

Diagnostic du fonds pédogéochimique des sols développés sur matériaux volcano-sédimentaires au Blafo-Guétó (Toumodi) dans le Centre-Sud de la Côte d'Ivoire

[Pedogeochemistry background Diagnosis of soil developed on volcanosedimentary materials at Blafo-Guétó (Toumodi) in South-central Côte d'Ivoire]

Yao Kouman Nestor KOUAKOU¹, Guy Fernand YAO¹, Krogba Yves NANGAH²,
Thierry Philippe GUETY¹ et Albert YAO-KOUAME¹

¹Laboratoire de Pédologie et de Géologie Appliquée,
Université Félix Houphouët-Boigny,
Abidjan, Côte d'Ivoire

²Laboratoire Géosciences et Environnement,
Université Nangui Abrogoua,
Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2013 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: This study is made in order to establish a database, which can use as reference value for the current contents in Heavy metals, such as arsenic (As), cadmium (Cd), chromium (Cr), copper (Cu), mercury (Hg), manganese (Mn), nickel (Ni), lead (Pb) and zinc (Zn) in the manganese and gold-bearing region of *Blafo-Guétó* at the Center-South part of Côte d'Ivoire. So, the soil Diagnosis based on the pedogeochemistry background, through two lines, the one on the hill Blafo, the other one on the hill Guétó, allowed to know that except the manganese (Mn) and the copper (Cu), the studied heavy metals, does not exceed the naturally indicated limit values and are thus polluted. These measured values are included between 0.2 to 1.9 mg.kg⁻¹ for Cd, 12 to 56 mg.kg⁻¹ for Cr, 25 to 299 mg.kg⁻¹ for Cu, 6000 to 50000 mg.kg⁻¹ for Mn, 13 to 38 mg.kg⁻¹ for Ni, 13 to 49 mg.kg⁻¹ for Pb and 25 to 110 mg.kg⁻¹ for Zn. For As and Hg, the measured values are lower than 0.25 mg.kg⁻¹ and, Only Mn and Cu indicated a geochemical anomaly, because exceeding the natural contents in soil. The ranking, in the decreasing order, from the geochemical anomaly to the lowest contents measured in the Blafo-Guétó soils, indicates that: Mn>Cu>Zn>Cr>Pb>Ni>Cd>As, Hg.

KEYWORDS: Pedogeochemistry background, Heavy metals, Volcano sedimentary, Blafo-Guétó, Côte d'Ivoire.

RESUME : Cette étude a été menée dans la perspective d'établir une base de données pouvant servir de valeur de référence pour les teneurs actuelles en éléments traces métalliques (ETM) tels que l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le cuivre (Cu), le Mercure (Hg), le manganèse (Mn), le nickel (Ni), le plomb (Pb) et le zinc (Zn), dans les sols de la région aurifère et manganésifère du *Blafo-Guétó*, au Centre-Sud de la Côte d'Ivoire. Ainsi, le diagnostic du fonds pédogéochimique à travers deux toposéquences, l'une sur la colline *Blafo*, l'autre sur la colline *Guétó* a permis de savoir qu'en dehors du manganèse (Mn) et du cuivre (Cu), dans les sols développés dans cette région, les ETM étudiés, ne dépassent pas les valeurs limites naturellement indiquées et ne sont donc pollués. Ces valeurs mesurées sont comprises entre 0,2 à 1,9 mg.kg⁻¹ pour le Cd, 12 à 56mg.kg⁻¹ pour le Cr, 25 à 299mg.kg⁻¹ pour le Cu, 6000 à 50000mg.kg⁻¹ pour le Mn, 13 à 38 mg.kg⁻¹ pour le Ni, 13 à 49mg.kg⁻¹ pour le Pb et 25 à 110 mg.kg⁻¹ pour le Zn. Quant à l'As et le Hg, les valeurs mesurées sont inférieures à 0,25mg.kg⁻¹ et, seulement le Mn et le Cu présentent une anomalie géochimique, car excédant les teneurs naturelles dans les sols. Le classement, dans l'ordre décroissant, des concentrations anormales aux teneurs les plus faibles mesurées dans les sols du Blafo-Guétó indique que : Mn>Cu>Zn>Cr>Pb>Ni>Cd>As, Hg.

MOTS-CLEFS: Fonds pédogéochimique, ETM, Volcano-sédimentaire, Blafo-Guétó, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Les terrains géologiques volcano-sédimentaires Birimiens de la Côte d'Ivoire, structurés à l'orogénèse éburnéenne [1], [2], regorgent de nombreux gîtes et indices métallifères [3], [4]. Ces terrains, pour la plupart inexplorés jusqu'à la période 1990, se voient actuellement l'objet d'intenses activités de recherche minière. Cependant, différents travaux ont indiqués que l'industrie minière est reconnue pour être un des grands secteurs où l'on peut parler de « *crise de l'environnement* » ([5], [6], [7]-[15]). Dans le cas, par exemple de l'impact sur le sol, des auteurs [16], [17] ont admis et reconnu que les zones d'activités minières avaient un impact négatif, marqué presque exclusivement par la forte concentration en éléments traces métalliques (ETM), un pH très bas, une faible capacité de rétention en eau, une forte conductivité électrique et modifiaient régulièrement le paysage. Aussi, dans le cadre de la gestion et de la valorisation des déchets organiques ou de la gestion appropriée de sites pollués, il est explicitement demandé de se référer à l'état des sols « *naturels* » voisins [18], pour distinguer la part de la contamination des sols propre à l'installation industrielle de celle qui préexistait avant son fonctionnement. Ainsi, connaître le statut d'un sol avant l'installation quelconque d'un projet est très important et peut servir de valeur de référence locale, comme l'ont souligné [19], [20], [21]. C'est donc dans ce cadre, que cette étude est entreprise au *Blafo-Guéto*, au Centre-Sud de la Côte d'Ivoire, dans la région de Toumodi. Cette région tropicale, en plus d'avoir des potentialités aurifères et manganésifères [4], a développé des sols bruns qui suscitent un intérêt scientifique majeur [22]. Il est question dans ce travail, de diagnostiquer ces sols bruns décrits sur les collines « *Blafo* » et « *Guéto* » en s'appuyant sur la pédogéochimie, avec pour objectif d'élaborer un référentiel *sol Blafo-Guéto* en éléments traces métalliques tels que l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le cuivre (Cu), le Mercure (Hg), le manganèse (Mn), le nickel (Ni), le plomb (Pb) et le zinc (Zn).

