

Évaluation de la pollution des ressources en eau par les activités agricoles dans le bassin versant de la Loka dans le département de Sakassou, Côte d'Ivoire

Kouamé Jean-Paul KONAN*, Koffi Théodore YAO et Bernard ADIAFFI

Université Félix Houphouët Boigny, UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Laboratoire des Sciences du Sol, de l'Eau et des Géomatériaux, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

(Reçu le 04 Août 2022 ; Accepté le 05 Octobre 2022)

* Correspondance, courriel : konankouamejeanpaul1@outlook.com

Résumé

Cette étude évalue la pollution des eaux de surface par les pesticides utilisés en riziculture irriguée dans la rivière Loka afin de prévenir d'éventuels risques sanitaires. Pour se faire, dix points d'eau de la Loka ont été échantillonnés. Ensuite, les anions et les résidus de pesticides ont été analysés respectivement par spectrophotométrie d'absorption et par chromatographie liquide à haute performance (HPLC) en utilisant l'extraction liquide-liquide. Enfin, les indices de contamination des eaux de surface ont été déterminés. Les résultats montrent l'utilisation de trois grandes familles de pesticides, à savoir les herbicides (89 %), les fongicides (2 %) et les insecticides (9 %). Les résultats des paramètres physico-chimiques montrent que la qualité de l'eau de la Loka est conforme aux normes de l'eau potable proposées par l'OMS, à l'exception de l'ion phosphate. De même, l'analyse des résidus de pesticides par le HLPC montre que la concentration moyenne de glyphosate mesurée dans les eaux de la Loka est de 3716,60 µg/L est très largement supérieur aux normes OMS de 0,01 µg/L. De plus, le PCI et le DPI révèlent que toutes les eaux sont de très mauvaise qualité.

Mots-clés : *pesticides, Sakassou, Loka, pollution, eau, indice de contamination.*

Abstract

Evaluation of the pollution of water resources by agricultural activities in the Loka watershed, in the department of Sakassou, Ivory Coast

This study assesses surface water pollution by pesticides used in irrigated rice production in the Loka River to prevent potential health risks. To do this, ten water points in the Loka River were sampled. Then, anions and pesticide residues were analyzed by absorption spectrophotometry and high-performance liquid chromatography (HPLC), respectively, using liquid-liquid extraction. Finally, surface water contamination indices were determined. The results show the use of three main families of pesticides, namely herbicides (89 %), fungicides (2 %), and insecticides (9 %). The results of the physicochemical parameters show that the quality of the Loka water complies with the drinking water standards proposed by the WHO, with the exception of the phosphate ion. Similarly, the analysis of pesticide residues by the HLPC shows that the average concentration of glyphosate measured in the Loka water is 3716.60 µg/L which is far above the WHO standards of 0.01 µg/L. Moreover, the ICP and IPR reveal that all the waters are of very poor quality.

Keywords : *pesticides, Sakassou, Loka, pollution, water, contamination index.*

1. Introduction

L'intensification des pratiques agricoles depuis les années 50 s'est accompagnée de l'usage à grande échelle des pesticides organiques et de synthèse [1, 2]. La nécessité d'accroître les rendements agricoles pour faire face aux besoins d'une population sans cesse croissante, s'est accommodée de l'usage des pesticides sur toutes les exploitations agricoles dans les pays africains [3, 4]. La Côte d'Ivoire, pays à économie principalement agricole, utilise une importante quantité (22.000 tonnes/an) de pesticides [5] dans ses nombreuses plantations menacées par les adventices et les insectes ravageurs de toutes sortes [6]. Aujourd'hui encore, le secteur agricole représente le quart de son produit intérieur brut et occupe près d'une personne sur deux en âge de travailler [7]. Cependant, cette utilisation à grande échelle des pesticides sont toxiques pour les êtres vivants et l'environnement [8, 9]. En effet, certains présentent des risques sanitaires avec des effets cancérigènes et endocriniens sur la population humaine [5, 10]. D'autres, diffusent dans les eaux souterraines et de surface [11 - 13] car seulement 0,3 % des pesticides pulvérisés dans les champs atteignent leur cible, le reste se disperse dans le milieu en contaminant l'air, le sol et l'eau [13]. En 1983, l'état ivoirien a créé une rizière qui s'étend de part et d'autre de la Loka sur une superficie de 400 hectares. L'eau utilisée dans la rizière est ensuite déversée dans la Loka. Par conséquent, cette eau devient vulnérable à la pollution dues aux pesticides. Ce qui pourrait avoir des conséquences sanitaires graves sur les paysans qui la consomment pour la boisson et la cuisson des aliments. L'objectif de cette étude est de déterminer le niveau de pollution des eaux de la Loka en vue de prévenir les risques sanitaires liés à l'ingestion des pesticides contenues dans les eaux. Plus spécifiquement, il s'agit de :

- déterminer la qualité physico-chimique des eaux de la Loka ;
- mettre en évidence la présence de résidus de produit phytosanitaire dans la Loka ;
- évaluer l'impact éventuel de ces produits sur la santé de la population.

