daloa est riche en eaux de surface, la plus importante étant la rivière Lobo. Cette région se caractérise par une forte activité agricole, impliquant l'utilisation de divers pesticides pour protéger les cultures contre les ravageurs et les maladies. La rivière Lobo est fortement influencée par les activités anthropiques des populations riveraines.

L'objectif de cette étude est de réaliser une étude saisonnière du transfert des résidus de pesticides dans les eaux de surface de la Lobo en recherchant leur présence pendant deux saisons: la saison sèche et la saison des pluies.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Située au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, précisément entre 6°2 et 7°55 de longitude ouest et 6° et 6°55 de latitude nord (Figure 1), la rivière Lobo est l'un des principaux affluents en rive gauche du fleuve Sassandra. Elle couvre une superficie d'environ 12 722 km² et parcourt 355 km [5]. La Lobo se trouve dans le bassin du fleuve Sassandra, au cœur d'une zone agricole où l'on trouve une grande partie des plantations (cacao, café, hévéa, anacarde, etc.) ainsi que les cultures vivrières (riz pluvial, riz irrigué, banane, maïs, igname, manioc, banane plantain, arachide, etc.)

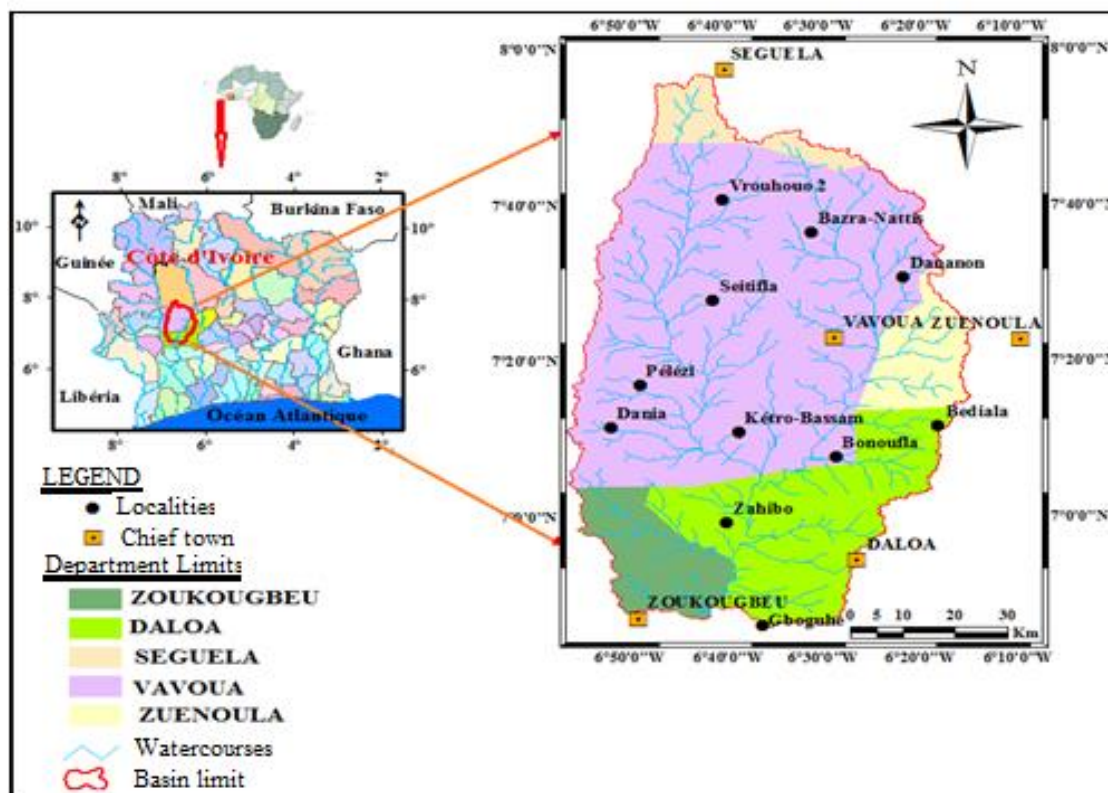


Fig. 1. Présentation de la zone d'étude

2.2 MATÉRIEL

Les prélèvements d'eau sont effectués à l'aide d'un échantillonneur en verre puis transférés dans des flacons en verre ambré de 2 L, préalablement nettoyés et décontaminés. Un film d'aluminium est placé sur l'ouverture de chaque flacon afin d'isoler l'échantillon du bouchon en plastique. Tous les échantillons sont conservés dans une glacière contenant la glace pendant leur transport et ensuite conservés au réfrigérateur jusqu'à leur analyse. Cette conservation a été faite à environ 4°C et la durée de conservation entre les prélèvements et l'extraction n'a pas excédé 7 jours.

