

## Etude des facteurs influençant la contamination des ressources en eau en milieu agricole dans le département d'Agboville (Sud-Est de la Côte d'Ivoire)

### [ Study of the factors influencing the contamination of water resources in agricultural environments in the Agboville department (South-East of Côte d'Ivoire) ]

*Kotchi Rodrigue OROU<sup>1</sup>, Zahibo Oscar ONETIE<sup>2</sup>, and Dotanhan YEO<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>UFR Agriculture, Ressources Halieutiques et Agro-Industries (UFR-ARHAI), Université de San-Pedro, BP 1800 San-Pedro, San-Pedro, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Département Géosciences, UFR des Sciences Biologiques, Université Péléforo Gon COULIBALY (UPGC), BP 1328 Korhogo, 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 increase in agricultural production is accompanied by a growth in the use of plant protection products, with inappropriate use of doses and frequency of treatment, leading to negative effects on the environment and human health. The aim of this study is to identify the parameters that contribute to the deterioration of surface and groundwater quality in agricultural environments in the department of Agboville. The methodology involved studying the relationships between chemical elements indicative of agricultural contamination and pesticide residues measured in the water sampled. The results show that more than half (52%) of the water points sampled were surface water and 48% were groundwater. In the rainy season, 68% of water points have an NO<sub>3</sub><sup>-</sup> concentration > 10 mg/L and in the dry season, 85% of water points have an NO<sub>3</sub><sup>-</sup> concentration > 10 mg/L. Nitrates come mainly from leaching from agricultural land and the decomposition of organic matter. High concentrations of herbicides (glyphosate: 0,52 µg/L and glyphosate isopropylamine salt: 0,30 µg/L) were detected in water from rubber plantations and rice fields, while high levels of insecticides (deltamethrin: 0,3 µg/L and chlorpyrifos-ethyl: 0,4 µg/L) were observed in water from market gardens. Water points located inside and/or near old plantations (over 15 years old) are the most contaminated. Surface water is more contaminated than groundwater, and contamination is greater in the rainy season than in the dry season.

**KEYWORDS:** factors, contamination, water, agriculture, Agboville.

**RESUME:** L'augmentation de la production agricole s'accompagne d'une croissance de l'utilisation de produits phytosanitaires avec un usage inadéquat des doses et des fréquences de traitement engendrant des effets négatifs sur l'environnement et la santé humaine. Ce travail vise à identifier les paramètres qui contribuent à la dégradation de la qualité des eaux de surface et souterraines en milieu agricole dans le département d'Agboville. La méthodologie se rapporte à l'étude des rapports entre les éléments chimiques indicateurs d'une contamination agricole et les résidus de pesticides dosés dans les eaux échantillonnées. Les résultats montrent que plus de la moitié (52%) des points d'eau échantillonnés sont des eaux de surface et 48% des points d'eau sont des eaux souterraines. En saison pluvieuse, 68% des points d'eau ont une concentration en NO<sub>3</sub><sup>-</sup> > 10 mg/L et en saison sèche, 85% des points d'eau ont une concentration en NO<sub>3</sub><sup>-</sup> > 10 mg/L. Les nitrates proviennent essentiellement du lessivage des terres agricoles et de la décomposition de la matière organique. Les fortes concentrations d'herbicides (glyphosate: 0,52 µg/L et du glyphosate sel d'isopropylamine: 0,30 µg/L) ont été détectées dans les eaux des plantations d'hévéa et dans les rizières; quant aux fortes teneurs d'insecticides (deltaméthrine: 0,3 µg/L et chlorpyrifos-éthyl: 0,4 µg/L) ont été observées dans les eaux des maraîchages. Les points d'eau situés à l'intérieur et/ou à proximité des vieilles plantations (plus de 15 ans) sont les plus contaminées. Les eaux de surface sont contaminées que les eaux souterraines et la contamination est plus importante en saison pluvieuse qu'en saison sèche.

