

EFFET DE L'APPORT D'INTRANTS AGRICOLES SUR LE COUPLE EAU-SÉDIMENT DES ZONES CACAOYÈRES À YABAYO DANS LE DÉPARTEMENT DE SOUBRÉ AU SUD-OUEST DE LA CÔTE D'IVOIRE

Louan Odile BLE^{1*}, Tanina Drissa SORO², Marie Paule HIEN¹
et Gnamba Serge DEGNY³

¹ Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Laboratoire des Sciences du Sol de l'Eau et de Géomatériaux (SSEG), BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

² Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Environnement, Laboratoire des Sciences et Technologies de l'Environnement, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

³ Ministère de la Santé Publique, Laboratoire des Eaux de l'Institut National d'Hygiène Publique (INHP), BP V14 Abidjan, Côte d'Ivoire

(reçu le 25 Octobre 2022; accepté le 30 Novembre 2022)

* Correspondance, e-mail : bleodile2@gmail.com

RÉSUMÉ

Les ressources en eau de la région de Soubré sont d'une importance capitale pour les populations. Cependant, elles sont menacées par la pollution, essentiellement due à l'utilisation des intrants dans les plantations. Cette étude vise à caractériser les influences de ces intrants sur le couple eau-sédiment de la région, pour une gestion rationnelle et durable. La détermination des teneurs en éléments traces métalliques a été faite à l'aide d'un Spectrophotomètre d'Absorption Atomique (SAA). Les éléments chimiques ont été analysés à l'aide du spectrophotomètre de type HACH DR 6000. L'étude de la qualité des eaux en rapport avec les normes OMS a montré qu'au niveau des eaux de surface les valeurs moyennes de DBO₅, (18,64 mg/L) et DCO (15,49 mg/L) sont inférieurs aux normes respectives de 25 mg/L et 125 mg/L de l'OMS. Les sols, des vergers de cacaoyers sont assez fournis en phosphore(P) assimilables. Les valeurs moyennes oscillent autour de 24,31Cmol/Kg, avec un minimum de 3,92 Cmol/Kg et un maximum de 78,4 Cmol/Kg. Au niveau des eaux de surface on enregistre des concentrations moyennes de (0,015mg/L) pour le cadmium, (0,042 mg/L) pour le Zn et (0,062 mg/L) pour le manganèse.

Mots-clés : pesticides, éléments traces métalliques, cacaoculture, Côte d'Ivoire.

ABSTRACT

Effect of agricultural inputs on the water-sediment couple of the cocoa-growing areas of the Department of Soubre, South-West of Côte d'Ivoire

The water resources of the Soubré region are of capital importance for the populations. in the Soubré region are of capital importance for the populations. However, they are threatened by pollution, mainly due to the use of inputs in the plantations. This study aims to characterize the influences of these inputs on the water-sediment couple of the region, for a rational and sustainable management. The determination of the metallic trace element contents was made using an Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). The chemical elements were analyzed using the HACH DR 6000 type spectrophotometer. The study of water quality in relation to WHO standards showed that at surface water level the average values of BOD₅, (18 .64 mg/L) and COD (15.49 mg/L) are below the respective WHO standards of 25 mg/L and 125 mg/L. The soils of cocoa orchards are sufficiently supplied with assimilable phosphorus (P). The average values fluctuate around 24.31 Cmol/Kg, with a minimum of 3.92 Cmol/Kg and a maximum of 78.4 Cmol/Kg. In surface waters, average concentrations of (0.015mg/L) for cadmium, (0.042 mg/L) for Zn and (0.062 mg/L) for manganese are recorded.