2.3 SITE D'ÉCHANTILLONNAGE

L'étude a été réalisée sur le bassin versant de la rivière Lobo, un affluent du fleuve Sassandra situé d'une part entre les latitudes 6°18'N et 6°37'N, et d'autre part entre les longitudes 6°85'W et 7°02'W. Un site d'échantillonnage a été sélectionné en tenant compte des activités agricoles qui se déroulent autour de la Lobo et qui pourraient avoir un impact sur la pollution des eaux du bassin versant. Sur ce site, deux points de prélèvement ont été choisis. Le premier point de prélèvement se trouve en amont, c'est-à-dire à la sortie des parcelles agricoles situées. Le deuxième point se situe en aval, le long du cours de la rivière. Ce choix permet de mesurer la variabilité spatiale de la qualité de l'eau.

2.4 MOLÉCULES RECHERCHÉES

Les molécules des pesticides recherchées ont été le glyphosate, 2,4-D, l'imidaclopride, le deltaméthrine, le diméthoate, le chlorpyrifos, le carbofuran, le mancozèbe, le carbendazime et le lambda-cyhalothrine car elles sont les plus utilisées par les agriculteurs de la zone.

2.5 MÉTHODES

2.5.1 ECHANTILLONNAGE

Avant chaque prélèvement, tout le matériel a été rigoureusement nettoyé et décontaminé. Afin d'éliminer toute trace de pesticides, un protocole de lavage en plusieurs étapes a été mis en œuvre : lavage à l'acétone, rinçage à l'eau du robinet puis à l'eau milli-Q, nouveau rinçage à l'acétone et séchage à l'étuve. Les prélèvements ont été faits dans une zone où l'eau n'est pas stagnante et dans le sens du courant sur huit campagnes notamment en saison sèche et en saison des pluies. A chaque campagne, 24 échantillons composites ont été prélevés dont 12 à la sortie des plantations (en amont) et 12 en aval, dans le plan d'eau. Soit au total 192 échantillons dont 96 échantillons en amont et 96 dans le plan d'eau.

2.5.2 TECHNIQUES D'ANALYSES

Pour identifier et quantifier les pesticides présents dans les échantillons d'eau, nous avons opté pour des analyses chromatographiques. Afin de maîtriser les coûts, nous avons privilégié une méthode multi-résidus par chromatographie liquide haute performance (CLHP) couplée à un détecteur UV. Cette méthode, basée sur une extraction en phase solide (SPE) sur colonne C18, inclut un prétraitement spécifique des échantillons

2.5.2.1 PRÉTRAITEMENTS DES ÉCHANTILLONS D'EAU

- **Filtration**

L'échantillon brut est filtré à travers un filtre en fibres de verre Whatman GF/F de 47 mm de diamètre et 0,7 µm de porosité, afin d'éliminer la phase particulaire.

- **Extraction**

La solution contenant les molécules recherchées est passée à travers la cartouche SPE (Solid Phase Extraction) à un débit d'environ 2 mL/min. Après le passage de la totalité de l'échantillon sur la cartouche, celle-ci est rincée à l'eau ultra-pure (EUP). Ensuite, le réservoir est détaché et on fait passer un courant d'air pendant 15 minutes pour sécher la cartouche.

- **Élution**

Les pesticides fixés sur la phase stationnaire de la cartouche sont désorbés en faisant passer 3 mL de méthanol par gravité. Ce solvant, ayant moins d'interactions avec les interférents, est le plus efficace pour la récupération des phényl-urées. Une faible quantité de méthanol est utilisée afin d'obtenir un facteur de préconcentration élevé. La solution est recueillie goutte à goutte. Cette opération est répétée une seconde fois avec environ 2 mL de méthanol, puis une troisième fois avec environ 1 mL.

- **Concentration des résidus de pesticides**

Le solvant d'élution est évaporé dans un bain d'eau chaude (environ 40°C) sous un flux d'azote doux. Le résidu sec obtenu est dissous à nouveau dans 500 µL ou 1 mL de méthanol afin de le placer dans les conditions initiales de la phase mobile pour la chromatographie liquide à haute performance (CLHP). L'extrait dilué dans le méthanol est filtré à travers un filtre de 0,45 µm, puis transféré dans une ampoule (vial) à l'aide d'une seringue de 1 mL pour analyse. Le pH de la silice greffée est de 2 à 7,5.