**MOTS-CLEFS:** facteurs, contamination, eaux, agriculture, Agboville.

## 1 INTRODUCTION

L'eau est essentielle à la survie et au bien-être de l'homme et est indispensable au fonctionnement de nombreux secteurs de l'économie. Les ressources en eau sont inégalement réparties dans l'espace et le temps, et souffrent des pressions qu'exercent sur elles les activités humaines [1]. L'avoir à disposition en quantité suffisante et en qualité contribue au bon maintien de la santé [2]. La préservation et la sauvegarde de cette ressource est donc une nécessité qui concerne à la fois ses usages et sa valeur environnementale [3]. La pollution de l'eau est la dégradation de sa qualité en modifiant ses propriétés physiques, chimiques et biologiques. Cette pollution provient de plusieurs sources d'origine anthropique dont l'agriculture par l'utilisation des engrais et pesticides [4], [5], [6], [7], [8]. Les intrants utilisés par les agriculteurs pour augmenter leurs rendements et les effluents d'élevage sont des sources de pollution des eaux lorsque la capacité de prélèvement des végétaux et d'épuration naturelle des sols sont dépassées. Les phénomènes en cause sont le lessivage et l'érosion des parcelles cultivées [9]. Aux États-Unis d'Amérique, l'agriculture est la principale source de pollution des cours d'eau, la deuxième source dans les zones humides et la troisième source dans les lacs [10]. En Chine, l'agriculture est responsable d'une grande partie de la pollution des eaux de surface et est presque exclusivement responsable de la pollution des eaux souterraines par l'azot [11]. En France, les travaux de [6] ont montré que sur 7716 captages abandonnés et 39% l'ont été en raison de teneurs trop élevées en nitrates ou en pesticides. Au Bénin, [12] ont prouvé que les pratiques agricoles sont les facteurs et origines de pollution des eaux de surface. En Côte d'Ivoire, les travaux de [13] ont montré que la qualité des eaux de Loka a été fortement influencée par la pratique de la riziculture irriguée par l'emploi de pesticides de manière cyclique et répétée au fil des années. Les travaux de [14], [15] ont démontré que le pluviollessivage des sols agricoles est l'un des phénomènes à l'origine de la minéralisation des eaux dans la même zone d'étude. L'augmentation de la production agricole s'accompagne d'une croissance de l'utilisation de produits phytosanitaires avec un usage inadéquat des doses et des fréquences de traitement engendrant des effets négatifs sur l'environnement et la santé humaine. Cependant à Agboville, il existe très peu d'études relatives aux facteurs de contamination des eaux en milieu agricole. Il était donc impérieux d'étudier et de comprendre les facteurs qui influencent la contamination des eaux souterraines et de surface en milieu agricole. Autrement dit, quel est le type d'eau le plus exposé à cette contamination? Quelle est la culture la plus polluante? L'âge des plantations et le degré d'aménagement des points d'eau exposerait-ils plus la ressource? Ce travail vise à identifier les paramètres qui contribuent à la dégradation de la qualité des eaux de surface et souterraines en milieu agricole dans le département d'Agboville.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 ZONE D'ÉTUDE

Situé dans le Sud-Est de la Côte d'Ivoire, entre les latitudes 5°35'N et 6°15'N, et les longitudes 3°55'W et 4°40'W, le département d'Agboville couvre une superficie d'environ 3850 km<sup>2</sup> (Figure 1). Selon [16], la population a été estimée en 2021 à environ 384340 habitants, avec une densité de 100 habitants/km<sup>2</sup> et l'agriculture constitue la principale activité.

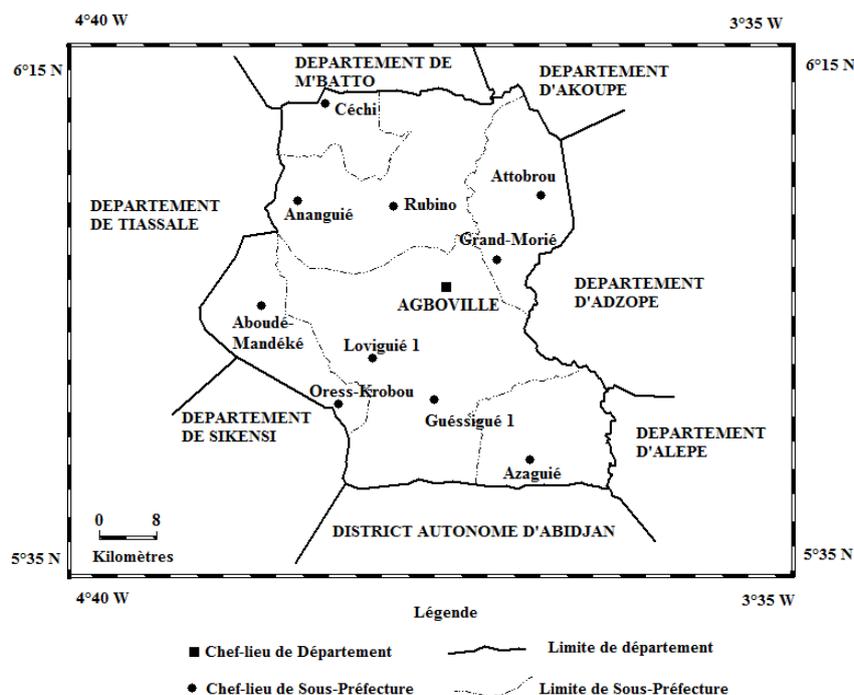


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude

## **2.2 MATÉRIEL**

Le matériel utilisé est essentiellement constitué de données géomorphologiques, géologiques, cartographiques et hydrochimiques.

## **2.3 MÉTHODES**

La stratégie d'échantillonnage adoptée dans le cadre de ce travail est fondée sur une couverture spatiale d'un ensemble de système agricole dans la zone d'étude. Elle a été réalisée au niveau des points d'eau (puits et cours d'eau) utilisés par les cultivateurs pour l'irrigation, souvent pour leur alimentation en eau et dont l'accès nous a été autorisé. Le choix tient compte de la distance points d'eau – plantation et de l'influence de la position des surfaces cultivées par rapport aux points d'eau. Ils se répartissent en 31 points d'eau de surface et 24 puits traditionnels (*Figure 1*). Les prélèvements des eaux ont été effectués en saison sèche et pluvieuse et les paramètres physico-chimiques ont été déterminés avec une chromatographie ionique au laboratoire central du Centre Ivoirien Antipollution (CIAPOL). Les paramètres physiques tels que le pH et la conductivité ont été dosés *in situ* à l'aide d'un multimètre de marque « Hanna » et un GPS de marque « GUARMINN » a permis de géoréférencer tous les points d'eau. La méthodologie se rapporte à l'étude des rapports entre les éléments chimiques indicateurs d'une contamination agricole et les résidus de pesticides dosés dans les eaux échantillonnées. Elle a été des investigations menées sur le terrain pour la vérification des hypothèses.