Keywords : *pesticides, metallic trace elements, cocoa farming, Ivory Coast.*

I - INTRODUCTION

Les pesticides sont des produits chimiques utilisés pour tuer les bactéries et les virus. Leur particularité est d'être toxique pour les organismes vivants. Principal moteur de l'économie ivoirienne, le cacao représente à lui seul 40 % des exportations et permet l'emploi de 30 % de la population. Il est également la principale source de revenus des paysans. Le volume de la production est passé de 1.440.450 tonnes pour la période 2012-2013 à 1.740.842 tonnes en 2016-2017 [1]. Les recettes tirées de la vente du cacao ont favorisé le financement de projets tels que le désenclavement du département de Soubré au Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire, qui représente aujourd'hui la nouvelle boucle du cacao. Cette région fournit à elle seule 34 % de la production nationale. Cette culture, qui se pratique dans les zones forestières, est menacée par la déforestation et une faible productivité du sol due à la dégradation des terres [2]. L'application continue d'engrais,

pose un certain nombre de problèmes comme, la baisse du niveau de matière organique et la détérioration de la structure de sol [3]. Ces problèmes affectent la durabilité de la cacaoculture, la présence éventuelle d'élément trace métallique (ETM) dans le couple eau-sol constitue une préoccupation [4]. En effet les travaux récents réalisés [5] dans l'Est de la Côte d'Ivoire, ont montré que les sols cacaocultivés de cette zone avaient des teneurs élevées en ETM (Fe, Mn, Cu, Zn) supérieures aux normes. Ainsi, le fer et le manganèse les plus abondants, ont provoqué respectivement des toxicités ferreuses et l'acidification de ces sols et des eaux, ce phénomène de dynamisme des ETM observé à l'Est de la Côte d'Ivoire ne s'étendrait-il pas sur toute l'étendue du pays ? L'objectif de cette étude est d'appréhender les problèmes posés par l'utilisation excessive d'intrants agricoles contenant des ETM sur la qualité des sols et des eaux utilisées par les populations.

II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

II-1. Localisation de la zone d'étude

Le département de Soubré fait partie de la région de la Nawa. Il se situe entre les longitudes 6°19' et 6°57' Ouest et les latitudes 5°26' et 6°13' Nord. (*Figure 1*). Il comprend quatre (4) sous-préfectures qui sont Grand-Zattry, Okrouyo, Liliyo et Soubré. Il est limité au Nord par le département d'Issia, au Sud par les départements de Méagui et Sassandra, à l'Est par les départements de Gagnoa et Gueyo et à l'Ouest par le département de Buyo. La superficie du département est 4779 Km². Le climat est sub-équatorial, caractérisé par deux saisons pluvieuses qui se situent entre Avril-Juin et Septembre-Novembre et deux saisons sèches qui se situent entre Juillet-Août et Décembre-Mars. La pluviométrie est abondante (entre 1600 mm et 1800 mm) et atteint un maximum en Juin et Juillet. La température oscille entre 26 °C et 32 °C au cours de l'année.