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 CARACTERISTIQUES DU SITE DE L'ETUDE

2.1.1 LOCALISATION

L'étude est menée dans la localité de Tokréyaokro sur les collines *Blafo* et *Guéto* (fig. 1). Le village de Tokréyaokro est à 6°48'N et 4°58'O à une altitude de 415 m au-dessus du niveau de la mer et fait partie de la région de Toumodi. Il est plus au Nord de Toumodi et est particulièrement surplombé par les hautes collines du *Blafo* et du *Guéto*.

2.1.2 MORPHOLOGIE DU PAYSAGE

Le contexte géomorphologique dans la localité est dominé par la présence des deux grandes collines *Blafo* et *Guéto* avec l'existence de moyen et haut-glacis. Le plus haut sommet est autour de 501 m, où pour le cas de la colline *Blafo*, d'Est en Ouest, l'altitude varie de 100 à environ 450 m.

2.1.3 GEOLOGIE LOCALE

La région du *Blafo-Guéto* comprend trois (3) domaines géologiques dont les limites suivent la direction birrimienne NNE-SSW. Le premier domaine, situé au niveau des collines *Blafo* et *Guéto*, comprend les formations du complexe volcano-sédimentaire birrimien. Le deuxième domaine est constitué des granites et des migmatites éburnéens, situé de part et d'autre du premier domaine, au sud-est et au nord-ouest. Quant au troisième domaine, il est constitué des schistes arkosiques [23]. Dans l'ensemble les formations rencontrées dans ce sillon sont des schistes, des grès, des quartzites, des conglomérats, des brèches, des roches basiques et acides, tous faiblement métamorphisés.

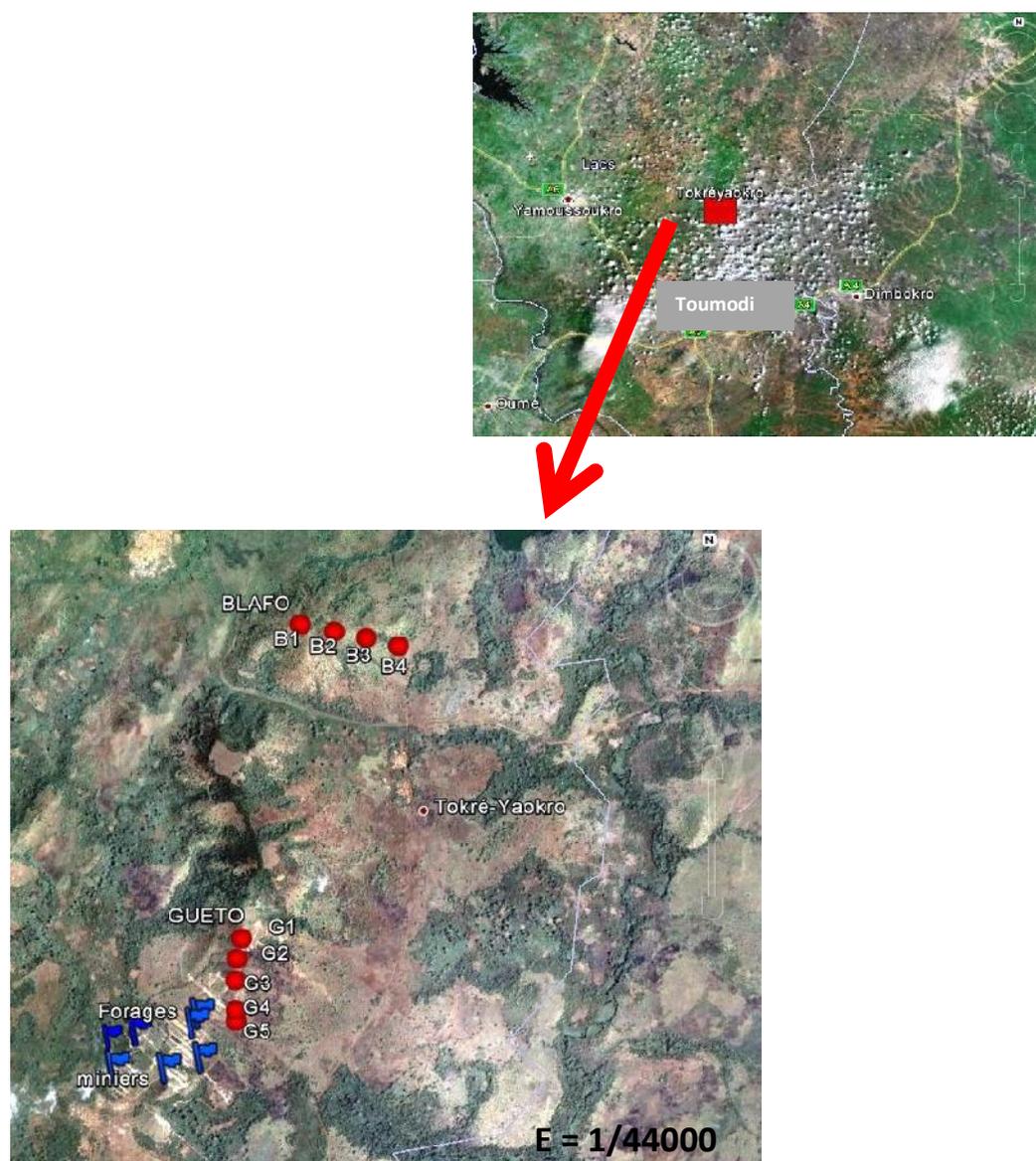


Fig. 1. Localisation du site d'étude

2.1.4 TYPE ET OCCUPATION DES SOLS

Les sols rencontrés au *Blafo-Gueto* sont bruns et eutrophes[22], développés sur la portion volcano-sédimentaire et, pourvus en un fort taux d'éléments grossiers. La région est essentiellement agricole, avec l'existence d'un parc, le parc d'Abokouamékro. En dehors des cultures, le secteur est le témoin d'une végétation arbustive et de reliques de forêt décidue.