### **HYPOTHÈSE 1: CERTAINES PRATIQUES CULTURALES CONTAMINERAIENT PLUS LES RESSOURCES EN EAU ?**

Certaines pratiques culturelles avec l'utilisation irrationnelle des produits phytosanitaires compromettent la qualité des eaux surface et des eaux souterraines. Il s'agira de détecter des résidus de pesticides et de comparer la concentration de certains paramètres chimiques (les composés azotés,  $K^+$ ,  $PO_4^{3-}$ ...) avec le fond géochimique des eaux souterraines et de surface [17], [18], [19]. Le fond géochimique des eaux de surface est inférieur au fond géochimique des eaux souterraines car les eaux de surface sont plus exposées à une contamination anthropique et nous avons utilisé celui des eaux souterraines.

### **HYPOTHÈSE 2: LES POINTS D'EAU À L'INTÉRIEUR OU À PROXIMITÉ DES PLANTATIONS SERAIENT-ILS PLUS EXPOSÉS À LA CONTAMINATION AGRICOLE ?**

La proximité des points d'eaux aux exploitations agricoles sont des facteurs aggravant la pollution agricole [20]. Il s'agira de montrer que les fortes concentrations de résidus de pesticides et des composés azotés,  $K^+$  et  $PO_4^{3-}$  ont été observées à l'intérieur ou à proximité des plantations.

### **HYPOTHÈSE 3: L'ÂGE DES PLANTATIONS FAVORISERAIENT LA CONTAMINATION DES RESSOURCES EN EAU ?**

L'épandage répétitif annuel des pesticides et des engrais dans une exploitation dégradent la qualité de l'eau [13]. Il s'agira de montrer que les fortes concentrations de résidus de pesticides et des composés azotés,  $K^+$  et  $PO_4^{3-}$  ont été observées dans des points d'eau à l'intérieur ou à proximité des plantations les plus anciennes.

### **HYPOTHÈSE 4: LES EAUX DE SURFACE SERAIENT PLUS EXPOSÉES À LA CONTAMINATION QUE LES EAUX SOUTERRAINES ?**

La résolution de la problématique environnementale par des inventaires sur la qualité de l'eau ont montré que plus de 65% des eaux de surface et 80% des eaux souterraines sont contaminées par des pesticides et plus de 50% des matières actives retrouvées sont des molécules d'herbicides [21]. Il s'agira de montrer que les fortes concentrations de résidus de pesticides et des composés azotés,  $K^+$  et  $PO_4^{3-}$  ont été observées dans des eaux de surface ou dans les eaux souterraines.

## **3 RESULTATS**

### **3.1 CONTAMINATION DES EAUX ÉCHANTILLONNÉES ET CULTURES PRATIQUÉES**

Les résultats du bilan de contamination des points d'eau échantillonnés par les pesticides et les engrais en fonction des cultures pratiquées sont consignés respectivement dans le Tableau 1 et 2. Trois quarts (75%) des points d'eau échantillonnés sont des eaux de surface et 25% des points d'eau sont des eaux souterraines. En saison pluvieuse, 91,67% des points d'eau (22) ont été contaminés par des pesticides tandis que 83,33% de ces ressources en eau (20 points d'eau) ont été contaminés par des pesticides en saison sèche. Les fortes teneurs des matières actives des herbicides ont été détectées dans des rizières et des plantations d'hévéa, quant aux fortes teneurs des résidus des insecticides ont été observées dans les maraîchères. Les résultats du bilan de contamination des points d'eaux échantillonnés par l'utilisation des engrais montrent que plus de la moitié (52%) des points d'eau échantillonnés sont des eaux de surface et 48% des points d'eau sont des eaux souterraines. En saison pluvieuse, 68% des points d'eau ont une concentration en  $NO_3^- > 10$  mg/L

et en saison sèche, 85% des points d'eau ont une concentration en  $\text{NO}_3^- > 10 \text{ mg/L}$ . Ce résultat confirme l'hypothèse que certaines pratiques culturales ont contaminé plus les ressources en eau.

**Tableau 1.** Bilan de contamination des points d'eaux échantillonnés par les pesticides suivant les cultures pratiquées

Cultures pratiquées	Type de ressources		Nombre de points d'eaux échantillonnés par culture	Nombre de points d'eaux avec des résidus de pesticides	Pourcentage
	Eaux de surface	Eaux souterraines			
Cacao	5	3	8	7	87,50 %
Hévéas	7	4	11	9	81,81 %
Palmeraie	5	0	5	5	100 %
Maraîchage	4	3	7	7	100 %
bananes	4	1	5	5	100 %
Riziculture	6	2	8	8	100 %

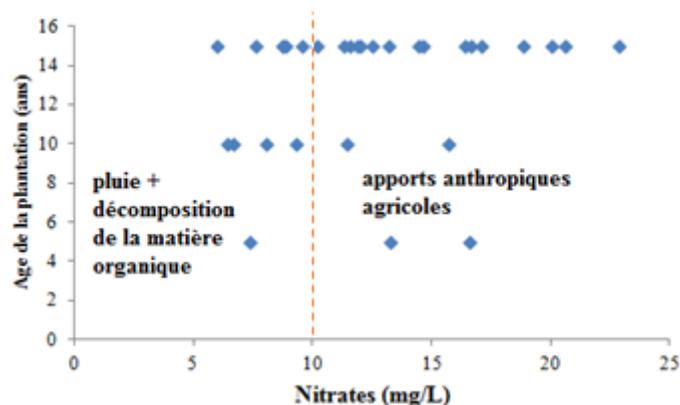
**Tableau 2.** Bilan de contamination des points d'eaux échantillonnés par l'utilisation des engrais suivants les cultures pratiquées