2. Matériel et méthodes

2-1. Zone d'étude

La zone d'étude se trouve dans la région du gbêkê précisément dans le département de Sakassou entre les latitudes $7^{\circ} 25' 00''$ et $7^{\circ} 45' 00''$ Nord et les longitudes $5^{\circ} 5' 00''$ et $5^{\circ} 25' 00''$ Ouest (**Figure 1**). La Loka est l'un des principaux cours d'eau du réseau hydrographique du Kan, affluent de rive droite du Bandama blanc. Elle naît dans le horst granitique au nord-ouest de Bouaké, à environ 400 m d'altitude [14].

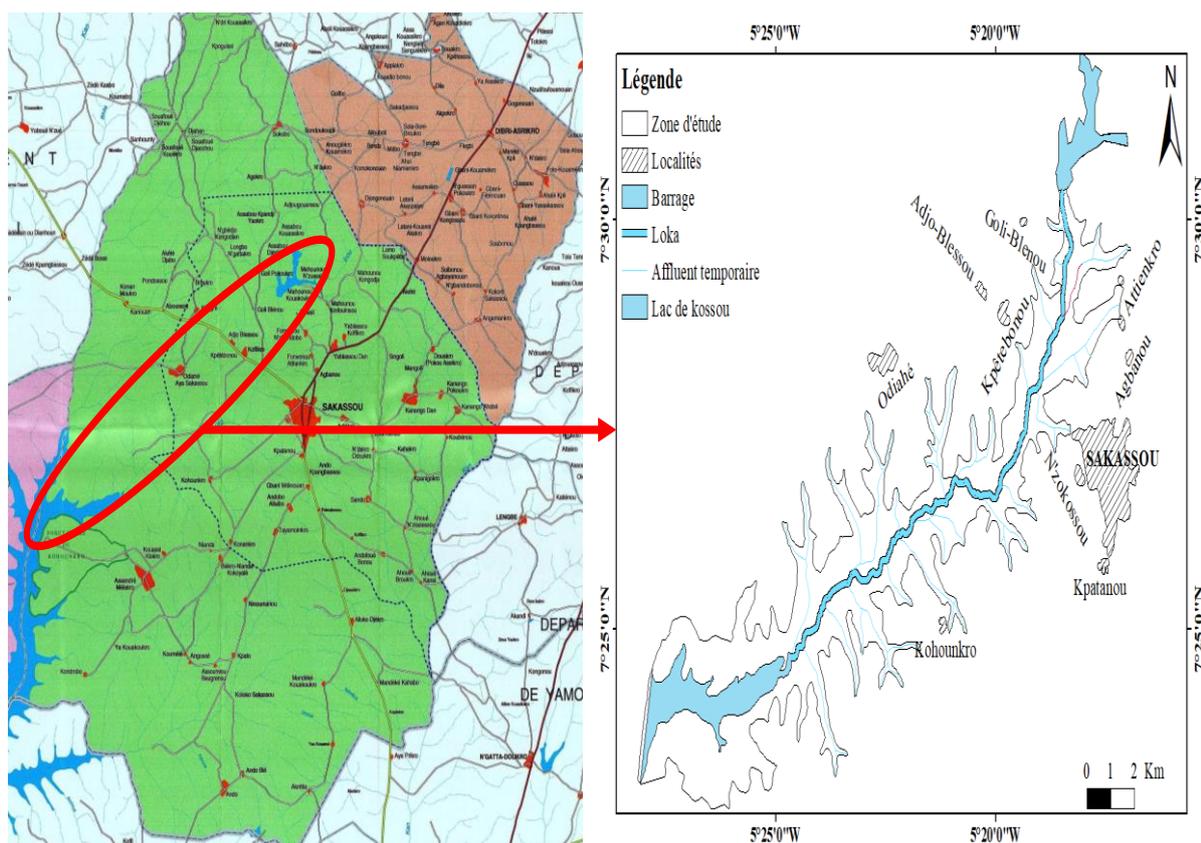


Figure 1 : Présentation de la zone d'étude

2-2. Échantillonnage et technique d'analyse au laboratoire

À la suite d'une enquête réalisé auprès de dix commerçants de la ville de Sakassou et de quarante agriculteurs des villages environnants, le glyphosate et l'atrazine ont été choisies pour la représentativité de leurs molécules dans les herbicides non sélectifs et sélectifs utilisés dans la zone. Les données ont été obtenues sur des échantillons d'eau de surface lors d'une campagne de terrain de 3 jours (24 au 27 juillet 2018). Les sites de prélèvement ont été choisis en fonction de leur accessibilité et de manière à couvrir toute la zone d'étude depuis le barrage en amont jusqu'au déversement de la Loka dans la retenue d'eau du barrage de Kossou. Les échantillons ont été prélevés en dix points le long de la Loka dans des flacons en PVC d'une capacité d'un litre pour l'analyse des anions et des bouteilles en verre Océan PP28 1000 ml pour l'analyse des molécules de pesticides selon le protocole d'échantillonnage de l'eau de surface pour l'analyse des métaux en traces [15]. Au total 20 échantillons (10 échantillons pour les pesticides et 10 pour les anions) ont été analysés en Septembre 2018. Les anions et les molécules de pesticides ont respectivement été analysés par spectrophotométrie d'absorption par chromatographie liquide haute performance. Les concentrations sont déterminés selon l'Équation (1) suivante :

$$C_p = \frac{S_c \times C_e \times V_2 \times V_f \times F}{S_e \times M_e \times V_1} \quad (1)$$

C_p étant la concentration de la matière active en mg/L, S_c la surface du pic de l'échantillon, S_e la surface du pic du standard, C_e la concentration du standard (mg/L), V_1 le volume à purifier en L, V_2 le volume après purification en L, V_f le volume final en L, M_e le volume de l'échantillon en L et F le facteur de dilution.