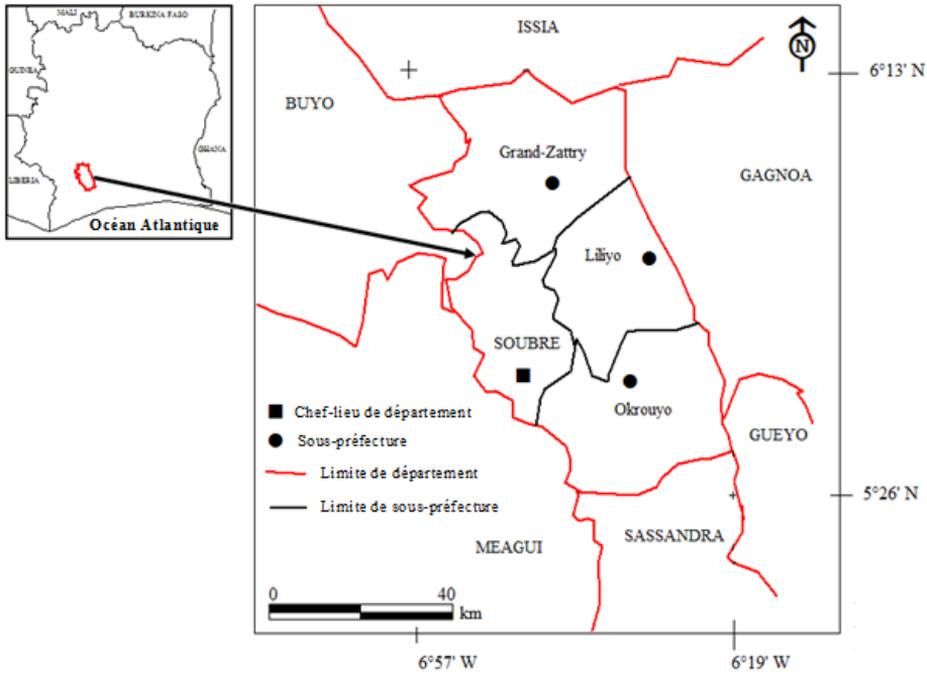


Figure 1 : Carte du département de Soubré

II-2. Contexte pédologique

Les sols rencontrés ont une texture argileuse et limoneuse. Ce sont en générale des sols ferrallitiques fortement et moyennement remaniés avec recouvrement issus de schistes et de granites, soit des pseudogleyic et des cambisols [6]. Les horizons sont humifères peu épais, mais riches en matière organique et bien structurés sous forêt dense. Ces sols sont adaptés aux cultures de cacao, caféier palmier à huile et d'hévéa. Les pesticides dans les plantations se retrouvent non seulement dans les eaux mais aussi dans les sédiments sous-jacents

II-3. Visite de terrain

Une visite de terrain réalisée de Janvier à juillet 2019 dans le département et dans le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Soubré, a permis d'une part, de répertorier les différents pesticides utilisés dans la zone et d'autre part de prélever des échantillons d'eau et de sol. Pour caractériser le transfert des intrants vers les sédiments, un échantillonnage de sédiments de marigot (2 à 4 points/Km²) a été réalisé. Au total 12 échantillons d'eau et de sédiments ont été prélevés sur 12 sites dans la région (*Tableau 1*).

II-4. Identification des pesticides utilisés

Le *Tableau 1* présente les pesticides utilisés dans le département de Soubré. Ce sont le Nodrox à Yabayo, l'algomil à Liliyo, le callicuivre à Méagui, le fongex C77 à Okrouyo, le fongicao 72 % WP à Oupoyo, le kocide 2000 à Buyo, le manconil 72 % à Soubré, le nordox 75 à Mayo, le tropic 66WP à Kragui, l'actara 25 WG à Koda et le caodiaz 600 à Kipin. Quelques pesticides sont présentés à la

Tableau 1 : Pesticides utilisés dans le département de Soubré

Sites	Nom du pesticide	Localités
ST1	NODROX 75	Yabayo
ST2	ALGOMIL 72 %	Liliyo
ST3	CALLICUIVRE (2)	Méagui
ST4	FONGEX C77	Okrouyo
ST5	FONGICAO 72 % WP	Oupoyo
ST6	FONGIO PLUS 72% WP	Grand-Zatri
ST7	KOCIDE 2000	Buyo
ST8	MANCONIL 72 %	Soubré
ST9	NORDOX 75	Mayo
ST10	TROPIC 66 WP	Kragui
ST11	ACTARA 25 WG	Koda
ST12	CAODIAZ 600	Kipin

II-5. Méthode d'échantillonnage d'eau et de sédiments

L'analyse de la qualité des eaux dans les plantations du département de Soubré s'est faite à partir des échantillons d'eau de surface. Les éléments chimiques concernés étaient la DBO₅ et la DCO. Douze stations de prélèvement ont été retenues. Les échantillons de sédiments ont été prélevés au moyen d'une petite benne de type Van-Veen, puis placés dans une glacière à (4°C). Les paramètres concernés étaient le calcium (Ca²⁺), le potassium (K⁺), le magnésium (Mg²⁺), le Phosphore (P), la matière organique (MO) et la Capacité d'Echange Cationique (CEC). Les échantillons de sédiment étaient influencés par la matière organique (*Figure 2*).