2.1.5 ACTIVITES MINIERES

La région du *Blafo-Gueto*, est une région où les indices en manganèse et en or ont été avérés. Concernant l'or, plusieurs travaux de recherche ont été exécutés, avec notamment des campagnes de géochimie sol, de sédiments de ruisseaux, de forages destructifs et carottés. Les travaux exploratoires avancés, ont nécessité l'ouverture de plate-forme de forage (figure 1 et 2) ayant pour conséquence un début de dégradation de l'environnement par érosion et une accumulation de débris de roche en surface (figure 3).

2.2 DEMARCHE METHODOLOGIQUE

2.2.1 PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS SOLS

Les échantillons sols prélevés sur le terrain, sont ceux issus de fosses pédologiques ouvertes sur chacune des collines *Blafo* et *Guéto*. L'ouverture des fosses s'est faite suivant deux toposéquences (fig. 1) en respectant les normes d'un dispositif stratifié par segment topographique (sommet, haut de versant, mi versant et bas de versant). La toposéquence de la colline *Blafo* est à une direction de 108°N avec 4 fosses pédologiques notées du sommet vers le bas de versant B1, B2, B3 et B4. Quant à celle du *Guéto*, elle est à 185°N et composée de 5 fosses numérotées G1, G2, G3, G4 et G5. Ces toposéquences ont été étudiées selon la méthode de [24], et les échantillons prélevés sont représentatifs des horizons décrits. Au total 40 échantillons ont été prélevés pour une répartition de 20 échantillons au *Blafo* et de 20 échantillons au *Guéto*.



Fig. 2. Plate-forme de forage minier



Fig. 3. Forte érosion du sol

2.2.2 ANALYSE QUANTITATIVE GLOBALE DES METAUX

Les échantillons sols soumis à l'analyse ont, dans un premier temps été séchés à l'ombre, à l'air libre pendant 14 jours, puis tamisés à la maille de 2 mm. Ensuite, la partie fine recueillie a été broyée, tamisée à 63 μm et environ 0.3 g a été digérée selon la méthode AIEA pour l'analyse. Cette analyse a été effectuée par Spectrométrie d'Absorption Atomique à Flamme (SAAF) et opérée trois fois pour chaque échantillon. Les éléments recherchés sont : As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn.

2.2.3 TRAITEMENT STATISTIQUE DES DONNEES

Les résultats d'analyse obtenus au laboratoire ont été traités à l'aide du logiciel Statistica 7.1et, pour des besoins d'identification, les tranches d'horizons (échantillons) sont numérotées en utilisant la lettre H, suivie du numéro d'ordre(en chiffre) de l'horizon. Les différences de concentration en éléments traces métalliques des échantillons ont été examinées au travers d'une analyse de la variance (ANOVA), suivies lorsqu'elles étaient significatives par le test de comparaison LSD de Fischer, qui permet d'identifier la ou (les) variable(s) très significativement différente(s) des autres. Les moyennes des variables ont été séparées au seuil $\alpha = 0,05$. Les considérations de compréhension du statut des sols en ces différents ETM, ont amené à apprécier la dynamique verticale et latérale, qui elle, distingue la concentration en chaque ETM selon les horizons humifères (Hs) et non humifères (Hp).

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 DYNAMIQUE VERTICALE DES ETM ETUDIÉS

Les valeurs moyennes indiquant la concentration en chaque élément trace métallique étudié, par tranche d'horizon et par profil de sol sont indiquées dans les tableaux I et II.

Toutes les valeurs indiquées dans ces tableaux, à l'exception de la teneur en cuivre (Cu), que ce soit au *Blafo* ou au *Guétó*, expriment une différence significative au seuil de $\alpha = 0,05$. Notons aussi que le mercure (Hg) et l'arsenic (As), ont des valeurs inférieures à $0,25 \text{ mg.kg}^{-1}$. La dynamique verticale des ETM étudiés est la suivante :

- Au niveau du *Blafo* : les éléments Cd, Cr, Mn, Pb, Zn du profil du sommet (B1) ont des teneurs qui décroissent de l'horizon de surface vers les horizons profonds. Cette situation est la même pour le Cd, au niveau du profil de haut de versant (B2). En revanche, les concentrations élevées pour le Pb concernent les 5 premiers horizons, et pour les autres éléments, les concentrations fortes sont plus en profondeur. Pour le profil de moyen versant (B3), la situation est inverse pour le Cd, où les teneurs élevées sont au niveau des horizons profonds. Seul, le Cu ne s'y apparente pas. Le Mn et le Zn décroissent de la surface vers la profondeur. Quant aux éléments Cr, Ni, ils sont abondants aux horizons intermédiaires. Au niveau du profil plus bas (B4), les horizons intermédiaires sont plus concentrés en ces éléments.