Cultures pratiquées	Type de ressources		Nombre de points d'eaux ayant une teneur de $\text{NO}_3^- < 10 \text{ mg/L}$		Nombre de points d'eaux ayant une teneur de $\text{NO}_3^- > 10 \text{ mg/L}$	
	Eaux de surface	Eaux souterraines	SP	SS	SP	SS
Cacao	5	9	4	2	10	11
Hévéas	9	15	8	0	16	24
Palmeraie	7	3	2	3	8	7
Maraîchage	5	4	1	0	8	9
Bananes	9	3	5	4	7	8
Riziculture	7	3	3	1	7	9
Autres	5	3	2	2	6	6

SP: saison pluvieuse SS: saison sèche

### 3.2 L'ÂGE DES PLANTATIONS, DISTANCE POINTS D'EAU-PLANTATIONS ET CONTAMINATION DES RESSOURCES EN EAU

Les Figures 2 et 3 montrent l'âge des plantations en fonction des concentrations de nitrates suivant les saisons. Les fortes concentrations en nitrates ( $\text{NO}_3^- > 15 \text{ mg/L}$ ) des eaux de surface ont été observées dans les plantations ayant au moins 15 ans d'existence. Les plantations de plus de 10 ans ont présenté également des teneurs élevées en nitrates ( $\text{NO}_3^- > 15 \text{ mg/L}$ ).



**Fig. 2.** Age des plantations en fonction des teneurs en nitrates des eaux de surface

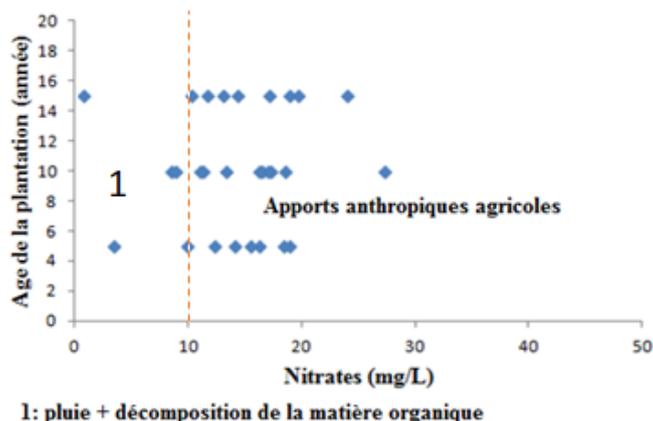


Fig. 3. Age des plantations en fonction des teneurs en nitrates des eaux souterraines

Il s'agit dans ce cas des points d'eau situés près des plantations (Figures 4 et 5). On peut noter aussi que d'autres points situés à moins de 20 m pour les eaux de surface et moins de 100 m pour les eaux souterraines des plantations n'ont pas été contaminées ( $\text{NO}_3^- < 10 \text{ mg/L}$ ). Les eaux prélevées dans les maraîchers, bananeraies et les rizières ont montré des concentrations en  $\text{NO}_3^- > 20 \text{ mg/L}$ . Les fortes teneurs des nitrates ont été enregistrées en saison sèche comme en saison pluvieuse. Les eaux souterraines sont plus contaminées que les eaux de surface.

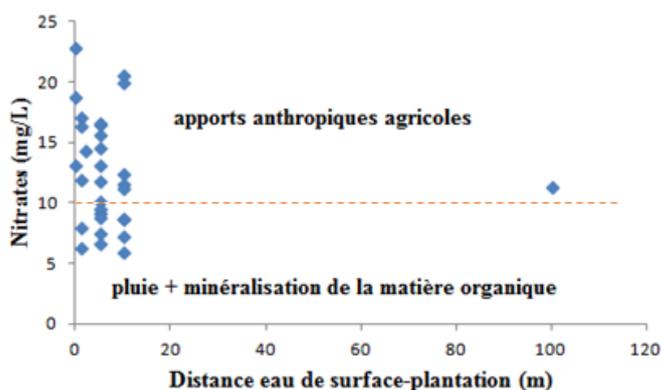


Fig. 4. Concentration en nitrates des eaux de surface en fonction de la distance point d'eau-plantation

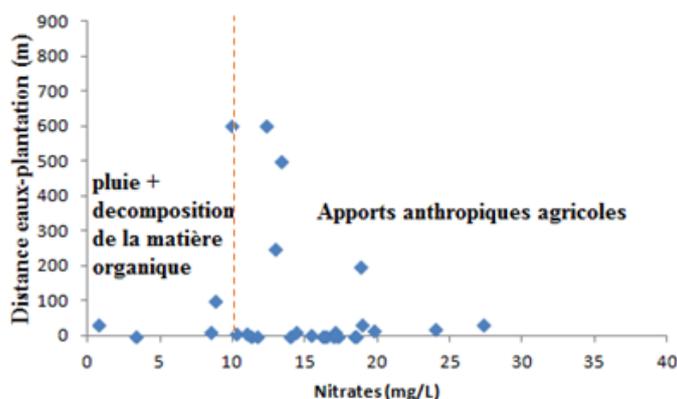


Fig. 5. Distance point d'eau-plantation en fonction des teneurs en nitrates des eaux souterraines