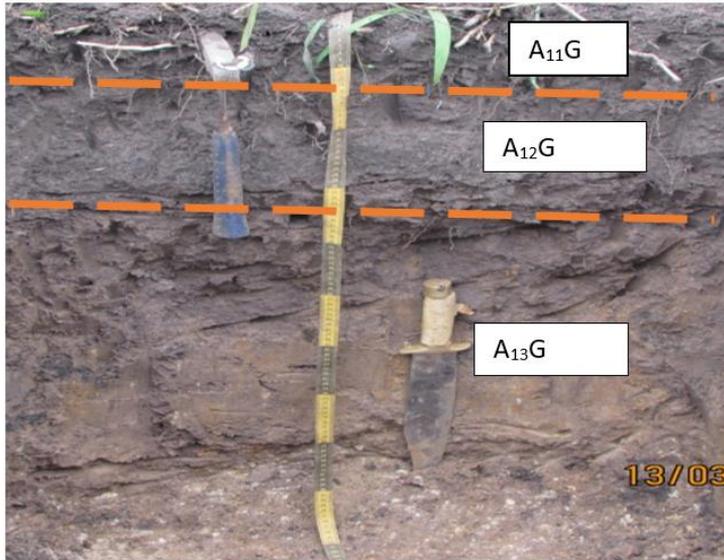


Figure 2 : Profil du bas- versant à Yabayo

- 0-8 cm : horizon A₁₁G : brun (5YR4/1), tache (10YR7/8), humifère ; sablo-argileux avec 25-30 % d'argile, sable fin et moyen, structure polyédrique sub-anguleuse, cohérent à meuble, poreux, transition nette.
- 8-18 cm : horizon A₁₂G brun (10YR6/3) frais, peu humifère, taches (10R4/6), sablo-argileux avec 10-15 % d'argile, structure polyédrique sub- argileux, poreux, transition progressive.
- 18-82 cm : horizon A₁₃G brun (2,5Y6/3), frais, très peu humifère, tache (7,5YR7/6), argilo-sableux avec 5-10 % d'argile, sable moyen, structure polyédrique, poreux.

II-6. Méthode de détermination des oligoéléments

Les Mn, Cu, Cd, Zn ont été extraits par une solution d'EDTA (Ethylène Diamine Tétra-acétique Acide), puis dosés par spectrophotométrie d'absorption atomique au laboratoire d'analyse chimique du CIAPOL. Ces éléments sont, d'une part, des éléments traces métalliques à risque pour la santé humaine et d'autre part, des contaminants les plus souvent cités dans le recensement des sites et des sols pollués [7].

III - RÉSULTATS

III-1. Porosité du sol et infiltration des ETM

La porosité du sol varie considérablement d'une couche à l'autre. La profondeur de l'horizon superficiel est en moyenne de 15 cm avec des minimums de 0 cm et des maximums de 20 cm. Les horizons de surface fournissent davantage d'eau aux plantes que les horizons profonds, puisque la majorité des racines s'y trouvent. Les particules du sol ont été prélevées après récolte, après la saison des pluies (*Tableaux 2 et 3*).

Tableau 2 : Description de la fosse bas- versant de Yabayo

Profondeur	0-8 cm	8-18 cm	> 18 cm
Couleur	Humifère	Peu humifère	Très peu humifère
Texture	Sablo-limoneuse	Sablo-limoneuse	Argilo-sableuse
Éléments grossiers	Faible charge d'éléments grossiers	Forte charge d'éléments grossiers	Forte charge d'éléments grossiers présents
Structure générale	Fragmentaire	Fragmentaire polyédrique	Particulaire
Porosité générale	Poreux (centimétrique)	Poreux (centimétrique)	Poreux (centimétrique à millimétrique)
Type d'horizon	A ₁₁ G	A ₁₂ G	A ₁₃ G

Tableau 3 : Caractéristiques de la porosité

Temps (s)	Caractéristique du sol	φ des pores	Dynamique de l'eau
20 à 40	Très poreux	Centimétrique	Circulation de l'eau libre
40 à 60	Poreux	Centimétrique à Millimétrique	Rétention d'eau disponible pour les Végétaux
> 60	Peu poreux	Millimétrique	Rétention d'eau non disponible pour les végétaux

III-2. Caractéristiques chimiques des sols de Yabayo

Dans l'ensemble, les sols des douze vergers de cacaoyers sont assez fournis en phosphore assimilables. Les valeurs moyennes oscillent autour de 24,31 Cmol/Kg, avec un minimum de 3,92 Cmol/kg et un maximum de 78,48 Cmol/Kg. Les concentrations des sols en base échangeable (Ca²⁺, K⁺, Mg²⁺) sont également faibles. Les valeurs moyennes sont respectivement (5,71 Cmol/Kg, 0,35 cmol/Kg et 1,66 Cmol/Kg) (*Tableau 4*).