Pour faciliter l'exploitation des données, une analyse statistique a été effectuée afin de déterminer les valeurs extrêmes (minimum et maximum), les moyennes, les écart-types et le coefficient de variation. Deux types d'indices ont été déterminés au cours des travaux. Il s'agit de l'indice de contamination pesticide (ICP) et l'indice d'altération pesticide (IAP) qui permettent une appréciation du degré de contamination et donc du niveau de pollution des eaux [16].

3. Résultats

3-1. Enquête sur les pesticides utilisés dans la zone d'étude

L'enquête réalisée auprès de 10 commerçants et 40 agriculteurs a révélé que les pesticides utilisés dans la zone sont répartis en 3 grands familles (*Figure 2*) suivant l'espèce cible à savoir les herbicides (89 %), les insecticides (9 %) et les fongicides (2 %).

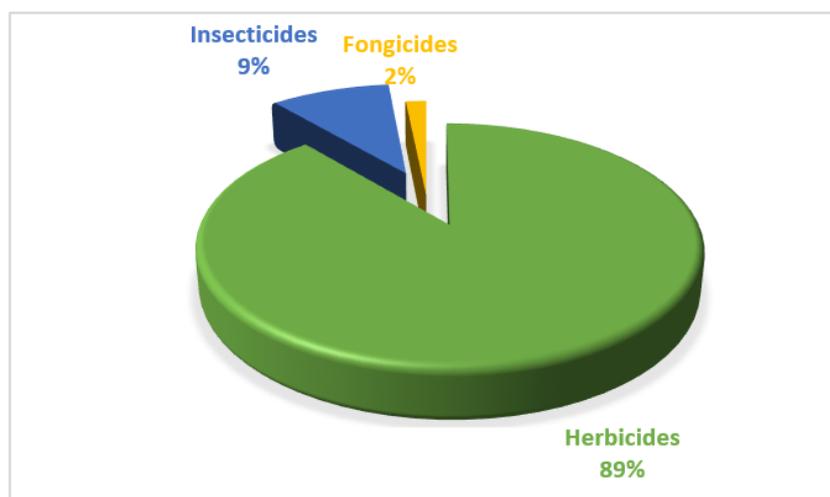


Figure 2 : Proportion des familles de pesticides utilisés dans la zone suivant la cible

Les herbicides qui sont les pesticides les plus utilisés (89 %) se composent principalement à 47 % de glyphosate, à 12,50 % de 2,4-D Sel d'amine et à 2,80 % d'atrazine (*Figure 3*).

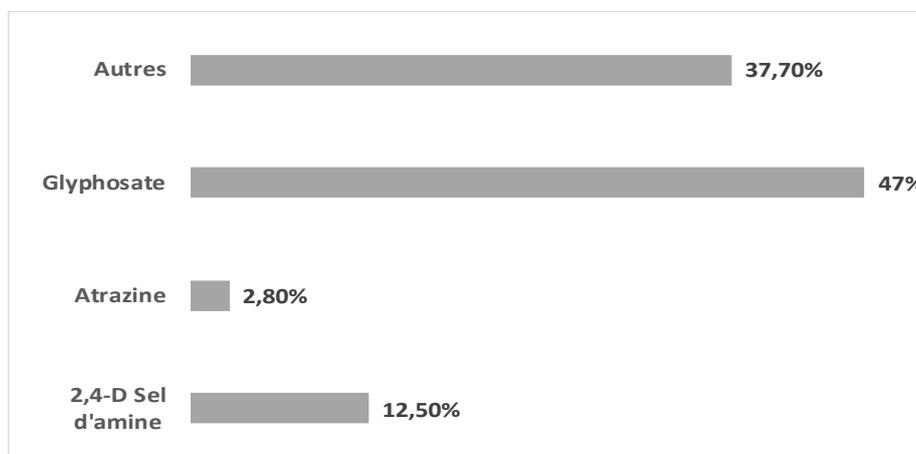


Figure 3 : Proportion des molécules de pesticides dans les herbicides utilisés dans la zone