Les Figures 6 et 7 montrent respectivement les teneurs des résidus de pesticides des eaux étudiées en fonction de l'âge des plantations en saison pluvieuse et en saison sèche. Les fortes concentrations des matières actives ( $> 0,5 \mu\text{g/L}$ ) dans les eaux sont observées dans les plantations ayant au moins 10 ans d'existence avec une importance fréquence d'utilisation des pesticides. Les Figures 8 et 9 montrent respectivement les teneurs des résidus de pesticides des eaux étudiées en fonction de l'âge de la distance plantations-

points d'eau en saison pluvieuse et en saison sèche. Les points d'eau situés à l'intérieur et à moins de deux (2) mètres des plantations indiquent une contamination importante des matières actives ( $> 0,5 \mu\text{g/L}$ ). La contamination est plus importante en saison pluvieuse qu'en saison sèche. Cependant, certains points d'eau situés en dehors des plantations et d'autres points situés très proche des plantations sont non contaminés par les pesticides. Ces résultats confirment d'une part l'hypothèse que les points d'eau à l'intérieur ou à proximité des plantations ont été plus exposés à la contamination agricole et d'autre part l'hypothèse que les plantations les âgées ont favorisé la contamination des ressources en eau.

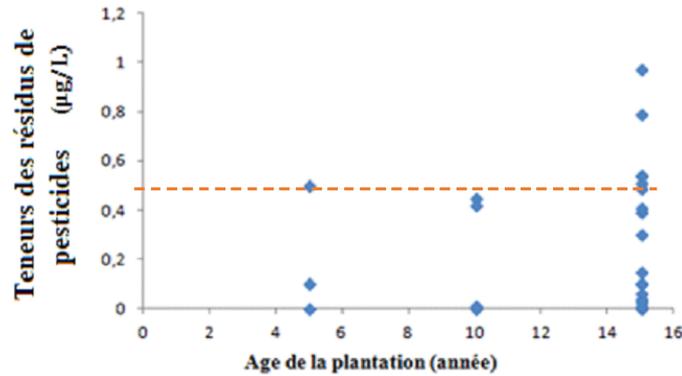


Fig. 6. Teneurs des résidus de pesticides des eaux en fonction de l'âge de la plantation en saison pluvieuse

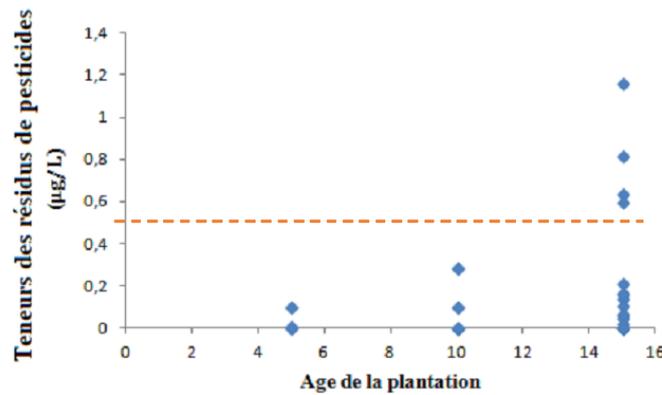


Fig. 7. Teneurs des résidus de pesticides des eaux en fonction de l'âge des plantations en saison sèche

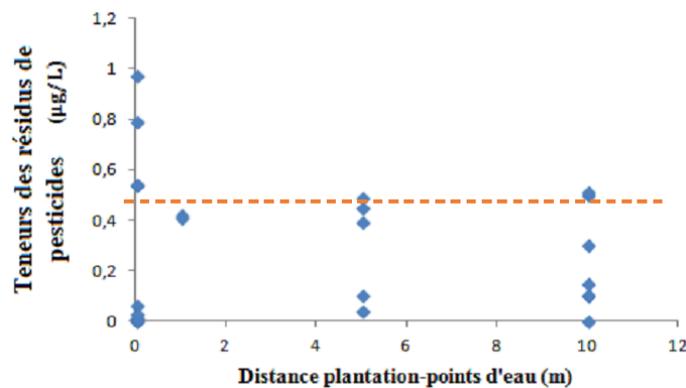


Fig. 8. Teneurs des résidus de pesticides des eaux en fonction de la distance point d'eau-plantation en saison pluvieuse

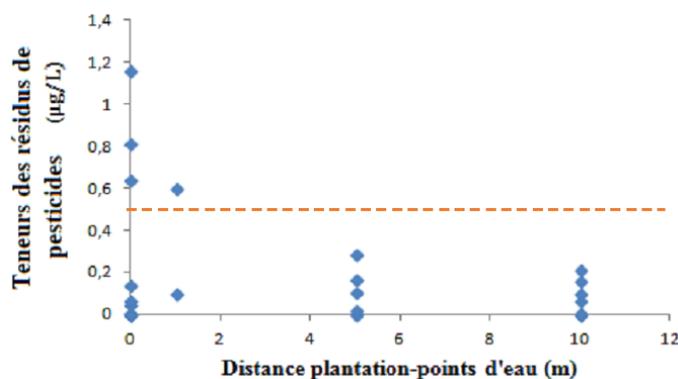


Fig. 9. Teneurs Des Résidus De Pesticides Des Eaux En Fonction De La Distance Point D'eau-Plantation En Saison Sèche

Ces résultats confirment l'hypothèse que les eaux de surface ont été plus exposées à la contamination que les eaux souterraines.