Tableau 1. Valeur moyenne des ETM étudiés au Blafo par tranche d'horizon

Profil	Horizon	Prof. (cm)	Concentration en mg.kg^{-1}								
			As	Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
B1	H1	0 - 5	<0,25	1,34	24,42	80,90	<0,25	11166,65	30,90	29,30	76,08
	H2	5 - 20	<0,25	1,01	18,67	118,96	<0,25	10543,21	20,89	21,73	77,71
	H3	20 - 39	<0,25	0,20	16,56	74,79	<0,25	10879,19	23,20	16,90	74,72
	H4	39 - 70	<0,25	0,62	13,85	93,27	<0,25	7176,55	25,92	11,33	48,16
B2	H1	0 - 7	<0,25	2,00	19,66	163,20	<0,25	13057,99	24,64	51,59	88,86
	H2	7 - 20	<0,25	0,24	18,33	102,41	<0,25	11050,86	28,54	33,68	76,00
	H3	20 - 50	<0,25	1,14	42,81	106,65	<0,25	13498,37	27,64	35,80	91,03
	H4	50 - 60	<0,25	0,63	22,88	164,06	<0,25	13261,76	48,96	37,60	92,64
	H5	60 - 100	<0,25	0,68	34,40	104,20	<0,25	8496,82	26,99	18,57	51,06
B3	H1	0 - 10	<0,25	0,62	13,97	146,67	<0,25	15051,94	24,48	29,11	101,67
	H2	10 - 22	<0,25	0,20	20,05	178,38	<0,25	14527,26	28,94	25,05	105,94
	H3	22 - 35	<0,25	1,17	46,43	84,82	<0,25	11176,84	31,39	32,88	75,90
	H4	35 - 55	<0,25	0,37	38,20	77,11	<0,25	12423,32	25,56	12,53	89,86
	H5	55 - 70	<0,25	1,71	33,68	98,46	<0,25	9644,85	21,31	24,16	56,87
	H6	70 - 120	<0,25	1,21	12,71	92,93	<0,25	7515,80	12,85	21,45	36,46
B4	H1	0 - 5	<0,25	1,35	26,88	68,03	<0,25	8189,36	20,74	29,79	49,76
	H2	5 - 15	<0,25	0,09	25,90	75,54	<0,25	9695,84	14,40	24,92	19,80
	H3	15 - 30	<0,25	1,01	22,04	162,68	<0,25	9555,96	27,76	28,96	74,44
	H4	30 - 50	<0,25	0,06	20,24	121,41	<0,25	10123,20	20,52	30,87	64,94
	H5	50 - 70	<0,25	1,06	28,42	123,21	<0,25	7926,31	16,08	14,61	42,09

- Au niveau du *Guétó* : pour le profil de haut de versant (G1), les concentrations fortes en Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Zn, se rencontrent au niveau des 2 premiers horizons de surface. Pour le Pb, les horizons les plus profonds sont les plus concentrés.

Le Zn et le Cu, ont également leurs horizons de profondeur fortement concentrés. Concernant le profil de haut de versant (G2), les plus fortes concentrations en Cd, Cu, Mn, Pb, Zn sont dans les horizons supérieurs. Aussi, le Cu et le Pb sont forts élevés dans le dernier horizon le plus profond. Le Cr est très concentré dans les horizons de profondeur et le Ni dans les horizons intermédiaires. Les éléments Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Zn sont très concentrés dans les 2 premiers horizons de surface au niveau du profil G3. Seul le Cu est élevé dans les horizons de profondeur. Au niveau du profil G4, le Cd, le Cu, le Mn et le Zn sont forts concentrés dans les 3 derniers horizons. Le Cr et le Ni, plus riches dans les 2 premiers horizons. Quant au Pb, il est plus concentré dans les horizons intermédiaires. Les éléments Cu, Mn, Ni, Pb et Zn sont plus concentrés dans l'horizon de surface du profil de bas de versant (G5). Par contre le Cd et le Cr sont plus concentrés en profondeur.

Tableau 2. Valeur moyenne des ETM étudiés au Guéto par tranche d'horizon

Profil	Horizon	Prof. (cm)	Concentration en mg.kg ⁻¹								
			As	Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
G1	H1	0 - 10	<0,25	1,34	16,67	195,30	<0,25	8811,28	26,11	14,44	53,34
	H2	10 - 25	<0,25	1,27	26,65	139,61	<0,25	9398,65	14,93	19,71	47,43
	H3	25 - 40	<0,25	0,07	15,11	101,74	<0,25	4734,32	13,62	22,57	26,94
	H4	40 - 65	<0,25	0,25	12,97	146,67	<0,25	5302,79	14,64	21,87	35,64
	H5	65 - 120	<0,25	0,50	18,42	133,67	<0,25	6779,31	12,62	35,29	39,35
G2	H1	0 - 10	<0,25	1,23	14,89	113,69	<0,25	6412,27	18,03	23,61	45,16
	H2	10 - 25	<0,25	1,67	15,70	81,40	<0,25	4930,82	26,87	20,52	30,00
	H3	25 - 43	<0,25	1,63	18,05	92,80	<0,25	8408,91	18,48	24,43	47,99
	H4	43 - 70	<0,25	0,64	17,79	102,33	<0,25	5149,76	27,86	19,29	30,09
	H5	70 - 160	<0,25	0,20	20,03	116,08	<0,25	4229,58	15,00	41,95	28,59
G3	H1	0 - 20	<0,25	1,99	57,07	45,53	<0,25	14538,74	23,86	25,58	95,20
	H2	20 - 60	<0,25	0,62	38,02	218,01	<0,25	15572,69	36,05	20,09	106,76
	H3	60 - 100	<0,25	0,26	16,71	188,85	<0,25	8909,99	17,89	18,81	51,23
	H4	100 - 200	<0,25	0,40	15,20	263,46	<0,25	10178,60	18,23	16,79	74,00
G4	H1	0 - 15	<0,25	0,05	30,16	98,23	<0,25	6502,68	21,92	13,10	35,48
	H2	15 - 47	<0,25	0,55	38,91	120,80	<0,25	7243,58	26,97	23,81	47,76
	H3	47 - 100	<0,25	2,51	20,08	107,53	<0,25	5903,16	16,31	48,51	34,49
	H4	100 - 140	<0,25	1,09	13,77	168,21	<0,25	11151,49	31,55	13,26	76,92
G5	H1	0 - 15	<0,25	1,24	39,49	117,32	<0,25	8781,15	31,31	44,38	52,90
	H2	15 - 200	<0,25	1,98	49,98	86,83	<0,25	7616,13	19,43	42,49	42,61

3.2 DYNAMIQUE LATÉRALE DES ETM ETUDIÉS

Les tableaux III et IV représentent les valeurs moyennes des différents ETM étudiés par profil et par tranche d'horizons humifères et non humifères. La couverture latérale de ces ETM a donc été appréciée depuis le sommet de chaque colline jusqu'au bas de versant. Les études statistiques, notamment l'analyse de la variance, ont indiquées une différence significative pour chaque ETM, au seuil de la probabilité $\alpha = 0,05$, à l'exception du Cu. Les figures 4 et 5 sont donc la représentation de la dynamique latérale de ces ETM au *Blafo* et au *Guéto*. Sur le site du *Blafo*, les concentrations en Cd, Pb, Mn et Zn sont plus élevées dans les horizons humifères du sommet jusqu'au bas de versant. En revanche le Cr est plus concentré dans les horizons profonds du haut de versant au bas de versant. Au niveau du Cu et du Ni, ils sont plus concentrés dans l'horizon humifère du moyen versant.