3-2. Paramètres physiques et chimiques

Les résultats de la mesure des paramètres physico-chimiques des eaux de la Loka sont reportés dans le **Tableau 1**. La température varie entre 25,4°C et 27,8°C avec une moyenne de 26,3°C et un coefficient de variation de 2,66. La conductivité des eaux quant à elle varie de 60 µS/cm à 140 µS/cm avec une moyenne de 97 µS/cm et un coefficient de variation (Cv) de 22,82 qui traduit une distribution peu homogène de la conductivité. Les valeurs du pH fluctuent entre 6,3 et 6,8 avec une moyenne de 6,7 et un coefficient de variation de 2,40 % qui montre une dispersion homogène. Les solides totaux dissous présentent des valeurs qui se situent entre 30 mg/L et 60 mg/L avec une moyenne de 47 mg/L et un coefficient de variation de 20,19 % qui révèle une très faible dispersion. Les anions analysés présentent les valeurs qui varient entre 7,17 mg/L et 12,35 avec une moyenne de 8,97 mg/L pour les chlorures, entre 3,87 mg/L et 5,38 mg/L avec une moyenne de 4,31 mg/L pour les nitrates, entre 216,87 mg/L et 257,67 mg/L avec une moyenne de 233,15 mg/L pour les sulfates et entre 9,61 mg/L et 26,59 mg/L avec une moyenne de 13,72. Les coefficients de variation de 38,33 % pour les phosphates, de 17,50 % pour les chlorures, de 11,11 % pour les nitrates, et de 5,75 % pour les sulfates traduisent une homogénéité moyenne à forte. Les mesures et analyses effectuées montrent que les eaux de la Loka sont conformes aux normes OMS sauf pour le phosphate (**Figure 4**).

Tableau 1 : Paramètres physico-chimiques des eaux

Paramètres	T° C	CE	pH	TDS	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻
Minimum	25,4	60	6,3	30	7,17	3,87	9,61	216,87
Maximum	27,8	140	6,8	60	12,35	5,38	26,59	257,67
Moyenne	26,3	97	6,7	47	8,97	4,32	13,72	233,15
Écart-type	0,70	22,14	0,16	9,49	1,57	0,48	5,26	13,41
Cv	2,66	22,82	2,40	20,19	17,50	11,11	38,33	5,75
Normes [1]	22 à 25	>400	6,5 < pH < 9,5	<1000	≤ 250	≤ 50	≤ 0,05	≤ 250

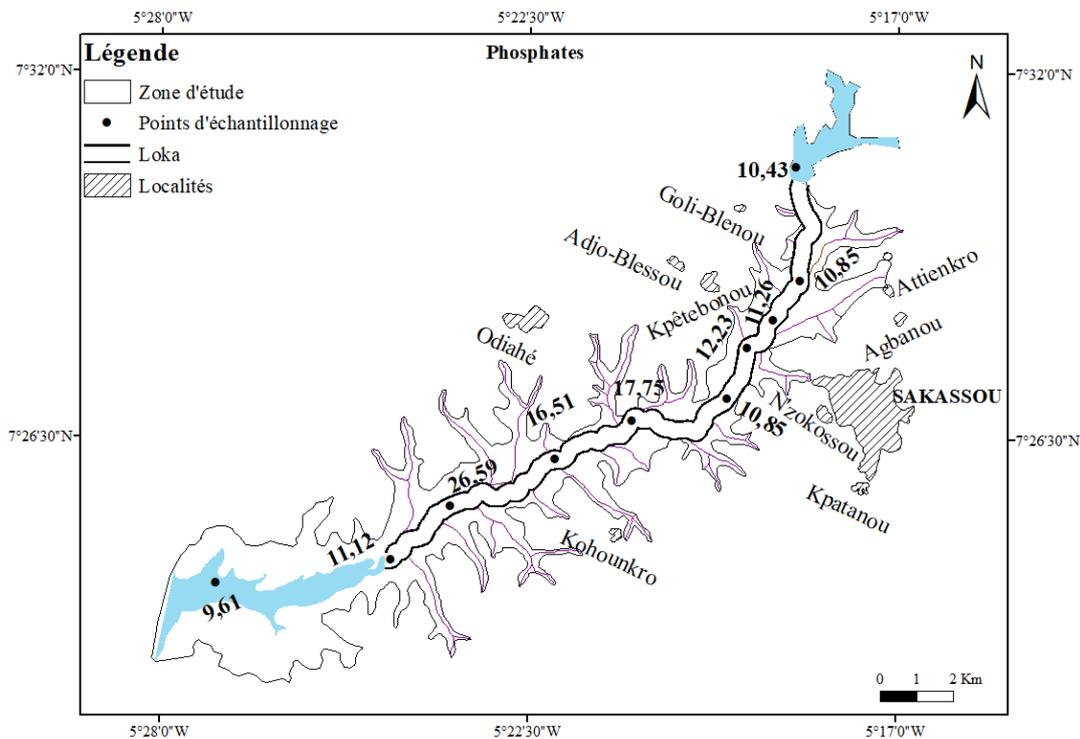


Figure 4 : Profil longitudinale des valeurs du phosphate

3-3. Pesticides analysés

Les valeurs de la concentration en atrazine n'ont pas été déterminées sur l'ensemble des points d'échantillonnage. Celle du glyphosate n'a été déterminée qu'en cinq points (**Figure 5**) et varie entre 153 et 4970 $\mu\text{g/L}$ avec une moyenne de 3716,60 $\mu\text{g/L}$ (**Tableau 2**).