2.5.2.2 ANALYSES INSTRUMENTALES

L'analyse a été réalisée avec un chromatographe liquide « WATERS » équipé d'un dégazeur, d'une pompe à quatre solvants « WATERS 600 E », d'un passeur/préparateur/injecteur automatique d'échantillons « WATERS 717 », et d'un détecteur UV-visible à barrettes de diodes « WATERS 996 ». L'enregistrement et le post-traitement des résultats ont été effectués sur un ordinateur équipé du logiciel « HPLC Solution », fonctionnant sous environnement Windows. La séparation des pesticides a été effectuée par chromatographie de partage à polarité de phase inversée, en utilisant une colonne SHIMADZU RX-C18 de type Shim-Pack (4,6 x 150 mm, 3,5 µm) remplie de microbilles de silice greffée n-alkylée de 3 µm de diamètre (Bischoff Chromatography). Une pré-colonne (10 x 4,6 mm) remplie avec la même phase absorbante C18 a été installée avant la colonne analytique pour la protéger d'un éventuel colmatage. La phase mobile était composée essentiellement de solvants polaires, notamment le méthanol ou l'acétonitrile, tous deux certifiés pour analyses CLHP. Le temps d'analyse a été de 80 minutes par échantillon, le volume d'échantillon injecté était de 80 µL, et le débit de la pompe était de 0,7 mL/min. Ce protocole assure une séparation et une détection précises des pesticides, permettant des résultats fiables et reproductibles. La détection a été réalisée grâce à un détecteur UV multicanaux. Le maximum d'absorption se situant vers 240 nm, les solutés entrant dans le détecteur ont été soumis à un rayonnement UV allant de 190 à 360 nm.

2.5.2.3 ÉTALONNAGE, LIMITES DE DETECTION ET DE QUANTIFICATION

La limite de détection correspond à la plus petite concentration ou teneur de l'analyte pouvant être détectée avec une incertitude acceptable, mais non quantifiée, dans les conditions expérimentales décrites par la méthode [6]. Quant à la limite de quantification, elle est définie comme la concentration au-delà de laquelle les pesticides peuvent être identifiés de manière sûre et quantifiés précisément. En deçà de cette limite, leur quantification n'est pas assurée en raison des limites techniques de l'appareillage. Dans les conditions d'analyse, la limite de quantification est de 0,02 µg/L pour la plupart des molécules recherchées, ce qui est suffisamment bas pour notre étude. Chaque valeur supérieure à ce seuil est donc parfaitement quantifiable avec une précision de l'ordre de 0,005 µg/L.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le tableau 1 présente les concentrations des résidus de pesticides détectés dans les échantillons collectés en amont (à la sortie des plantations) et en aval (dans la Lobo) pendant la saison sèche et la saison pluvieuse. Les analyses des échantillons d'eau prélevés ont révélé la présence de dix résidus de pesticides, dont le glyphosate, le mancozèbe, la lambda-cyhalothrine, le 2,4-D, l'imidaclopride, la deltaméthrine, la diméthoate, le chlorpyrifos, le carbofuran et la carbendazime. Les concentrations les plus élevées ont été observées pour la deltaméthrine (10,953 µg/L) en amont des plantations, suivie du 2,4-D (9,437 µg/L), du carbofuran (0,807 µg/L), du carbendazime (0,779 µg/L), du mancozèbe (0,767 µg/L), de la lambda-cyhalothrine (0,744 µg/L), du glyphosate (0,743 µg/L), de l'imidaclopride (0,496 µg/L), du diméthoate (0,492 µg/L) et du chlorpyrifos (0,372 µg/L).

Les résultats ont montré le transfert significatif des pesticides utilisés en maraîchage vers les cours d'eau, corroborant ainsi les travaux antérieurs de [7]. Ces derniers ont également souligné l'importance des mirides et des produits phytosanitaires pendant la période de novembre à mai, comme observé par [8]; [9] dans des contextes similaires.

Tableau 1. Concentrations saisonnières des pesticides

Molécules de Pesticides	Sites	Saison sèche			Saison pluvieuse					Paramètres statistiques	
		Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Moyenne	Ecart-type
Glyphosate	Amont	1,240	0,640	0,804	0,723	0,600	0,750	0,719	0,470	0,743	0,226
	Aval	0,719	0,213	0,112	0,220	0,213	0,530	0,416	0,490	0,364	0,208
Mancozèbe	Amont	1,380	0,510	0,550	0,860	1,285	0,690	0,570	0,293	0,767	0,385
	Aval	0,823	0,217	0,113	0,510	0,474	0,107	0,223	0,141	0,326	0,254
Lambda-Cyhalothrine	Amont	0,835	0,570	0,690	0,350	0,760	1,170	0,293	1,285	0,744	0,353
	Aval	0,350	0,223	0,107	0,835	0,071	0,035	0,035	0,835	0,311	0,340
2,4-D	Amont	4,123	4,030	4,040	10,182	13,804	13,640	12,314	13,365	9,437	4,592
	Aval	4,025	3,015	3,022	9,025	12,053	12,019	12,110	13,365	8,579	4,505
Imidaclopride	Amont	0,690	1,240	0,510	0,380	0,350	0,645	0,030	0,123	0,496	0,379
	Aval	0,112	0,719	0,113	0,813	0,107	0,835	0,015	0,168	0,362	0,361
Deltaméthrine	Amont	15,890	12,810	10,540	11,330	8,490	10,021	9,027	9,515	10,953	2,416
	Aval	11,348	10,380	10,390	10,310	8,290	7,011	6,035	9,512	9,160	1,866
Diméthoate	Amont	0,474	0,407	0,223	0,341	0,835	0,710	0,550	0,393	0,492	0,200
	Aval	0,327	0,240	0,030	0,030	0,123	0,060	0,005	0,390	0,151	0,149
Chlorpyrifos	Amont	0,194	0,230	0,217	0,142	0,823	0,670	0,360	0,336	0,372	0,246
	Aval	0,035	0,220	0,150	0,185	0,625	0,530	0,190	0,263	0,275	0,200
Carbofuran	Amont	0,314	1,840	0,973	0,456	0,310	1,380	0,817	0,367	0,807	0,564
	Aval	0,043	0,719	0,246	0,232	0,036	1,024	0,327	0,377	0,376	0,339
Carbendazime	Amont	1,285	0,747	0,354	0,293	1,285	0,747	0,354	1,170	0,779	0,425
	Aval	0,835	0,262	0,268	0,035	0,835	0,262	0,268	0,645	0,426	0,302