Tableau 4 : Caractéristiques physico-chimiques des sols étudiés

Varriables	Nombre de vergers	Min	Moy	Maxi	Ecart-type
pH (UpH)	12	5,00	5,91	7,10	0,76
MO (mg/kg)		1,41	4,29	12,21	2,96
Argile (p.c)		15,00	42,08	70,00	19,47
CEC (cmol/kg)		2,50	10,74	17,40	5,20
Ca ²⁺ (cmol/kg)		0,93	5,71	12,82	3,78
K ⁺ (cmol/kg)		0,11	0,35	0,64	0,15
Mg ²⁺ (cmol/kg)		0,45	1,66	3,29	0,88
P (cmol/kg)		3,92	24,31	78,45	25,54

CEC : Capacité d'Echange Cationique

III-3. Caractéristiques des paramètres chimiques des eaux de surface

III-3-1. Demande chimique en oxygène (DCO) des eaux de surface

En saison pluvieuse, la DCO varie entre 2,10mg/L et 33,610 mg/L avec une moyenne de 15,89 mg/L. Par contre en saison sèche, ce paramètre est compris entre 10,10 mgO₂/L et 93,46 mgO₂/L, avec une moyenne de 33,71 mgO₂/L. Ces valeurs traduisent une forte variation de la DCO en saison sèche qu'en saison pluvieuse.

III-3-2. Demande biochimique en oxygène (DBO₅) des eaux de surface

Les concentrations en DBO₅ dans les eaux de surface en saison pluvieuse varient de 0 mg/L à 150 mg/L, avec une moyenne de 18,64 mg/L. En saison sèche les concentrations en DBO₅ oscillent entre 4 mg/L et 41 mg/L avec une valeur moyenne de 14,93 mg/L. Ces valeurs témoignent que les concentrations en DBO₅ sont fortes en saison pluvieuse qu'en saison sèche.

III-3-3. Qualité chimiques de l'effluent de Yabayo

Les résultats des paramètres chimiques de l'effluent de Yabayo, montrent que la valeur de la DCO en saison pluvieuse (142,89mg/L) est supérieure à la norme OMS de 125 mg/L. En saison sèche, la valeur de la DBO (123,71 mgO₂/L) est supérieure à la norme (25mg/L). Le rapport DCO/ DBO₅ en saison pluvieuse est 1,15 et celui en saison sèche est de 2,1 (*Tableau 5*).

Tableau 5 : Valeurs moyennes des paramètres chimique de l'effluent de Yabayo

Paramètres	DCO (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	DCO/DBO ₅
Saison pluvieuse	142,89	123,71	1,15
Saison sèche	123,71	58,64	2,1
Normes OMS	125	25	1,66

III-4. Résultats de l'analyse des Eléments Traces Métalliques des eaux de Yabayo

III-4-1. Effets de quelques éléments traces métalliques (ETM)

Les ETM atteignent les feuilles, puis s'accumulent au niveau des sédiments et les eaux [8]. Les dépôts eau-sédiment constituent de véritables filtres et réservoirs pour les contaminants et forment d'importantes sources de contamination. Le plomb métallique (Pb⁰) devient toxique sous la forme ionisée (Pb²⁺). Les doses trop élevées sont nocives.

III-4-2. Cadmium(Cd) des eaux de surface

En saison pluvieuse, les concentrations de Cd varient de 0 mg/L à 0,140 mg/L avec une moyenne de 0,056 mg/L. Par contre en saison sèche, elles varient entre 0 mg/L et 0,071 mg/L avec une moyenne de 0,015 mg/L. La moyenne en saison pluvieuse est plus élevée que la moyenne en saison sèche.