#### 4 DISCUSSION

On remarque que les ressources en eau échantillonnées sont plus contaminées en saison sèche qu'en saison pluvieuse. Par contre, les eaux de surface sont en général de mauvaise qualité par rapport aux eaux souterraines, car elles ont été échantillonnées dans des barrages, des étangs et des rivières à faible écoulement. La contamination des eaux de surface et des eaux souterraines par les déchets agricoles se fait par le lessivage des sols et l'infiltration des eaux riches en composés organiques. Dans la présente étude, ces eaux fortement contaminées par les engrais sont à proximité des plantations de plus de 10 ans d'existence. Dans ces plantations l'utilisation des engrais et des pesticides sont importantes. Ces points d'eaux sont de qualité acceptable pour être consommée, mais pouvant le cas échéant faire l'objet d'un traitement de désinfection, car les valeurs des différents paramètres de qualité se rapprochent des concentrations maximales admises de potabilité tout en restant inférieure à ces normes. Les fortes teneurs des matières actives des herbicides (0,42 µg/L et 0,28 µg/L) ont été détectées dans les plantations d'hévéa et de riz. Quant aux fortes teneurs des matières actives des insecticides (0,30 µg/L et 0,32 µg/L), elles ont été observées dans les maraichères. Les concentrations des matières actives observées autour des étangs et des puisards montrent l'étendue de l'influence de l'utilisation des pesticides sur la qualité de ces ressources en eau. Les herbicides ont été détectés dans les eaux situées dans les plantations d'hévéa et les rizières et les insecticides ont été détectés dans les eaux situées dans les plantations de cacao et de maraichages. Ce constat est identique aux travaux de [13] où les rizières ont fortement dégradé la qualité des eaux de surface par l'emploi de pesticides de manière cyclique et répétée. Les maraichères ont de nombreuses pathologies et reçoivent des traitements chimiques intensifs. En plus de la forte utilisation de ces produits, la proximité des plantations et parfois le degré d'aménagement très faible des points d'eau traduisent la présence des résidus de pesticides dans les eaux. Les travaux de [22] ont montré que les points d'eau à proximité des plantations dans quatre (4) régions agricoles (Abidjan, Buyo, Grand-Lahou et Yamoussoukro) ont des fortes concentrations en matières actives des pesticides. Au Mali, les eaux du bassin du Bani ont été marquées par une pollution d'origine agricole et animale, identifiée notamment par les nitrates, les ammoniums et les pesticides [23]. La contamination des eaux par les pesticides est plus marquée en saison pluvieuse qu'en saison sèche et seraient dues au ruissellement des eaux de pluies sur les plantes traitées par les insecticides, au lessivage des sols agricoles traités par les pesticides pendant la saison sèche et à la remobilisation des molécules des matières actives accumulées dans les sédiments. Les eaux les plus contaminées sont à moins de 5 (cinq) mètres des plantations. Cette variation saisonnière de la concentration des eaux en résidus de pesticides du fait des activités agricoles a été rapportée par d'autres auteurs. [24] ont indiqué qu'une pollution des eaux avec de fortes concentrations en endosulfan en saison pluvieuse au Burkina-Faso et c'est dans les eaux de barrage qu'ils ont enregistré les fortes concentrations. Au Canada, [25] ont montré des concentrations maximales des pesticides dans les eaux de surface en saison pluvieuse. Les eaux de surface sont plus contaminées par les pesticides que les eaux souterraines. Ce constat pourrait s'expliquer également par l'action du vent. Les pesticides pulvérisés sur les terres agricoles entrent en suspension et peuvent parcourir de longues distances par les airs, allant de 10 m à 150 m du lieu de pulvérisation des pesticides [26], [27]. La présence des matières actives des pesticides dans les eaux souterraines qui sont naturellement protégées peut s'expliquer par la faible profondeur, le mauvais aménagement des puits, la mauvaise utilisation des équipements de préparation, de remplissage, de pulvérisation des produits phytosanitaires et la proximité des plantations. Ces observations sont similaires à celles de [22] qui stipulent que la présence des pesticides dans les eaux souterraines est due à la faible profondeur des puits (inférieure à 3 m) et à la proximité des plantations. Les fortes teneurs en nitrates ont été enregistrées plus en saison sèche qu'en saison pluvieuse. Les eaux souterraines sont les plus contaminées que les eaux de surface. Ce qui pourrait s'expliquer par l'influence de plusieurs facteurs contrôlant la qualité des eaux souterraines et de surface. En saison pluvieuse, 32,05% et 67,95% des points d'eau ont respectivement une concentration en  $\text{NO}_3^- < 10 \text{ mg/L}$  et  $\text{NO}_3^- > 10 \text{ mg/L}$ . En saison sèche, 15,38% et 84,61% des points d'eau ont respectivement une concentration en  $\text{NO}_3^- < 10 \text{ mg/L}$  et  $\text{NO}_3^- > 10 \text{ mg/L}$ . Aucun point n'a une concentration en nitrates excédant la valeur guide de [22] qui est de 50 mg/L et les nitrates constituent le composé azoté le plus abondant dans l'eau et ils migrent