La figure 2 et 3 ont présenté les concentrations des résidus de chaque pesticide étudié respectivement en amont (à la sortie des plantations) et en aval (dans la Lobo) pendant la saison sèche de février 2022 à avril 2022. Il ressort des figures 2 et 3, que pendant la saison sèche (février, mars, avril), le deltaméthrine et le 2,4-D ont été les résidus de pesticides les plus fréquents. En amont et en aval, le deltaméthrine présente les concentrations les plus élevées. En amont, elles sont respectivement de 15,890 µg/L, 12,810 µg/L et 10,540 µg/L en février, mars et avril, tandis qu'en aval, pendant la même période, ces concentrations sont respectivement de 11,348 µg/L, 10,380 µg/L et 10,390 µg/L.

Quant au 2,4-D, ses concentrations en amont sont de 4,123 µg/L en février, 4,030 µg/L en mars et 4,040 µg/L en avril, tandis qu'en aval, elles sont de 4,025 µg/L, 3,015 µg/L et 3,022 µg/L respectivement en février, mars et avril. Cette étude confirme l'utilisation de produits phytosanitaires en amont (à la sortie des plantations) et en aval (dans la rivière Lobo) pendant la saison sèche et la saison pluvieuse. Cela pourrait s'expliquer par le fait que cette période constitue la période de traitement des anciens champs et la création de nouvelles plantations. La présence de résidus de pesticides en amont et en aval des cours d'eau a également été observée par plusieurs auteurs [8]; [10].