Au niveau du *Guêto*, le Cd est concentré du sommet au moyen versant dans l'horizon humifère, de même que le Mn, le Zn et le Cr. Le Ni est concentré de sommet au bas de versant dans l'horizon humifère. Quant au plomb, c'est seulement au niveau du moyen versant qu'il est plus concentré dans l'horizon humifère. Enfin, le Cu est mieux concentré dans les horizons de profondeur du sommet au tiers inférieur du moyen de versant.

Tableau 3. Valeur moyenne par horizons humifères et non humifères et par profils ETM étudiés au Blafo

Profil	Horizon	Prof. (cm)	Concentration en mg.kg ⁻¹								
			As	Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
B1	Hs	0 - 39	<0,25	0,85	19,88	91,55	<0,25	10863,01	24,99	22,64	76,17
	Hp	39 - 70	<0,25	0,62	13,84	93,26	<0,25	7176,55	25,92	11,33	48,15
B2	Hs	0 - 50	<0,25	1,12	26,93	124,08	<0,25	12535,74	26,94	40,35	85,29
	Hp	50 - 100	<0,25	0,66	28,64	134,13	<0,25	10879,29	37,97	28,08	71,85
B3	Hs	0 - 22	<0,25	0,41	17,01	162,53	<0,25	14789,6	26,71	27,08	103,8
	Hp	22 - 120	<0,25	0,41	32,75	88,33	<0,25	10190,2	22,77	22,75	64,77
B4	Hs	0 - 15	<0,25	0,72	26,39	71,79	<0,25	8942,6	17,57	27,35	34,77
	Hp	15 - 70	<0,25	0,7	23,56	135,76	<0,25	9201,82	21,45	24,81	60,49

Tableau 4. Valeur moyenne par horizons humifères et non humifères et par profil des ETM étudiés au Guêto

Profil	Horizon	Prof. (cm)	Concentration en mg.kg ⁻¹								
			As	Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
G1	Hs	0 - 40	<0,25	0,89	19,47	145,54	<0,25	7648,08	18,22	18,9	42,57
	Hp	40 - 120	<0,25	0,37	15,69	140,17	<0,25	6041,05	13,63	28,58	37,5
G2	Hs	0 - 43	<0,25	1,51	16,21	95,96	<0,25	6584	21,12	24,52	41,05
	Hp	43 - 160	<0,25	0,42	18,91	109,21	<0,25	4689,67	21,43	30,62	29,34
G3	Hs	0 - 60	<0,25	1,3	47,55	131,77	<0,25	15055,72	29,95	22,83	100,98
	Hp	60 - 200	<0,25	0,33	15,95	226,15	<0,25	9544,3	18,06	17,8	62,62
G4	Hs	0 - 47	<0,25	0,3	34,54	109,51	<0,25	6873,13	24,44	18,46	41,62
	Hp	47 - 140	<0,25	1,8	16,92	137,87	<0,25	8527,33	23,93	30,89	55,7
G5	Hs	0 - 15	<0,25	1,24	39,48	117,32	<0,25	8781,15	31,31	44,38	52,9
	Hp	15 - 200	<0,25	1,97	49,97	86,82	<0,25	7616,13	19,43	42,49	42,61