III-4-3. Zinc (Zn) des eaux de surface

En saison pluvieuse la concentration en zinc est comprise entre 0 et 0,241 mg/L, avec une moyenne de 0,042 mg/L, en saison sèche, la concentration fluctue entre 0 et 0,1 mg/L pour une moyenne de 0,018 mg/L. La concentration moyenne en saison pluvieuse est plus importante que la moyenne en saison sèche. Ces valeurs sont en dessous de la normes OMS (3 mg/L).

III-4-4. Cuivre (Cu) des eaux de surface

La concentration en cuivre est importante dans les eaux de surface de Yabayo uniquement en saison pluvieuse, avec des concentrations allant de 0 mg/L à 0,127 mg/L, pour une moyenne de 0,013 mg/L. les concentrations de cuivre sont faibles conformément aux normes OMS (2011) de 2 mg/L.

III-4-5. Manganèse des eaux de surface

Les valeurs de Mn sont élevées pendant la saison pluvieuse. Elles varient de 0,1624 mg/L à 0,051mg/L contre 0,041 1mg/L à 0,036 mg/L en saison sèche (*Tableau 6*).

Tableau 6 : Valeurs moyennes (mg/L) des Eléments Traces Métalliques des eaux de surface de Yabayo

Paramètres	Zn	Cu	Mn	Cd
Saison pluvieuse	0,042	0,013	0,162	0,056
Saison sèche	0,018	0,0	0,05	0,018
Normes OMS	3	2	0,4	0,003

III-5. ETM de l'effluent de Yabayo

Les valeurs des éléments traces métalliques dosés dans l'effluent de Yabayo sont mentionnées dans le (*Tableau 7*). L'analyse du tableau montre qu'en saison pluvieuse et en saison sèche, les valeurs sont au-dessus de la norme. Le Zn (34,08mg/L), le Cu (21 mg/L), et le Cd (10 µg/L) sont élevés. En saison pluvieuse, le Zn (92 mg/L), le Cd (29 mg/L) et le Cu (76 mg/L) sont également importants.

Tableau 7 : Valeurs des Eléments Traces Métalliques (mg/L) de l'effluent de Yabayo

Paramètres	Zn	Cu	Mn	Cd
saison pluvieuse	92	76	15	29
Saison sèche	34,08	21	11	10
Normes OMS	3	2	0,4	0,003

IV - DISCUSSION

IV-1. Caractérisation physico-chimique du couple eau-sol de Yabayo

La toposéquence ouverte à Soubré a permis la mise en évidence des caractéristiques des sols de la région. Dans l'ensemble, ces sols présentent quelques traits morphologiques semblables à savoir : un bon drainage, une bonne porosité, une forte teneur en éléments grossiers. Les profondeurs au-delà d'un (1) mètre sont favorables à la cacaoculture [9]. Les vergers de cacaoyers sont assez fournis en phosphore(P) assimilable. Les valeurs

moyennes oscillent autour de 24,31 cmol/Kg, avec un minimum de 3,92 Cmol/Kg et un maximum de 78,48 Cmol/Kg. Les paramètres chimiques, les eaux de surface contiennent de fortes quantités de matières organiques, avec des valeurs moyennes de DBO₅ et de DCO respectives de 150 mg/L et 33,6 mg/L en saison pluvieuse. Ces valeurs de DBO₅ et de DCO sont importantes par rapport aux normes OMS respectives de 25 mg/L et 125 mg/L. Ces résultats montrent que la matière organique est abondante dans les eaux superficielles en saison pluvieuse qu'en saison sèche. Cette matière organique aurait pour origine les fertilisants utilisés dans la cacaoculture comme en témoignent les fortes valeurs de DBO₅ et de DCO de l'effluent de Yabayo qui sont respectivement de 123,71 mg/L et 142,89 mg/L, supérieures aux normes. Le rapport DCO/DBO₅, détermine l'origine des eaux usées qui affectent la qualité des cours d'eau et donne une indication sur la biodégradabilité par la matière organique des eaux [10]. En effet les engrais sont composés de Cd, de Zn et de Cu [11]. Les valeurs moyennes de Cd des eaux de surface sont respectivement de 0,140 mg/L en saison pluvieuse et de 0,07 mg/L en saison sèche.