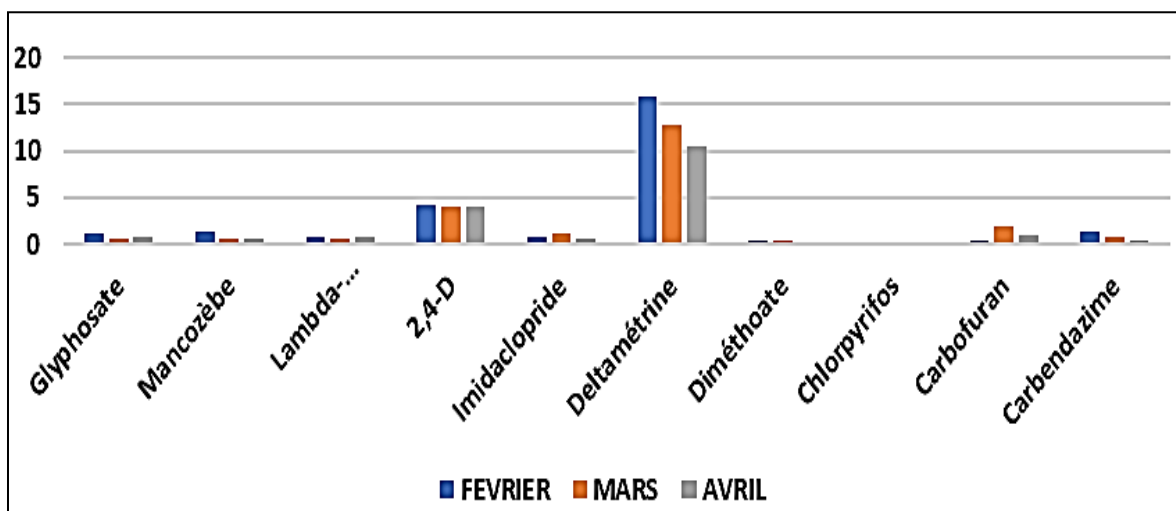


Fig. 2. Concentrations des résidus de pesticide en amont en saison sèche

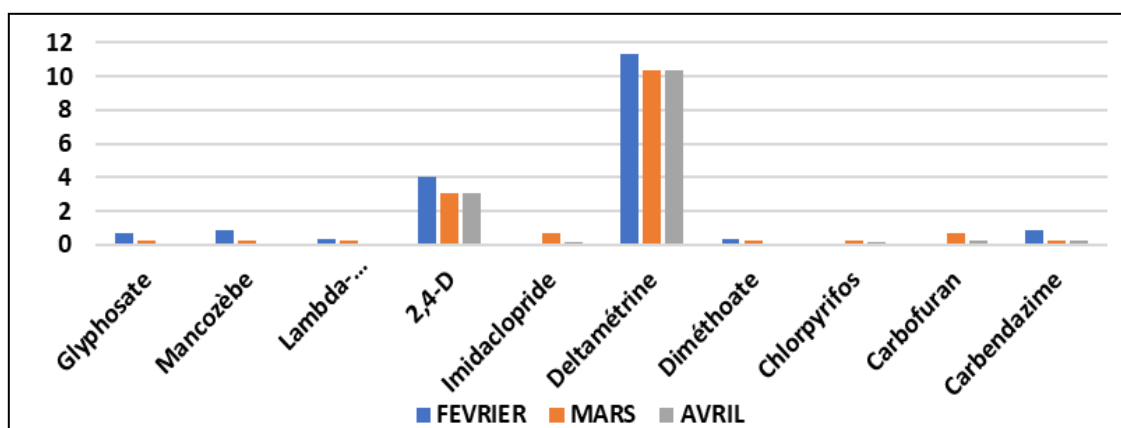


Fig. 3. Concentrations des résidus de pesticide en aval en saison sèche

Les figure 4 et 5 montrent les concentrations des résidus de pesticide en amont et en aval en saison pluvieuse. Les résultats ont montré que pendant la saison pluvieuse (mai, juin, juillet, août, septembre), le 2,4-D et la deltaméthrine sont encore les pesticides les plus utilisés. Cependant, en amont comme en aval, le 2,4-D présente les concentrations les plus élevées. En amont, elles sont respectivement de 10,182 µg/L, 13,804 µg/L, 13,640 µg/L, 12,314 µg/L et 13,365 µg/L en mai, juin, juillet, août et septembre, avec un pic en juin. En aval, pendant la même période, les concentrations de 2,4-D sont respectivement de 12,053 µg/L, 10,380 µg/L, 12,019 µg/L, 12,110 µg/L et 13,365 µg/L, avec un pic en septembre.

Quant à la deltaméthrine, ses concentrations en amont sont de 11,330 µg/L en mai, 8,490 µg/L en juin, 10,021 µg/L en juillet, 9,027 µg/L en août et 9,515 µg/L en septembre, avec un pic en mai. En aval, elles sont de 10,310 µg/L, 8,290 µg/L, 7,011 µg/L, 6,035 µg/L et 9,512 µg/L respectivement en mai, juin, juillet, août et septembre, avec un pic également en mai.

Cela pourrait s'expliquer par le fait que les fortes pluies entraînent un ruissellement accru, transportant les résidus de pesticides des champs vers les cours d'eau. Des études similaires réalisées en Côte d'Ivoire [11] et au Kenya [12] ont révélé que les précipitations pendant la saison pluvieuse favorisent l'accumulation de résidus de pesticides.