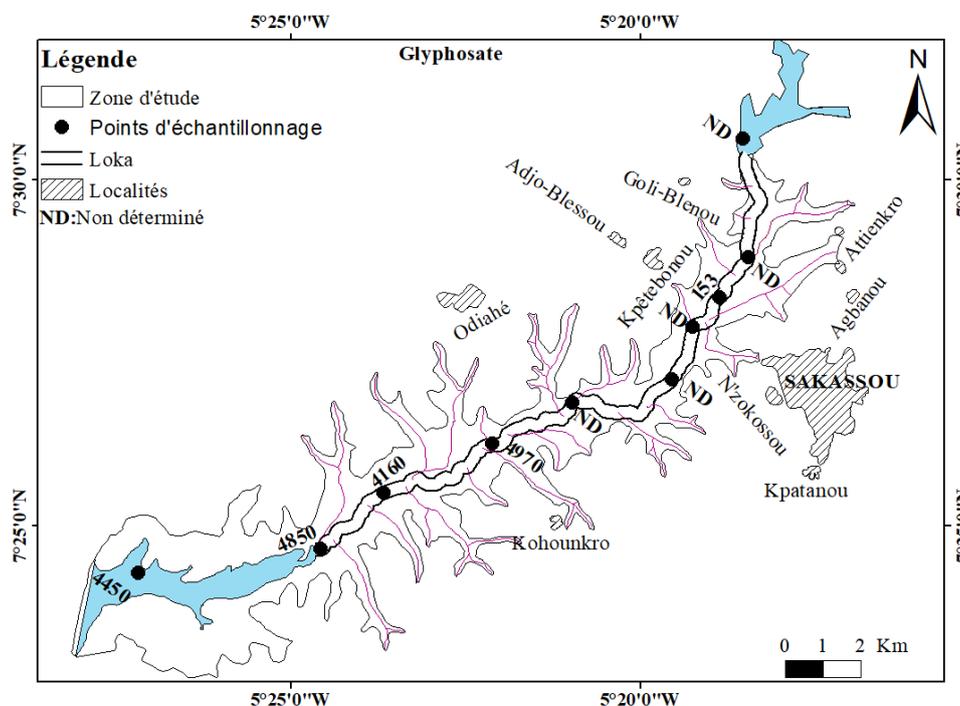


Figure 5 : Profil longitudinale des valeurs de la concentration en glyphosate

Tableau 2 : Paramètres statistiques des molécules de glyphosate et d'atrazine

Indication	Molécules	Unité	Min	Max	Ecart-type	Moyenne	Cv
Herbicide	Glyphosate	$\mu\text{g/L}$	153	4970	2018	3716,60	54,3 %
Insecticide	Atrazine	$\mu\text{g/L}$	ND	ND	ND	ND	ND

3-4. Indice de pesticides

L'ICP est constante à 3 pour l'ensemble des points et détermine que 100 % des eaux sont de très mauvaises qualités. Les valeurs de l'IAP des eaux échantillonnées varient de 153 à 4970 $\mu\text{g/L}$ avec une moyenne de 3716,60 $\mu\text{g/L}$. Sur 10 échantillons, 05 ont été déterminés avec des concentrations supérieures à 5 $\mu\text{g/L}$, soit 50 % des eaux de la Loka sont de très mauvaise qualité. De ce fait l'ensemble des points déterminés qui représente la moitié des échantillons désigne des eaux de surface qui sont inaptes à la consommation. L'utilisation répétée des herbicides à base de glyphosate dans la rizière de Sakassou dégrade la qualité de l'eau de la Loka. La constance de l'ICP et la moyenne des IAP montrent que les ressources en eau de la Loka sont fortement altérées avec des contaminations élevées (**Tableau 3**).

Tableau 3 : Analyse statistique des indices de qualité des eaux

Indices	Min	Max	Écart-type	Moyenne	Coefficient de variation
ICP	3	3	0	3	0
IAP ($\mu\text{g/L}$)	153	4970	2018	3716,60	54,3 %

4. Discussion

4-1. Utilisation des pesticides par les producteurs

La concurrence du riz avec les mauvaises herbes amène les producteurs à recourir au désherbage chimique avec des pesticides principalement composés de glyphosate [6, 17]. Les résultats de l'utilisation du glyphosate en prélevée du riz cultivé ou avant les labours permet de diminuer de façon importante la pression adventice au moment de la levée et de l'expansion des plants de riz [18].