aisément à cause de sa solubilité [14]. Les nitrates sont plus abondants en saison pluvieuse pour les eaux de surface et en saison sèche pour les eaux souterraines ( $\text{NO}_3^- > 10 \text{ mg/L}$ ) et proviennent de la décomposition de la matière organique et des engrais azotés minéraux. La forte contamination des eaux souterraines se peuvent se traduire par l'infiltration efficace chaque année des eaux issues du lessivage des terres agricoles. L'accumulation des infiltrations est confirmée par l'âge des plantations car les plus fortes teneurs en nitrates (38,58 mg/L et 29,13mg/L) ont été observées dans puits à proximité ou l'intérieur des plantations d'au moins quinze ans d'existence. Ces fortes concentrations ont été observées dans les puits mal aménagés et mal entretenus. Ces puits sont tous dans des bas-fonds et présentent également des fortes valeurs de turbidités en saison pluvieuse. Les eaux prélevées dans les maraichers, bananeraies et les rizicultures ont montré des concentrations en  $\text{NO}_3^- > 20 \text{ mg/L}$ . Plus de 65% des points d'eau ayant une concentration en  $\text{NO}_3^- < 10 \text{ mg/L}$  sont à proximité des plantations qui n'utilisent pas d'engrais et moins de 35% ont une utilisation rationnelle des engrais pour la fertilisation des terres agricoles. Les eaux de surface présentant de fortes teneurs en nitrates sont situées à proximité des plantations à moins de 20 m et de plus 10 ans d'existence. Tandis que les eaux souterraines qui ont de fortes teneurs en nitrates sont à proximité des plantations de plus 10 ans d'existence et situées à moins de 100 m des plantations. En effet, l'absence et l'insuffisance d'aménagement des puits favorisent contamination des eaux par les nitrates et les résidus de pesticides. Cette vulnérabilité a déjà été signalée dans les travaux de [29] dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. Ces observations sont caractéristiques des zones agricoles où les nitrates des eaux souterraines et des eaux de surface proviennent en grande partie des engrais utilisés dans les activités agricoles et de la décomposition de la matière organique. Les travaux de [30] ont montré que les fortes concentrations en pesticides, de nitrite, de fer et de plomb ont été observées en saison pluvieuse dans les eaux de surface du barrage de Koko dans la commune de Korhogo et sont dues à l'agriculture urbaine pratiquée à proximité du barrage.

## 5 CONCLUSION

Cette étude a permis d'identifier les paramètres qui contribuent à la dégradation de la qualité des eaux de surface et souterraines en milieu agricole dans le département d'Agboville. Les fortes teneurs des matières actives des herbicides (0,42  $\mu\text{g/L}$  et 0,28  $\mu\text{g/L}$ ) ont été observées dans les eaux à proximité ou au sein dans les plantations d'hévéa et des rizières qui ont plus de 5 ans d'existence. Quant aux fortes teneurs des matières actives des insecticides (0,30  $\mu\text{g/L}$  et 0,32  $\mu\text{g/L}$ ), elles ont été observées dans les maraichères et des plantations de cacao qui ont également plus de 5 ans d'existence. Les points d'eau ont été contaminés par des pesticides en saison pluvieuse qu'en saison sèche. Les fortes teneurs des nitrates ont été enregistrées en saison sèche qu'en saison pluvieuse et les eaux souterraines sont plus contaminées que les eaux de surface.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leurs profondes gratitudeux aux paysans pour l'autorisation d'accéder à leurs exploitations et de prélever des échantillons d'eau.

## REFERENCES

- [1] M. LAGNIKA, M. IBIKOUNLE, F. MAZOU, N. SAKITI et C. BOUTIN (2014). Diversité faunistique et qualité physicochimique de l'eau des puits à Parakou (Bénin, Afrique de l'Ouest). *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse* 150: pp. 59-72.
- [2] P. QUEVAUVILLER (2010). Protection des eaux souterraines: Législation européenne et avancées scientifiques. Editions TEC & DOC, Lavoisier, 432 p.
- [3] N. NEHME (2014). Evaluation de la qualité de l'eau du bassin inférieur de la rivière de Litani, Liban: approche environnementale. Thèse de Doctorat. Université de Lorraine, France, 359 p.
- [4] B. AGBANDOU, D. HOUESSO, F. THOTO et G. CHABI (2018). Déséquilibre écosystémique du complexe lagunaire lac Nokoué. *Centre d'Actions pour l'Environnement et le Développement Durable, Abomey-Calavi, Bénin* 8p.
- [5] D. LEENHARDT et M. VOLTZ (2020). Chapitre 1 - Les impacts réciproques de l'agriculture et de la ressource en eau In: L'eau en milieu agricole: Outils et méthodes pour une gestion intégrée et territoriale. Versailles: Éditions Quæ, pp. 19-37.
- [6] E. F. KOUADIO (2021). Facteurs associés à la qualité et évaluation des risques sanitaires liés à l'eau de consommation de sept localités de la Côte d'Ivoire. Thèse Unique de Doctorat, Institut National Polytechnique Felix Houphouët- Boigny, République de Côte d'Ivoire, 161 p.
- [7] FAO et CIRAD (2021). Fruits et légumes - Opportunités et défis pour la durabilité des petites exploitations agricoles. Rome, 194 p. <https://doi.org/10.4060/cb4173fr>.
- [8] FAO and IWMI (2017). Water pollution from agriculture: a global review - Executive summary. 29 p.
- [9] US EPA 2016. Water quality assessment and TMDL information. Washington, DC, United States Environmental Protection Agency (US EPA) (available at: [https://ofmpub.epa.gov/waters10/attains\\_index.home](https://ofmpub.epa.gov/waters10/attains_index.home)).
- [10] FAO (2013). Guidelines to control water pollution from agriculture in China, Water Report 40.