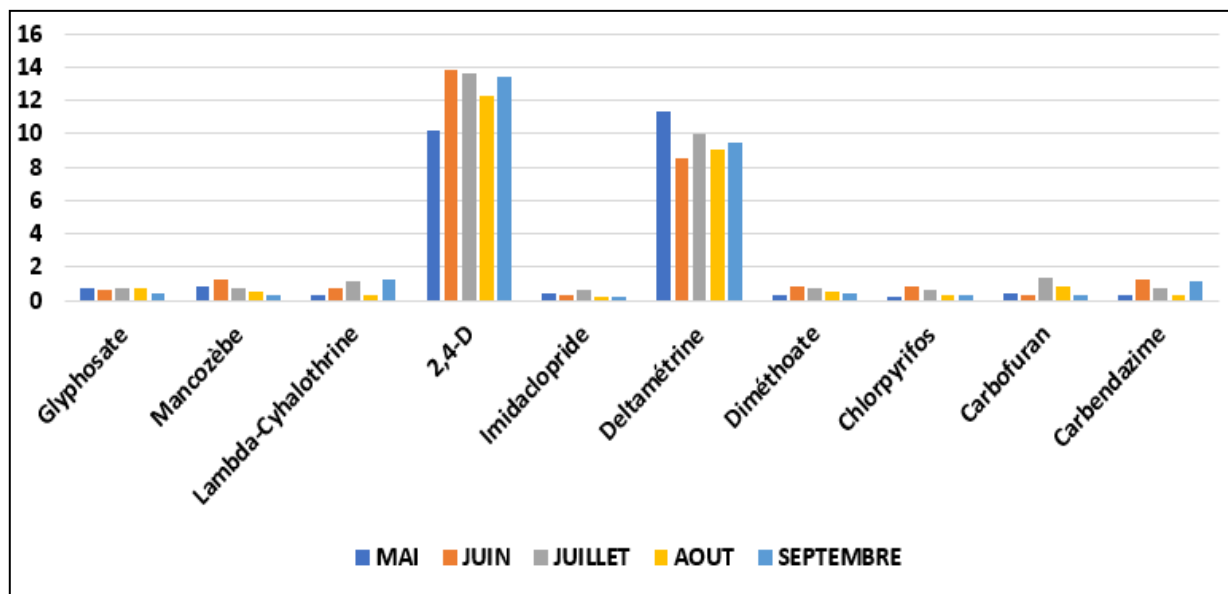


Fig. 4. Concentrations des résidus de pesticide en amont en saison pluvieuse

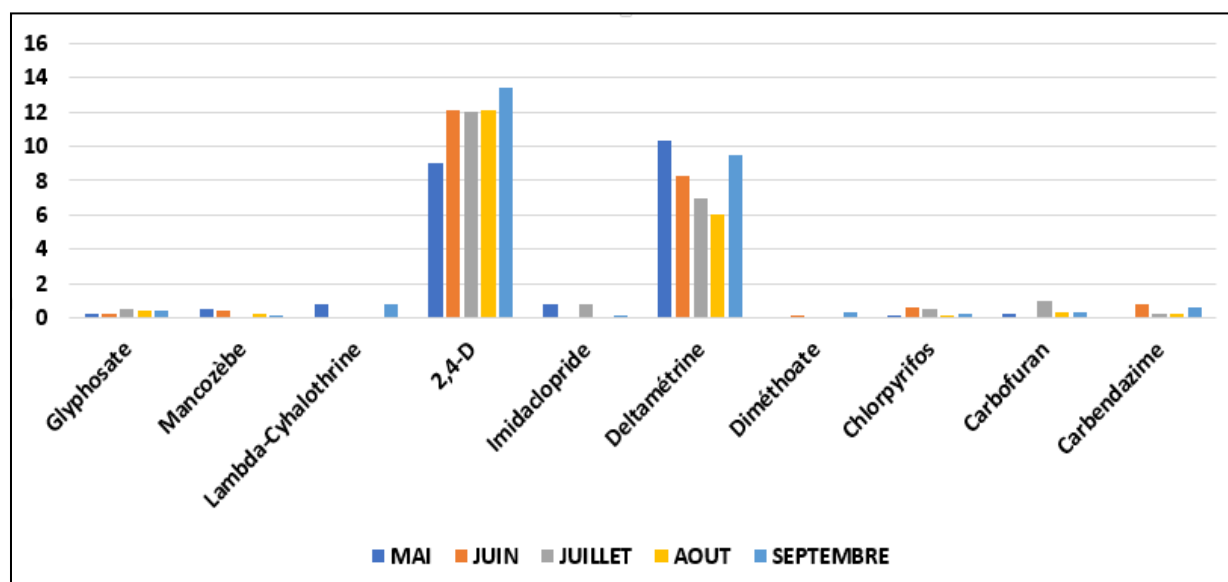


Fig. 5. Concentrations des résidus de pesticide en aval en saison pluvieuse

Les figures 6 et 7 ont présenté les concentrations en résidus de différents pesticides mesurés à deux endroits: en amont et en aval d'un cours d'eau. Les résultats de notre étude ont montré que la concentration moyenne de produits phytosanitaires dans la rivière Lobo est de 2,030 µg/L, ce qui est supérieur à la valeur maximale autorisée de 0,5 µg/L pour le total des pesticides recherchés [13] (Figure 7).

De plus, chaque molécule prise individuellement présente une concentration supérieure aux normes, dont la valeur maximale autorisée est fixée à 0,1 µg/L (Figure 6).

Cependant, cette concentration moyenne obtenue est acceptable comparée à celle des lagunes Aguien (72,43 µg/L) et Potou (163,43 µg/L) [14]. Toutefois, les pesticides pris dans leur ensemble, tant en amont (2,560 µg/L) qu'en aval (2,030 µg/L), présentent des concentrations supérieures aux normes internationales (0,5 µg/L).