4-2. Analyse des échantillons au laboratoire

Les analyses réalisées sur les échantillons d'eau de la Loka ont mis en évidence la présence de glyphosate à des concentrations élevées et des valeurs de l'atrazine non déterminés. On en conclue que l'atrazine est soit absent des eaux, soit présent à des concentrations inférieures aux limites de quantifications (0,025) et de détection (0,008) de la méthode utilisée par le laboratoire. Les teneurs de glyphosate observées pourraient être dues à un usage abusif de ce désherbant par les paysans comme nous l'avons constaté lors des enquêtes de terrain. D'ailleurs, dans la plupart des pays africains, les produits chimiques sont utilisés d'une façon abusive et impropre [9]. Au Niger, pour lutter contre les ennemis des cultures, les producteurs pratiquent la méthode chimique avec une utilisation abusive de pesticides chimiques qui représentent un danger pour l'environnement [19, 20]. Dans le domaine des cultures maraîchères, les maraîchers pratiquent beaucoup le désherbage chimique à l'aide du glyphosate à Korhogo [6]. De même, la présence des parasites et insectes, ainsi que les éléments pathogènes, poussent les maraîchers à l'utilisation abusive des pesticides de synthèse [21]. Dans la zone d'étude, l'eau de la rizière est ensuite rejetée dans la Loka qui se déverse en aval dans le lac de Kossou. Outre, l'utilisation abusive, les concentrations élevées en la molécule de glyphosate pourraient aussi bien s'expliquer par les phénomènes d'érosion et de ruissellement ou de pluviollessivage vers la Loka. Cela s'illustre par le fait que la position des champs par rapport aux cours d'eau provoque le phénomène de lessivage [22, 23]. L'action des eaux de pluie lessivent les substances épandues dans les plantations jusqu'aux plans d'eau de surface [24]. [25, 26] expliquent aussi cette pollution par l'action du vent. Selon ces auteurs lors de la pulvérisation des plantations bordant les eaux, l'air pollué et chargé de particules de pesticides fini son parcours dans ces eaux. Le lessivage des fertilisants et pesticides des plantations aux rivières induit une eutrophisation et une contamination chimique des eaux [27]. En effet la molécule de glyphosate et son métabolite principal, l'AMPA, sont très solubles dans l'eau et par conséquent ils se retrouvent en solution après lessivage des sols traités causant ainsi la contamination des eaux superficielles [25]. Les eaux de surface situées à proximité des plantations sont exposées à une pollution diffuse provenant de ces parcelles agricoles [26]. Les fortes teneurs observées montrent l'étendu de l'influence de l'usage des pesticides en agriculture sur les eaux de surface situées à proximité des plantations (rizières). Les sources du risque environnemental sont aussi les circuits parallèles d'approvisionnement des pesticides et le lavage du matériel d'épandage dans les sources d'alimentation en eau [28]. Les abus dans l'utilisation des pesticides et les phénomènes de lessivage et de ruissellement provoquent la pollution des eaux de surface. L'abus d'engrais et de pesticides dans les champs cultivés ont nui à la qualité de l'eau du lac Buyo et de son bassin hydrographique [24]. La molécule de glyphosate et bien d'autres molécules contenues dans les pesticides et produits phytosanitaires couramment utilisés par les populations se retrouvent dans les eaux de surface (puits paysans, marigots et rivières) [29]. Or, il ressort de l'analyse des pesticides effectués que la quantité de résidus présente dans les eaux de la Loka est supérieure à la norme admise [30]. Cela peut avoir des conséquences sanitaires graves pour les paysans qui utilisent ces eaux pour la cuisson des aliments et la boisson lors des travaux champêtres. La détermination des indices (ICP et IAP) a permis de classer les eaux de la zone d'étude. L'ICP et l'IAP indique que l'eau de la Loka est de très mauvaise qualité avec des valeurs

extrêmes pouvant atteindre 4970 µg/L [16]. Ces fortes concentrations s'expliquent de plusieurs manières. D'une part ; par le ruissèlement des eaux de pluie sur les plantes traitées et le lessivage des sols agricoles traités par les pesticides. D'autre part ; par le déversement des eaux utilisées pour l'irrigation du riz dans la rivière. L'origine de la mauvaise qualité des eaux est l'utilisation répétée et cyclique des produits phytosanitaires dans la rizière de la Loka. Cette mauvaise qualité des eaux est néfaste pour l'environnement et particulièrement pour le milieu aquatique. En effet les fortes concentrations peuvent s'accumuler dans le sol et dans l'eau et provoquer des dommages à la flore et à la faune. Ils contaminent les aliments destinés à la consommation humaine et affectent la santé des paysans qui y sont directement exposés.

5. Conclusion

Nos travaux montrent d'abord que les teneurs en phosphates sont largement supérieures aux normes. Ensuite la plupart des produits phytosanitaires utilisés sont des herbicides. Ces herbicides sont composés en grande partie de glyphosate. Les travaux ont donc montré que les eaux de la Loka sont polluées par les phosphates et la molécule de glyphosate. Cette pollution est due principalement à l'emploi de pesticides de manière cyclique et répétée au fil des années depuis la création de la rizière. Ainsi, la qualité des eaux de la Loka est fortement influencée par la pratique de la riziculture irriguée. D'ailleurs, l'indice de contamination aux pesticides révèle que toutes les eaux échantillonnées sont de très mauvaise qualité. Car elles contiennent des concentrations de produits phytosanitaires largement supérieures à la norme de l'OMS pour une eau de boisson. Ainsi donc ces eaux sont inaptes à la consommation humaine.

Remerciements

Nous exprimons nos sincères remerciements au Dr Gnosoro Paul Urbain, Directeur du Laboratoire National d'Appui au Développement Agricole (LANADA) pour l'analyse des échantillons d'eau et les riziculteurs de Sakassou qui ont acceptés de prendre part à cette étude.