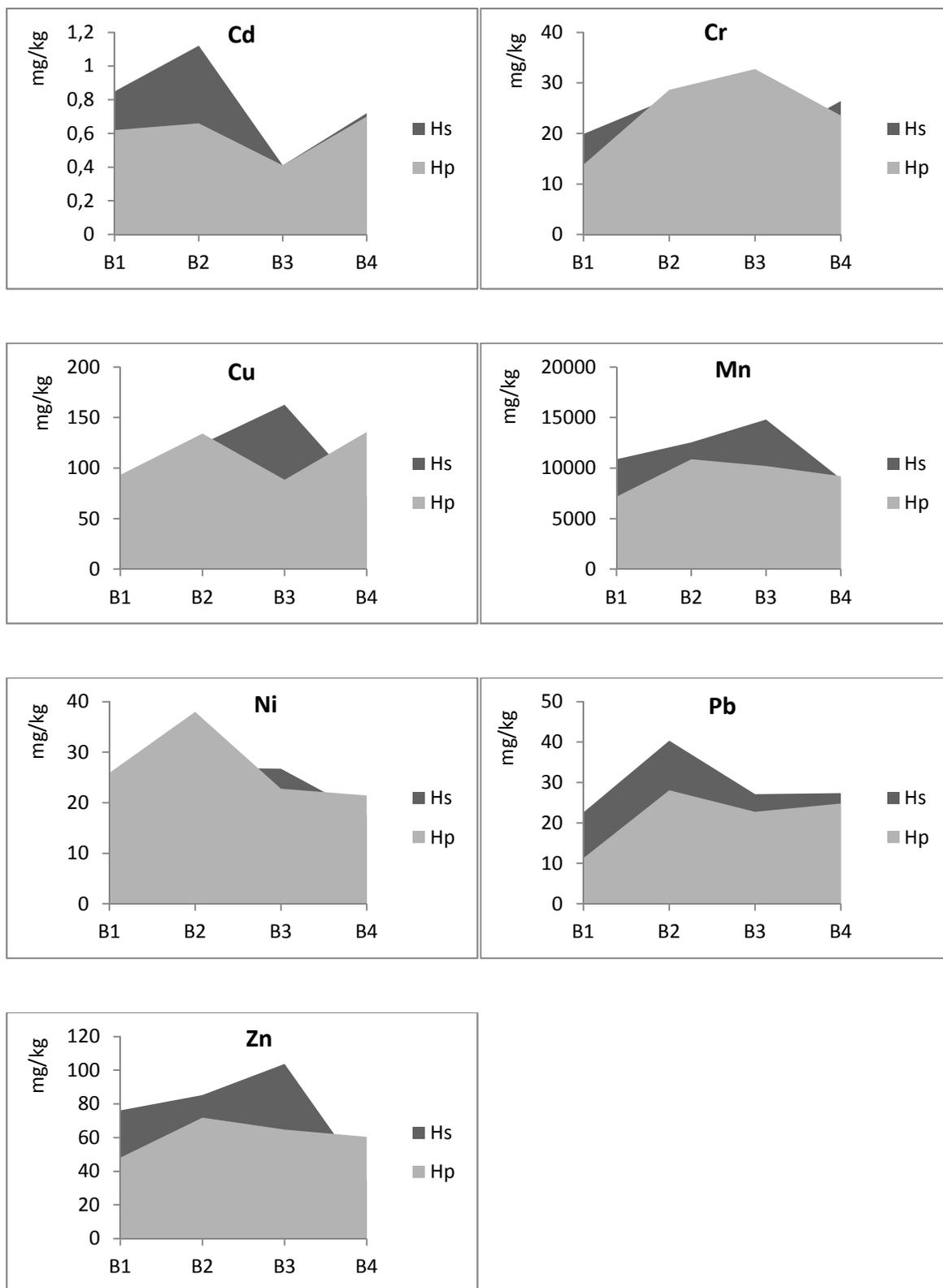


Fig. 4. Couverture latérale des ETM étudiés par tranche d'horizon humifère et non humifère du sommet au bas de versant de la colline Blafo

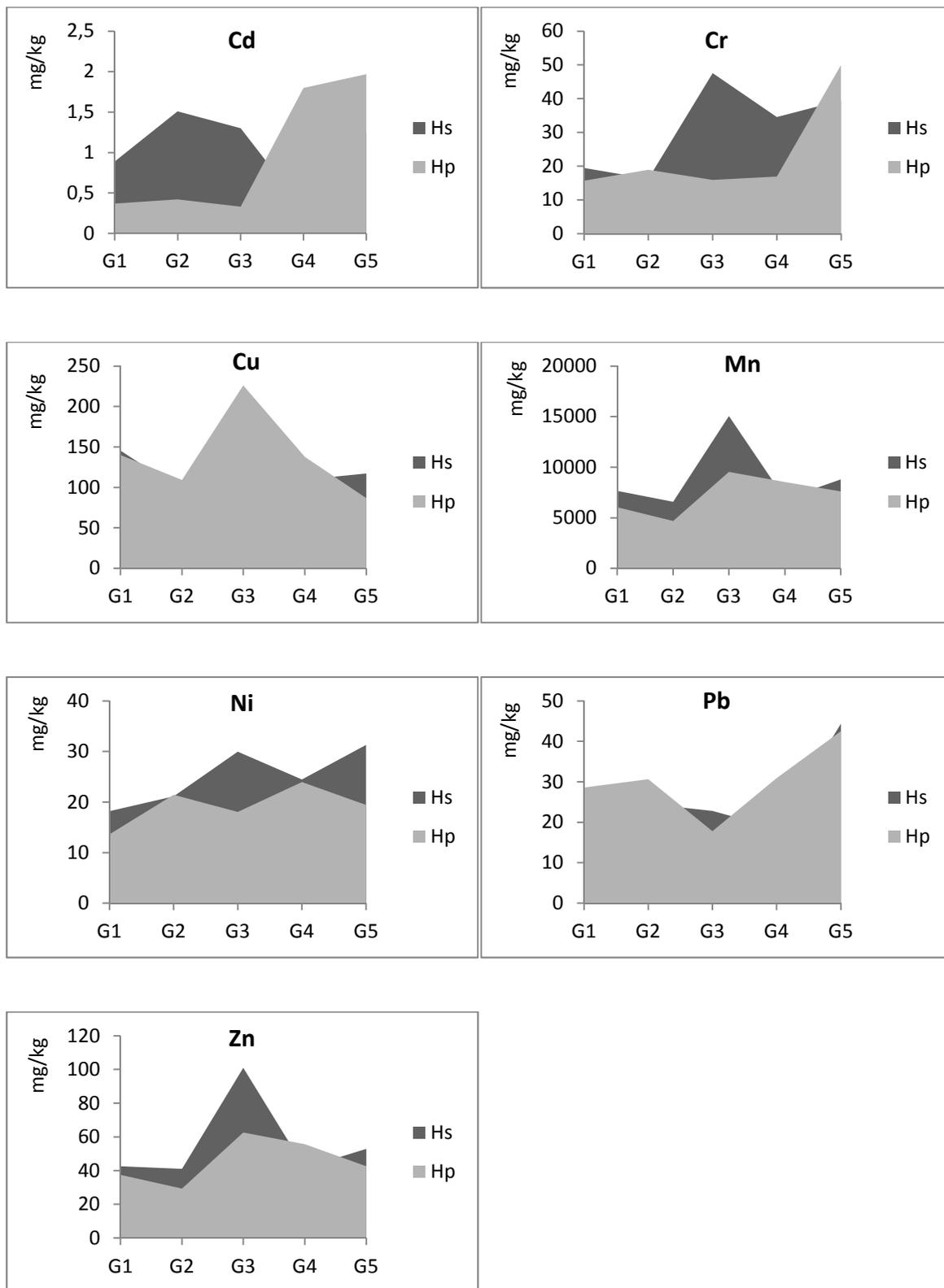


Fig. 5. Couverture latérale des ETM étudiés par tranche d'horizon humifère et non humifère du sommet au bas de versant de la colline Guéto

3.3 DISCUSSION

L'appréciation de la dynamique verticale et latérale des ETM étudiés au Blafo-Guêto, nous indique, de façon générale que les sols de ce secteur ne sont pas pollués en ces éléments. En effet, la part géogène des ETM étudiés, à partir des moyennes des teneurs totales en ces éléments dans les horizons de surface et de profondeur, est inférieure aux teneurs naturelles indiquées communément dans les sols. D'après [25], Les teneurs naturelles des sols en Pb sont en moyenne de 32 mg.kg^{-1} et varient entre 10 et 67 mg.kg^{-1} . Dans notre cas, ces teneurs varient jusqu'à 44 mg.kg^{-1} avec une forte concentration dans les horizons de surface. Ce constat est d'autant plus vrai que [26] ont indiqué une forte réactivité entre le Pb et la matière organique, ponctuée par une faible solubilité et mobilité du Pb [27].