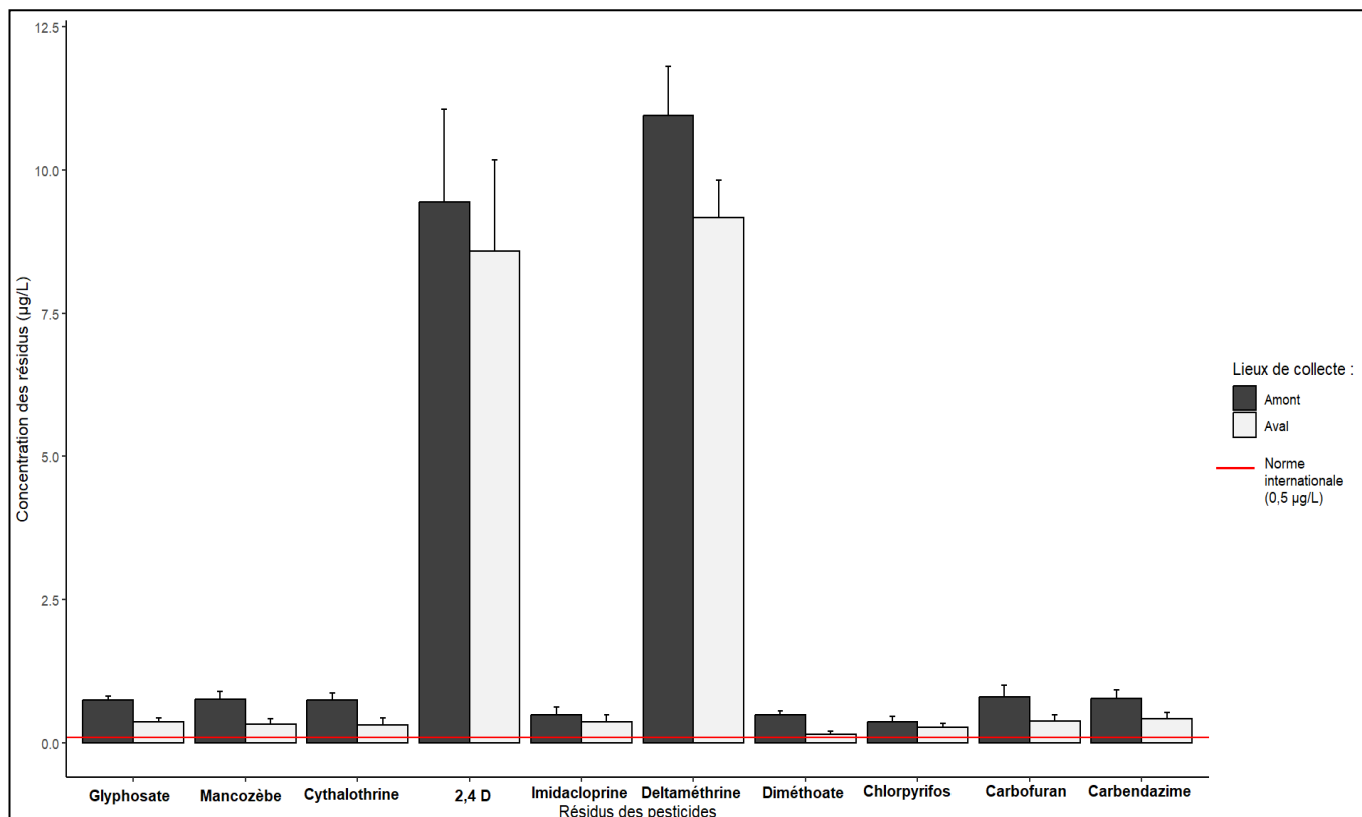


Fig. 6. Comparaison de la teneur en résidu de chaque pesticide en amont et en aval avec les normes internationales

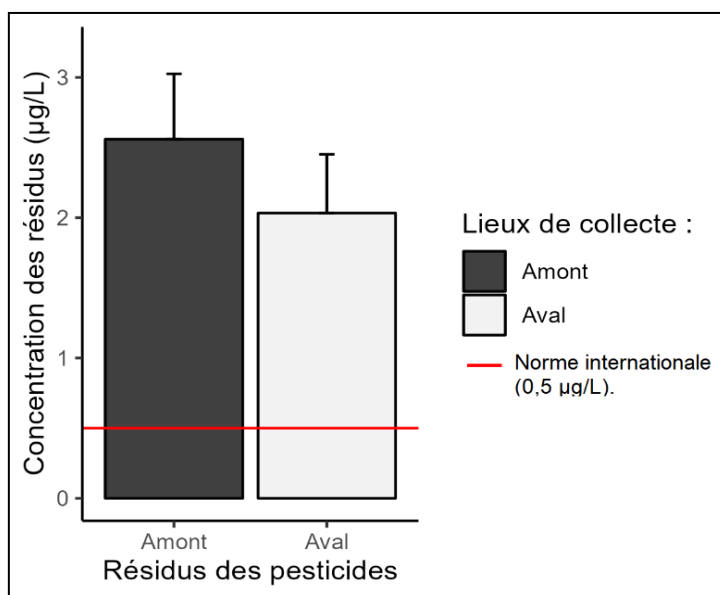


Fig. 7. Comparaison de la teneur en résidu de l'ensemble des pesticides avec les normes internationales