Références

- [1] - OMS, Guidelines for Drinking-water Quality. *World Health Organization*, Genève, Suisse, 4 (2011) 541 p.
- [2] - I. IPOU, J. A. MAHAMANE et A. F. YAPI, Désherbage chimique des cultures en Côte d'Ivoire : Enjeux socio-économiques et agricoles. AFPP- 23e Conférence du COLUMA, journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes, Dijon-6, 7 et 8 (décembre 2016)
- [3] - A. V. HINSON, C. I. MAMA, H. LAWIN, F. DOSSOU, F. GOUNONGBE, P. AYELO et B. FAYOMI, Évaluation des indicateurs biologiques d'exposition aux pesticides organophosphorés et la fonction hépatique des agriculteurs de la commune de Gogounou au nord-est du Bénin. *Journal de la Société de Biologie Clinique du Bénin*, 024 (2016) 9 - 14
- [4] - Y. ADJRAH, A. DOVLO, SD. KAROU, K. EKLU-GADEGBEKEU, A. AGBONON, C. DE SOUZA, M. GBEASSOR, Survey of pesticide application on vegetables in the Littoral area of Togo. *Ann. Agric. Environ. Med.*, 20 (4) (2013) 715 - 720
- [5] - K. S. AKPO, S. L. COULIBALY, L. COULIBALY, I. SAVANE, Évolution Temporelle de l'utilisation des pesticides en agriculture tropicale dans le bassin versant de la Marahoué, Côte d'Ivoire. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 14 (1) (2016) 121 - 131

- [6] - G. SORO, N. M. KOFFI, B. KONE, Y. E. KOUAKOU, K. R. M'BRA, P. D. SORO, N. SORO, Utilisation de produits phytosanitaires dans le maraîchage autour du barrage d'alimentation en eau potable de la ville de Korhogo (nord de la Côte d'Ivoire) : risques pour la santé publique. *Environnement Risque et Sante*, 17 (2018) 10 p.
- [7] - H. DUCROQUET, P. TILLIE, K. LOUHICHI, Y. P S GOMEZ, L'agriculture de la Côte d'Ivoire à la loupe : États des lieux des filières de production végétales et animales et revue des politiques agricoles. Office of the European Union, Luxembourg, *Journal Research Centre*, (2017) 242 p.
- [8] - C. DAMALAS et I. ELEFTHORHORINOS, Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators. *International Journal Environment. Research Public Health*, 8 (5) (2011) 1402 - 1419 p.
- [9] - P. S. CISSOKHO, M. T. GUEYE, E. H. SOW, K DIARRA, Substances inertes et plantes à effet insecticide utilisées dans la lutte contre les insectes ravageurs des céréales et légumineuses au Sénégal et en Afrique de l'Ouest. *International Journal Biology Chemical Science*, 9 (3) (2015) 1644 - 1653
- [10] - H. COMPAORE, S. ILBOUDO, A. D. BAMANATI et M. M. BALIMA DAMA, Les risques sanitaires liés à l'utilisation des pesticides dans les bas-fonds rizicoles de la commune de dano, province du loba Burkina Faso. *African Crop Science Journal*, Vol. 27, N° 4 (2019) 557 - 569 p.
- [11] - F. H. AÏKPO, C. B. CHABI, V. AYI, L. KOUMOLOU, C. S HOUSSOU and P. A. EDORH, Évaluation de la contamination des eaux du fleuve Couffo dans la zone cotonnière de Djidja (Bénin) par les pesticides. *Journal Biology Chemical Science*, 9 (3) (2015) 1725 - 1732
- [12] - A. E. L. EBA, K. J. KOUAME, S. DEH, R. BALLIET, M. TOURE, K. A. ANOH, J. P. R. JOURDA, Évaluation de la vulnérabilité à la pollution d'une eau de surface destinée à l'adduction d'eau potable d'une métropole : Cas de la lagune Aghien à Abidjan, (sud de la cote d'ivoire). *European Scientific Journal*, 12 (36) (2016) 21 p.
- [13] - D. PIMENTEL, Amounts of pesticides reaching target pests : environmental impacts and ethics. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 8 (1995) 17 - 29
- [14] - D. SIGNOMNOU, A. MAHIEUX, P. CHEVALLIER, Mesures de débit pour l'aménagement rizicole de la plaine de la Loka à Sakassou (Cote d'Ivoire). *Office de la recherche scientifique et technique outre-mer centre d'Adiopodoumé*, (1983) 22 p.
- [15] - MDDELCC, Protocole d'échantillonnage de l'eau de surface pour l'analyse des métaux en traces, Québec. *Direction du suivi de l'état de l'environnement*, (2014) 19 p.
- [16] - P. VIOGET, A STRAWCZYNSKI, Pesticides dans les cours d'eaux Vaudois en 2002, 2003 et 2004. Service des eaux, des sols et de l'assainissement du département de la sécurité et de l'environnement de Lausanne en suisse, (2005) 8 p.
- [17] - M. KANDA, G. DJANEYE-BOUNDJOU, K. WALA, K. GNANDI, K. BATAWILA, A. SANNI et K. AKPAGANA, « Application des pesticides en agriculture maraichère au Togo », *VertigO*, 13 (1) (2013) 4 - 8
- [18] - T. P. HINIMBIO, A. MADI et J. P. MVONDO AWONO, Réponse du maïs aux effets de réhabilitation de la fertilité des sols liés à la légumineuse *Crotalaria juncea* L. au Nord-Cameroun. *Afrique SCIENCE*, 14 (4) (2018) 423 - 438
- [19] - I. A. HAROUNA, A. DOUMMA, T. M BELLO, Inventaire des variétés, des méthodes locales de stockage et de protection contre les ravageurs de la patate douce (*Ipomea batatas* L.) dans la bande Ouest du Niger. *International Journal Biology Chemical Science*, 9 (4) (2015) 10 p.
- [20] - A. Y. TAWAYE, B. ALHOU et A. E. S. AMADOU, « Niveau de contamination aux pesticides et risques écotoxicologiques dans deux écosystèmes aquatiques au Niger : Lac Guidimouni et mare de Tabalak » *Afrique SCIENCE*, 18 (2) (2021) 1 - 13
- [21] - A. D. MONDEDJI, D. W. NYAMADOR, K. AMEVOIN, K. G. KETOH, I. A. GLITHO, Efficacité d'extraits de feuilles de neem *Azadirachta indica* (Sapindale) sur *Plutella xylostella* (Lepidoptera : Plutellidae), *Hellula undalis* (Lepidoptera : Pyralidae) et *Lipaphis erysimi* (Hemiptera : Aphididae) du chou *Brassica oleracea* (Brassicaceae) dans une approche « Champ Ecole Paysan » au sud du Togo. *International Journal Biology Chemical Science*, 8 (5) (2014) 2286 - 2295