Ces résultats montrent que les valeurs moyennes en cadmium des eaux de surface sont élevées, en saison pluvieuse qu'en saison sèche. Les principaux effets de l'exposition à long terme au cadmium sont la maladie obstructive chronique, les maladies rénales, le cancer [12]. L'origine du cadmium est superficielle [13]. La présence du cadmium comme contaminant dans les engrais utilisés en agriculture peut contribuer à cette pollution [14]. Les travaux de [15] prétendent que dans les milieux aquatiques, le cadmium, peut provenir des activités industrielles, de l'érosion naturelle, du lessivage des sols agricoles (engrais phosphatés), de la dissolution de certaines canalisations galvanisées ou en plastiques ainsi que des décharges industrielles et du traitement industriel des mines. Les travaux de [16] ont montré que les ETM (Mn, Cu, Zn, Cd) sont significativement plus abondants au niveau des feuilles que dans les sols et l'eau. Ces résultats sont en accord avec nos résultats. En effet, nos résultats ont montré de faibles valeurs d'ETM dans les eaux de surface. Les ETM ont tendance à plus s'accumuler dans les parties aériennes des cacaoyers que dans les eaux. Ces résultats sont confirmés par les auteurs [17] qui ont montré d'importantes accumulations d'ETM dans les feuilles des végétaux.

IV-2. Mobilité potentielle des ETM

Le comportement des métaux lourds dans les sols dépend fortement de la nature et de la proportion des différents composants de ce sol. Les principaux composants du sol peuvent influencer la rétention des métaux.

La mobilité des ETM dans le sol est sous l'influence des fluctuations de pH [19]. L'augmentation des concentrations en Mn avec le pH constatée dans les différents sols suggère la présence d'une importante quantité d'eau dans ces sols, favorisant l'apparition de la forme réduite du manganèse. A l'opposé, la baisse des concentrations en Mn avec le pH dans les sols s'explique par les conditions oxydantes du milieu, dû à une absence permanente ou temporaire d'eau qui favoriserait l'apparition de la forme oxydée du manganèse (MnO_3). Par ailleurs, le Cu et le Zn seraient absorbés par les hydroxydes de Mn, dans la phase solide du sol. Leur solubilité dépend fortement des fluctuations du pH [20].

V - CONCLUSION

Cette étude a porté sur l'effet du rapport d'intrants agricoles sur le couple eau-sédiment de la zone cacaoyère de Soubré. Les sols ont dans l'ensemble un bon drainage, une porosité ouverte, une bonne teneur en éléments grossiers. Les valeurs moyennes de phosphore (P) des sols sont importantes, avec un minimum de 3,92 Cmol/Kg et un maximum de 78,48 Cmol/Kg. Les analyses chimiques des eaux de surface du site de Yabayo ont donné des valeurs moyennes de 33,6 mg/L pour le DCO et 15,89 mg/L en DBO₅. Mais dans les effluents les valeurs sont plus élevées 142 mg/L pour le DCO et 123 mg/L pour le DBO₅, supérieures aux normes respectives de 125mg/L et 25 mg/L, ces valeurs témoignent une concentration importante de la matière organique dans le couple eau-sédiments. Aussi, les analyses chimiques des eaux ont révélé des teneurs importantes en certains Eléments Traces Métalliques qui sont le Cd (0,071mg/L), le Zn (0,18mg/L), le Cu (0,013) et 0,36 mg/L pour le Mn. Ces valeurs sont certes importantes mais ne dépassent pas les normes requises. Nos investigations ont montré que les ETM sont plus concentrés dans les feuilles que dans les sols et les cours d'eau.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier le Laboratoire CIAPOL qui nous a aidé à faire nos analyses. Le CNRA de la station de Soubré qui a mis une équipe à notre disposition pour les visites de terrain.