4 CONCLUSION

Les résultats de cette étude ont permis de caractériser de manière approfondie la contamination de la rivière Lobo par les produits phytosanitaires. Les analyses réalisées en saison sèche et en saison des pluies ont révélé la présence régulière de neuf pesticides fréquemment utilisés dans les cultures environnantes: deltaméthrine, glyphosate, imidaclopride, mancozèbe, lambda-cyhalothrine, carbofuran, carbendazime, chlorpyrifos et diméthoate. La concentration moyenne de l'ensemble des pesticides détectés dans la rivière Lobo a été estimée à 2,030 µg/L, soit largement supérieure aux normes de qualité de l'eau

potable fixées par l'OMS (0,5 µg/L). En outre, les concentrations individuelles de la plupart des pesticides dépassent la norme 0,1 µg/L recommandée par l'OMS. Ces résultats confirment que les activités agricoles proche du bassin versant de la Lobo exercent une pression significative sur la qualité de l'eau de la rivière. En effet, les pesticides, une fois épandus sur les cultures, sont susceptibles d'être lessivés par les pluies et de contaminer les cours d'eau.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

AK est l'auteur principal de ce travail et a participé à toutes les étapes de sa réalisation. DM a assuré la supervision générale des travaux effectués.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les vendeurs des produits phytosanitaires du village, les planteurs et les producteurs maraîchers des sites d'études et les responsables du laboratoire de l'Institut Nationale de l'Hygiène Publique (INHP) de Daloa pour leur contribution dans la collecte et les analyses des données. Nos remerciements vont aussi à l'endroit des relecteurs anonymes dont leurs critiques et suggestions nous ont permis d'améliorer cet article.

REFERENCES

- [1] D., Brou, K. L., Kouassi, K. I., Kouamé, K. S., Konan, M., Soumahoro, W. A. B., Konan, D., Gnagri, (2013). Evaluation de la vulnérabilité à la pollution des aquifères des formations altérites à partir des méthodes DRASTIC et SYNTACS: Cas de la ville de M'bahiakro, Centre de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 2 (4), 464-476.
- [2] M., Gbénonchi (2008). Bilan environnemental de l'utilisation de pesticides organochlorés dans les cultures de coton, café et cacao au Togo et recherche d'alternatives par l'évaluation du pouvoir insecticide d'extraits de plantes locales contre le scolyte du café (*Hypothenemus hampei* Ferrari). 332p.
- [3] M., Haro, I., Guiguemde, F., Diendere, I., Bani, M., Kone, M., Soubeiga, A., Bary, (2013). Effect of the Kossodo Industrial wastewater discharges on the physico chemical quality of Massili River in Burkina Faso. *Research Journal of Chemical Sciences*.
- [4] F., Eba, A. A., Diallo, L., Coulibaly, (2010). Pesticides et contamination des eaux en Afrique de l'Ouest: Le cas de la Côte d'Ivoire. *Journal of Environmental Protection*, 1 (3), 327-334.
- [5] A., B. Yao (2015). Evaluation des potentialités en eau du bassin versant de la Lobo en vue d'une gestion rationnelle (centre-ouest de la côte d'ivoire). Thèse de doctorat, Option: Géosciences et Environnement, Université Nangui Abrogoua (Abidjan, Côte d'Ivoire), 193p.
- [6] RIMA-OIV (2010) RIMA-OIV, 2010. Recueil international des méthodes d'analyses – OIV. Indice de Folin-Ciocalteu, Méthode OIV-MA-AS2-10.
- [7] K. N., Kouadio, K., Tano, J., Biemi, (2008). «Contamination des Eaux de Surface par les Pesticides en Côte d'Ivoire: Cas de la Rivière Lobo.» *Journal Africain des Sciences de l'Environnement*, 2 (1), 22-30.
- [8] K. A., Congo (2013). Risques sanitaires associées à l'utilisation de pesticides autour de petites Retenues: Cas du barrage de Loumbila. Mémoire de Master en ingénierie de l'eau et de l'environnement, option: Eau et Assainissement, Institut International d'Ingénierie (Ouagadougou, Burkina Faso), 57 p.
- [9] N., Nehme, (2014). Évaluation de la qualité de l'eau du bassin inférieur de la rivière du Litani, Liban: approche environnementale. *France: Université de Lorraine*, 359p.
- [10] A. A., Adingra, A. M., Kouassi (2011). Pollution en lagune Ebrié et ses impacts sur l'environnement et les populations riveraines. F. Tech. & Doc. Vulg.: 48-53.
- [11] A., Adewale, A., Kouadio, F., Assogba-Komlan, (2022). «Impact of Agricultural Practices on Water Quality in Ivorian Agroecosystems during the Rainy Season.» *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 57 (4), 297-309.
- [12] J. K., Mwangi, J. M., Wanyama, J., K. Mburu, (2020). «Effects of Rainfall on Pesticide Residue Levels in Tea Plantations of Central Kenya. », 86 (2), 113-126.
- [13] OMS (Organisation Mondiale de la Santé). (2011). Guidelines for Drinking-water Quality. World Health Organization, Fourth Edition; Genève, Suisse, 541p.
- [14] A., Traoré, k. E., Ahoussi, N., Aka, A., Traoré, N., Soro (2015). Niveau de contamination par les pesticides des eaux des lagunes Aghien et Pouto (sud-est de la Côte d'Ivoire). *Int. J. Pure App. Biosci.* 3 (4), pp: 312-322.