- [22] - T. M. A. HOUELOME, D. ADANDEDJAN, A. CHIKOU, I. IMOROU TOKO, I. YOUSAO et A. P. LALEYE, « Caractérisation de la qualité physico-chimique des eaux de la rivière Alibori dans le bassin cotonnier du Bénin » *Afrique SCIENCE*, 13 (4) (2017) 35 - 49
- [23] - Y. B. KOFFI, O. H. EVI, A. M. KOUASSI, K. E. AHOUSI et A. KAMAGATE, « Cartographie des sources de pollution et caractéristiques physico-chimiques d'une rivière péri-urbaine : Cas de la Djibi dans le District d'Abidjan » *Afrique SCIENCE*, 17 (6) (2020) 138 - 153
- [24] - A. TRAORE, K. E. AHOUSI, N. AKA, A. TRAORE, N. SORO, Niveau de contamination par les pesticides des eaux des lagunes Aghien et Potou (Sud-est de la Côte d'Ivoire). *International Journal Pure Application Bioscience*, 3 (4) (2015) 312 - 322
- [25] - M. A. N. GBAGUIDI, H. H. SOULO, Y. M. ISSA, B. FAYOMI, R. DOGNON, A. AGAGBE, C. BONOU, A. YOUSAO, L. F. DOVONOU, A. SANI, Évaluation quantitative des résidus de pyréthrinoides, d'aminophosphate et de triazines en zones de production de coton au Bénin par la méthode ELISA en phase liquide : cas des eaux de la rivière Agbado. *International Journal of Biology and Chemical Science*, 04 (5) (2011) 1476 - 1490
- [26] - L. COULIBALY, S. COULIBALY, B. KAMAGATE, N. SEKONGO, I. SAVANE, G. GOURENE, Distribution des produits d'origine agricole et évaluation de la vulnérabilité des ressources en eaux dans un bassin versant transfrontalier : Cas du Comoé, Côte d'Ivoire. *European Journal of Scientific Research*, 76 (4) (2012) 601 - 613
- [27] - J. A. GNAKO, M. DANHO, T. A. AGNEROH, I. K. FOFANA, A. G. KOHOU, Efficacité des extraits de neem (*Azadirachta indica*) et de papayer (*Carica papaya*) dans la lutte contre les insectes ravageurs du gombo (*Abelmoschus esculentus*) et du chou (*Brassica oleracea*) en Côte d'Ivoire. *International Journal Biology Chemical Science*, 4 (4) (2010) 953 - 966
- [28] - A. P. K. GOMGNIMBOU, P. W. SAVADOGO, A. J. NIANOGO, J. MILLOGO-RASOLODIMBY, Usage des intrants chimiques dans un agrosystème tropical : diagnostic du risque de pollution environnementale dans la région cotonnière de l'est du Burkina Faso. *Biotechnology. Agronomy. Society. Environment*, 13 (4) (2009) 499 - 507
- [29] - K. T. YAO, Hydrodynamisme dans les aquifères de socle cristallin et cristallophyllien du sud-ouest de la Côte d'Ivoire : cas du département de Soubré. Apport de la télédétection, de la géomorphologie et de l'hydrogéochimie. Thèse de Doctorat en Sciences, Université Félix-Houphouët Boigny de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, (2009) 252 p.
- [30] - MDDEFP, Critères de qualité de l'eau de surface 3ème Edition. Direction du suivi de l'état de l'environnement, (2013) 510 p.