Au niveau du Zn, [28] évalue la teneur moyenne à 50 mg.kg^{-1} en indiquant que les teneurs naturelles dans les sols varient entre 10 mg.kg^{-1} et 300 mg.kg^{-1} . Dans les sols étudiés, les teneurs se retrouvent dans cette fourchette avec un maximum de 106 mg.kg^{-1} . L'étude de la dynamique verticale du Zn fait ressortir une forte concentration dans l'horizon enrichi en argile, démontrant son caractère mobile tel qu'indiqué par [29].

Selon [30], les teneurs naturelles de cadmium dans les sols sont comprises entre $0,06$ et $1,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ et comparées à nos valeurs mesurées, elles s'y accordent en dehors du site *Guêto*, où nous avons une concentration allant jusqu'à $1,97 \text{ mg.kg}^{-1}$ au bas de versant. Ce constat pourrait s'expliquer par la rétention du Cd par les hydroxydes de fer, telle qu'indiqué par [28]. En effet les profils G4 et G5, ont des horizons à induration de fer.

Concernant l'As, [31] situe la valeur moyenne à 6 mg.kg^{-1} , en indiquant une variation comprise entre $0,1$ et 40 mg.kg^{-1} et, dans nos sols étudiés, les valeurs en As sont inférieures à $0,25 \text{ mg.kg}^{-1}$. C'est le même constat pour le Hg, où [32] a indiquées les valeurs limites à 1 mg.kg^{-1} .

Aussi [32], signifie les valeurs limites du Cr, Cu, Ni, respectivement à 150 mg.kg^{-1} , 100 mg.kg^{-1} et 50 mg.kg^{-1} . Ces valeurs indiquées sont largement supérieures à celles que nous avons mesurées pour le Cr et le Ni en dehors, du Cu dont quelques valeurs vont jusqu'à 226 mg.kg^{-1} . On peut donc parler, pour le cas du Cu, d'un phénomène d'anomalie géochimique.

Ce même phénomène est observé pour le Mn, où nous avons des teneurs arrivant jusqu'à 15000 mg.kg^{-1} . Le Mn, est naturellement présent dans les sols et peut contenir entre 770 et 1000 mg.kg^{-1} , tel que constaté au Québec par [33]. Au-delà il présente une anomalie. Dans notre cas, les deux sites *Blafo* et *Guêto* sont au-delà de ces valeurs avec, le cas du site *Blafo* plus accentué.

4 CONCLUSION

Définir la base référentielle du fond pédogéochimique actuel des sols développés dans l'espace volcano-sédimentaire du *Blafo-Guêto* a été un sujet particulièrement intéressant. Ainsi, cette étude permettra de guider et d'orienter, en cas de besoin, une quelconque gestion de cet environnement. Les sols au *Blafo* et au *Guêto*, comme il a été démontré, en l'état actuel, ne sont pas pollués en arsenic (As), en cadmium (Cd), en chrome (Cr), en Mercure (Hg), en nickel (Ni), en plomb (Pb) et en zinc (Zn). Seuls, le manganèse (Mn) et le cuivre (Cu) présentent un phénomène d'anomalie géochimique. Les concentrations pour le Mn sont plus élevées dans les horizons humifères et le Cu, dans les horizons de profondeur.

REFERENCES

- [1] I. Yacé, "Le volcanisme Eburnéen dans les parties centrales et méridionales de la chaîne précambrienne de Fètèkro en Côte d'Ivoire," *Thèse de Doctorat d'Etat. Univ Abidjan*. 373 p, 1976.
- [2] I. Yacé, "Initiation à la géologie. L'exemple de la Côte d'Ivoire et de l'Afrique de l'Ouest. Pétrologie, Géologie régionale," Ed. CEDA, SODEMI, 183p, 2002.
- [3] L.Zanone, "Le manganèse de Côte d'Ivoire," Rapport multigr. SODEMI. no.44 et 44 bis, 273 p, 1964.
- [4] G. Grandin et E. A. Perseil, "Les Minéralisations Manganésifères Volcano-sédimentaires du Blafo-Guêto (Côte d'Ivoire) - Paragenèses - Altération Climatique," *Mineral. Deposita* 18, 99-111, 1983.
- [5] S. Dudka and D. C. Adriano, "Environmental impacts of metal ore mining and processing: A review," *Journal of Environmental Quality*, 26, 590-602.1997.
- [6] M. C. Navarro, C. Perez-Sirvent, M. J. Martinez-Sanchez, J. Vidal, P. J. Tovar and J. Bech, "Abandoned mine sites as a source of contamination by heavy metals: A case study in a semi-arid zone," *Journal of Geochemical Exploration*, 96, 183-193. doi:10.1016/j.gexplo.2007.04.011. 2008.
- [7] C.B. Braungardt, E. P. Achterberg, F. Elbaz-Poulichet and N.H. Morley, "Metal geochemistry in a mine-polluted estuarine system in Spain," *Applied Geochemistry* 18(11): 1757-1771, 2003.