RÉFÉRENCES

- [1] - CONSEIL CAFÉ-CACAO, « Campagne de commercialisation du Café-Cacao », rapport du ministère de l'agriculture en Côte d'Ivoire, (2016-2017) 15 p.
- [2] - L. KOKO, K. KASSIN et K. N'GORAN, « Fertilisation minérale du cacao (*Theobroma cacao* L) en Côte d'Ivoire. Acquis vulgarisables et perspectives de recherche ». *Agronomie Africaine*, 23 (3) (2011) 217 - 225 p.
- [3] - J. VOS, B. RITCHIE, « A la découverte du cacao UK » Centre Bakeham Lane Egham, Surrey TW, (2007) 20 p.
- [4] - T. BAIZE, « Les Éléments Traces Métalliques (ETM) dans les sols : Approches fonctionnelles et spatiales », Quae, France, (2002) 570 p.
- [5] - J-C. N'GUESSAN et O. KOTO, « Potentiel de fertilisation chimique des vergers de cacao *theobroma cacao* L. (Malvacea) en Côte d'Ivoire ». *International Journal of innovation and Applied Studies*, Vol. 18, N° 3, (2016) 868 - 879 p.
- [6] - P. DUCHAUFOR, « Pédologie. Sol, végétation, environnement ». Abrégés Masson 4e édition, (1995) 324 p.
- [7] - C. JUSTE, « Appréciation de la mobilité et de la biodisponibilité des éléments traces du sol ». *Sciences du sol*, N° 26 (2000) 103 - 112 p.
- [8] - A. LOUÉ, « Oligo-éléments en agriculture ». Edition Nathan, (1993) 45 - 177 p.
- [9] - G. MOSSU, « Le cacaoyer ». Collection le technicien d'agriculture tropicale. Edition Maisonneuve et Larousse, Paris, (1990) 159 p.
- [10] - ONEP, « Approche de la typologie des eaux usées urbaines au Maroc ». Rapport d'activité, (1998) 20 p.
- [11] - D. CALAMARI et H. NAEVE, « Revue de la pollution dans l'environnement aquatique africain ». Document technique du CPCA, Rome, FAO, N° 25 (1994) 129 p.
- [12] - G. MIQUEL, « Effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé ». Rapport 261, Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques, (2001) 365 p.
- [13] - L. CITEAU, « Etude des colloïdes naturels présents dans les eaux gravitaires de sols contaminés : relation entre nature des colloïdes et réactivité vis-à-vis des métaux ». Thèse de Doctorat à l'Institut Agronomique. Paris grignon, France, (2004) 236 p.
- [14] - G. YORO, « Formation é la reconnaissance des sols à cacaoyers et aux techniques de régénération cacaoyère. Atelier de formation des techniciens supérieurs », projet STCP. CNRA, (2004) 5 p.

- [15] - R. ANGERVILLE, « Evaluation des risques écotoxicologiques liés au déversement de Rejets Urbains Temps de Pluie (RUTP) dans les cours d'eau : Application à une ville française et à une ville haïtienne ». Thèse de Doctorat de l'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, (France), (2009) 424 p.
- [16] - L. DENAIX, « Transfert sol-eau –plante d'éléments traces dans les écosystèmes cultivés contaminés ». Mémoire d'habilitation à diriger des recherches. Université de Pau et des Pays de l'Adour, France, (2007) 117 p.
- [17] - D. SNOECK, « Importance d'une bonne gestion de la fertilité des sols pour une production durable de Cacao ». CIRAD, *Revue agriculture*, Vol. 14, (2011) 46 p.
- [18] - OMS, « Guideline for drinking-water quality ». Fourth Edition. World Health Organization Publication. Geneva, Switzerland, (2011) 307 - 447 p.
- [19] - C. SCHVART, J. C. MULLER et J. DECROUX, « Guide de la fertilisation raisonnée ». Edition France Agricole Paris, France, (2005) 414 p.
- [20] - N. TOURE, « Contamination des sols, eau et produits maraichers par les Eléments Traces Métalliques dans la vallée du Nieké, dans le Sud Est de la Côte d'Ivoire ». Thèse de doctorat, Université Félix Houphouët Boigny Cocody, (2012) 170 p.