- [11] N. M. FASSINO, F. M. GOUISSI, O. S. GOURA, W. B. YESSOUFOU, T. S. BIAOU (2023). Impact de la contamination agricole sur la qualité physico-chimique et biologique des eaux de surface: synthèse bibliographique. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)*. Vol. 39 No. 1 June 2023, pp. 64-83.
- [12] K. J. P. KONAN, K. T. YAO et B. ADIAFFI (2023). 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. *Afrique SCIENCE* 22 (3), pp. 34 – 43.
- [13] K. E. AHOUSI, N. SORO, Y. B. KOFFI, G. SORO et J. BIEMI (2010). Origine de la minéralisation des eaux des aquifères discontinus sous couvert forestier de la zone Sud de la Côte d'Ivoire: cas de la région d'Abidjan-Agboville. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4 (3), pp. 782-797.
- [14] K. R. OROU, G. SORO, T. D. SORO, N. M. R. FOSSOU, Z. O. ONETIE, K. E. AHOUSI et N. SORO (2016). Variation saisonnière de la qualité physicochimique des eaux souterraines des aquifères d'altérites du département d'Agboville (Sud-Est De La Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, Vol.12, No.17, pp.213-240.
- [15] INSTITUT NATIONAL DE STATISTIQUE (2021). Recensement Général de la Population et de l'Habitat 2021. Résultats Globaux Définitifs, 68 p.
- [16] B. LADOUCHE, L. CHERY et E. PETELET-GIRAUD (2004). Contribution à la caractérisation des états de référence géochimie des eaux souterraines. Application de la méthodologie en milieu de socle fracturé (Naizin, Morbihan), B.R.G.M/RP-53025-FR-Rapport final, 67p.
- [17] MINISTERE DE L'ÉCOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE et AGENCES DE L'EAU (2003a). Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau: Grilles d'évaluation SEQ-eau, version 2, 40p.
- [18] MINISTERE DE L'ÉCOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE et AGENCES DE L'EAU (2003b). Système d'évaluation de la qualité des eaux souterraines SEQ - Eaux Souterraines Rapport de présentation, version 1, 22p.
- [19] ARRA: Association Rivière Rhône Alpes (2015). POLLUTION DE L'EAU LIÉE AUX ACTIVITÉS AGRICOLES. Actes de la journée technique du 27 février 2015, Alixan (26), France, 34 p.
- [20] N. PARE (2011). POLLUTION DE L'EAU PAR LES PESTICIDES EN MILIEU VITICOLE LANGUEDOCIEN: Construction d'un modèle couplé pression-impact pour l'expérimentation virtuelle de pratiques culturales à l'échelle de petits bassins versants. Thèse Unique de Doctorat, Centre International d'Études Supérieures en Sciences Agronomiques (Montpellier SupAgro), France, 301 p.
- [21] S. K. TRAORE, K. MAMADOU, A. DEMBELE, P. LAFRANCE, P. MAZELLIER et P. HOUENOU (2006). Contamination de l'eau souterraine par les pesticides en régions agricoles en Côte d'Ivoire (Centre, Sud et Sud-Ouest). *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 8, pp. 157-170.
- [22] A. BONNEFOY (1998). Impact des intrants agricoles sur la qualité des eaux en zone cotonnière du Mali-Sud (bassin du Bani). Institut Universitaire Professionnalisé « Environnement, Technologies et Société » Spécialisation « Environnement, Chimie Analytique et Écosystèmes», ORSTOM/LECOM, Bamako, 24 p.
- [23] K. H. Tapsoba et L. Y. Bonzi-Coulibaly (2006). Production cotonnière et pollution des eaux par les pesticides au Burkina Faso. *J. Soc. Ouest-Afr. Chim.* N°21, pp. 87-93.
- [24] V. M. TRUDEAU, M. RONDEAU et A. SIMARD (2011). Pesticides aux embouchures de tributaires du lac Saint-Pierre (2003-2008), Environnement Canada, Direction des sciences et de la technologie de l'eau, Section monitoring et surveillance de la qualité de l'eau, Montréal, xiv + 62 p.
- [25] P. SUTTON, J. PERRON, L. C. GIUDICE et T. J. WOODRUFF (2011). Pesticides Matter. A primer for reproductive health physicians. Program on Reproductive Health and the Environment, University of California, San Francisco, USA, p. 23. [https://prhe.ucsf.edu/sites/g/files/tkssra341/f/pesticidesmatter\\_whitepaper.pdf](https://prhe.ucsf.edu/sites/g/files/tkssra341/f/pesticidesmatter_whitepaper.pdf)
- [26] M. ALLSOP, C. HUXDORFF, P. JOHNSTON, D. SANTILLO, K. THOMPSON. (2015). Santé: les pesticides sèment le trouble. Greenpeace Research Laboratories, School of Biosciences, University of Exeter, p. 54.
- [27] OMS (2011). Guidelines for Drinkingwater Quality, 4 th éd., p 518.
- [28] K. T. YAO, M-S. OGA, O. FOUCHÉ, D. BAKA, C. PERNELLE et J. BIEMI (2012). Évaluation de la potabilité chimique des eaux souterraines dans un bassin versant tropical: cas du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 6 (6), pp. 7069-7086.
- [29] N. S. ANDON, K. A. ALLA et Y. S. KOFFI (2018). Impact de l'agriculture urbaine sur la qualité des ressources en eau de surface du nord de la Côte d'Ivoire: cas du barrage de Koko dans la Commune de Korhogo. *International Journal of Humanities and Social Science Research*, Vol.4, No 2, pp. 20-29.