- [8] D.W. Blowes, C.J. Ptacek, J.L. Jambor and C.G. Weisener, "The Geochemistry of acid mine drainage," In: Lollar, B.S. (Ed.), *Environmental Geochemistry. Holland, H.D., Turekian, K.K. (Exec. Eds.), Treatise on Geochemistry, vol. 9. Elsevier, Amsterdam*, pp. 149–204, 2004.
- [9] R. Figueira and T. Ribeiro, "Transplants of aquatic mosses as biomonitors of metals released by a mine effluent," *Environmental Pollution* 136(2): 293-301, 2005.
- [10] A. J. Desbarats, M. B. Parsons, J. B. Percival, S. Beauchemin and Y.T. J. Kwong, "Geochemistry of mine waters draining a low-sulfide, gold-quartz vein deposit, Bralorne, British Columbia," *Applied Geochemistry*, 26 (2011) 1990–2003, 2011.
- [11] S. A. Shaw, M. J. Hendry, J. Essilfie-Dughan, T. Kotzer and D. Wallschläger, "Distribution, characterization, and geochemical controls of elements of concern in uranium mine tailings, Key Lake, Saskatchewan, Canada," *Applied Geochemistry* 26 (2011) 2044–2056, 2011.
- [12] A. Gómez-Álvarez, J. L. Valenzuela-García, D. Meza-Figueroa, M. O-Villanueva, J. Ramírez-Hernández, J. Almendariz-Tapia y E. Pérez-Segura, "Impact of mining activities on sediments in a semi-arid environment: San Pedro River, Sonora, Mexico," *Appl. Geochem.* 26, 2101–2112, 2012.
- [13] J. Bech, N. Roca, J. Barceló, P. Duran, P. Tume and C. Poschenrieder, "Soil and plant contamination by lead mining in Bellmunt, Western Mediterranean Area," *J. Geochem. Explor.* 113, 94–99, 2012.
- [14] G. Qiu, X. Feng, B. Meng, J. Sommar and C. Gu, "Environmental geochemistry of an active Hg mine in Xunyang, Shaanxi Province, China," *Appl. Geochem.* 27, 2280–2288, 2012.
- [15] O. R. Salinas Villafane, T. Igarashi, M. Kurosawa and T. Takase, "Comparison of potentially toxic metals leaching from weathered rocks at a closed mine site between laboratory columns and field observation," *Applied Geochemistry*, 27 (2012) 2271–2279, 2012.
- [16] W. H. O. Ernst, "Bioavailability of heavy metals and decontamination of soils by plants," *Applied Geochemistry*, 11(1–2), 163–167, 1996.
- [17] H. M. Conesa, Á. Faz, R. Arnauld, "Heavy metal accumulation and tolerance in plants from mine tailings of the semiarid Cartagena–La Union mining district (SE Spain)," *Science of the Total Environment*, 366(1), 1–11, 2006.
- [18] G. Colinet, J. Laroche, B. Toussaint, M.-J. Goffaux, M. Martinez, R. Oger, "Base de données sols de REQUASUD. Deuxième synthèse," *REQUASUD*, Gembloux, Belgique, 36p, 2004.
- [19] D. Baize, "Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols (France)," *Paris: INRA*, 408 p, 1997.
- [20] D. Baize et M. Tercé, "Un point sur les éléments traces métalliques dans les sols : approches fonctionnelles et spatiales," *INRA éditions*, 565 p, 2002.
- [21] D. Baize et T. Sterckeman, "Importance de la détermination du fond pédogéochimique pour évaluer la pollution des sols par les métaux. L'exemple du site de Dornach," *Bulletin Société Suisse de Pédologie*, n° 27 : 63-68, 2004.
- [22] A. Yao-Kouamé, B. Koné et T. J. Gala Bi, "Caractérisation morphopédologique des sols bruns eutrophes développés sur les complexes volcano-sédimentaires ouest africains du birrimien à Blafo en Côte d'Ivoire," *Africa Geoscience Review*, Vol. 18, N°1, 23-32, 2011.
- [23] G. Grandin, "Aplanissements cuirassés et enrichissement des gisements de manganèse dans quelques régions d'Afrique de l'ouest," *Mém. ORSTOM* 82, 275 p. 1976.
- [24] R. Boulet, A. Chauvel, F.-X. Humbel, Y. Lucas, "Analyse structurale et cartographie en pédologie. I- Prise en compte de l'organisation bidimensionnelle de la couverture pédologique : les études de toposéquences et leurs principaux apports à la connaissance des sols," *Cah. ORSTOM.*, ser. Pedol., vol. XIX, n°4, 1982 : 309-321. 1982.
- [25] A. Kabata-Pendias, H. Pendias, "Trace metals in soils and plants," *CRC Press*, Boca Raton, Fla, USA, 2nd edition, 2001.
- [26] G. M. Hettiarachchi, G. M. Pierzynski, "In situ stabilization of soil lead using phosphorus and manganese oxide: influence of plant growth," *Journal of Environmental Quality*, 31, 564-572, 2002.
- [27] S. H. Badawy, M. I. D. Helal, A. M. Chaudri, K. Lawlor, S. P. McGrath, "Soil solid-phase controls lead activity in soil solution," *J. Environ. Qual.*, 31, 162-167, 2002.
- [28] D.C. Adriano, "Trace elements in the Terrestrial Environment. *Springer Verlag*, New York, 866p, 2001.
- [29] C. Fernandez-Cornudet, "Devenir du Zn, Pb et Cd issus de retombées atmosphériques dans les sols, à différentes échelles d'étude. Influence de l'usage des sols sur la distribution et la mobilité des métaux," *Thèse de Doctorat de L'INA-PG*, 171p, 2006.
- [30] I. Pais, J. J. Benton, "The handbook of Trace Elements," *Boca Raton, FL, St. Lucie Press*, 223p, 2000.
- [31] H. J. M. Bowen, "Elemental Chemistry of the Elements," *Academic Press*, London, New York, 60-61, 1979.
- [32] D. Baize, "Teneur totales en métaux lourds dans les sols français 2000 : résultats généraux du programme ASPITET," *Le courrier de l'environnement n°39*, p. 39-54, 2000.
- [33] J. Choinière, M. Beaumier, "Bruits de fond géologiques pour différents environnements géologiques au Québec," *Québec: Ministère des Ressources naturelles*, 1997.