

Géochimie comparative des sédiments de ruisseaux des rives droite et gauche du sous-bassin hydrographique de Koubou (Est-Cameroun)

François Bidzang NDONG^{1*}, Sylvestre Martial NTOMBA¹, Eric José MESSI² et Divine OKIA³

¹ *Institut de Recherches Géologiques et Minières, 4110 Nlongkak, Cameroun*

² *Université de Yaoundé 1, Faculté des Sciences, BP 912 Yaoundé, Cameroun*

³ *ETS Geological Assistance, BP 31 776 Yaoundé, Cameroun*

*Correspondance courriel : fnongbidzang@yahoo.fr

Résumé

L'étude du bassin versant de Koubou en terres rares a permis de mieux comprendre les processus à l'origine de la distribution spatiale de ces éléments dans le paysage. Le bassin hydrographique de Koubou est situé dans la région administrative de l'est Cameroun. Cette région souffre de plusieurs problèmes hydriques en occurrence l'eau potable. Ce problème est lié à l'exploitation non contrôlée des mines (or, diamant...) enrichissant les rivières en éléments polluants (arsenic, plomb, mercure...) de la sous région. Cet article tente de résoudre deux problèmes ; le premier étant la recherche des zones anormales pour l'exploration minière selon la convention établie avec la société ayant financé ce projet. Le second étant de cibler et de cataloguer les rivières à faible drainage en éléments. Cette étude passe par une comparaison des teneurs géochimiques des sédiments de ruisseau des rivières de la rive gauche et droite de Koubou (collecteur principal). Les résultats de ces analyses montrent que les rivières de la rive gauche sont très enrichies en Eu, Ga, Au, Sn, Dy, Tb, Er, Tm, Ho, U, Lu, V, Nd, Y et Ce ; contre un enrichissement en Ba, Rb et Sr pour les rivières de la rive droite. Ces résultats confirment que l'inventaire du fonds géochimique des sédiments de ruisseau est un moyen d'identifier les anomalies en éléments traces d'origine naturelle ou anthropique.

Mots-clés : *bassin hydrographique, géochimie, Koubou, sédiments.*

Abstract

Comparative geochemistry of sediments from the left and right flanks (slopes) of the Koubou hydrographic sub-basin. (East-Cameroon)

The study of the Koubou drainage basin in rare earth metals has helped in better understanding the process at the origin of the spatial distribution of these elements in the region. The Koubou hydrographic basin is situated in the East administrative Region of The Republic of Cameroon. This region suffers from lack of potable water. This problem is linked to the un-controlled exploitation of placer deposits (gold and diamond) thus enriching the streams and rivers with pollutants (arsenic, lead, mercur). This article tries to solve two problems: the first being the search for anomalous zones for mineral exploration according to the conventions established by the company which financed the project.

The second being the targeting and making of an inventory of rivers with low drainage in elements. This study is a comparison of geochemical grades of sediments from the right and left sides of the Koubou River (the main collector). The results of these analyses show that the slopes of the left side are very rich in Eu, Ga, Au, Sn, Dy, Tb, Er, Tm, Ho, U, Lu, V, Nd, Y & Ce ; against an enrichment in Ba, Rb & Sr for the right slopes. These results confirm that the geochemical inventory of sediments of the hydrographic network is a means of identifying anomalous zones in trace elements of natural or human origin.

Keywords : *hydrographic basin, geochemistry, Koubou, sediments.*

1. Introduction

Le réseau hydrographique du sous-bassin de Koubou appartient au grand bassin de la Kadey. C'est un réseau à chenal unique, globalement treillis directionnel, d'ordre maximal (4), dense, de directions principales d'écoulement NE-SW, N-S et NNW-SSE. Il est situé dans l'Arrondissement de Ngoura, Département du Lom et Djerem, Région de l'Est Cameroun. Entre les longitudes 13°57'-14°12' et les latitudes 05°00'-05°11' (**Figure 1**). Il comporte 5 grands collecteurs (Koubou, Soki, Mboé, Mambèlè et Kemè), un peu plus de 150 cours d'eaux (ruisseaux, rivières) de 639,4 km de long coulant sur une surface de 400 km². L'exploitation minière intensément développée en amont du sous-bassin pollue la rivière koubou en aval en élément tel que l'arsenic, le Pb et autres éléments métalliques, rendant ainsi la rivière non potable. Cet article tente de trouver l'origine de cette pollution en comparant l'apport en éléments chimiques des ruisseaux des rives droites et gauches du collecteur principal. Cette connaissance locale peut en outre permettre une extrapolation spatiale : passer d'une connaissance acquise à l'échelle locale à une connaissance applicable à l'échelle régionale, et ce sans perdre la précision de l'information. Cette démarche est basée sur l'hypothèse que si certains territoires ont exactement le même matériau parental (même unité lithostratigraphique), la même position dans le paysage, alors le bassin hydrographique de ces territoires ont toutes chances de présenter les mêmes constituants, les mêmes comportements, les mêmes fonctionnements et les mêmes aptitudes et contraintes à telle ou telle utilisation humaine.

2. Contexte géologique

Le domaine Centre Cameroun auquel appartient le sous-bassin de Koubou est un vaste domaine qui s'étend du Nord de Bafia au Sud de Poli (**Figure 1**). Il est marqué par des grands décrochements parmi lesquels le Cisaillement Centre Camerounais (C.C.C), la faille de Foumban-Tibati-Banyo (FFTB) qui est un accident transcurent ductile (Nzenti et al., 1988 [1] ; Ngako, 1986 [2] ; Ngako et al., 2003 [3]), la faille de Bétaré-Oya (FBO) qui est un accident ductilo-fragile (Kankeu, 2008 [4]) et la faille de la Sanaga (FS) qui est un accident fragile (Dumont, 1986 [5]). Ce domaine présente une variété de types pétrographiques tels que les granitoïdes dont la plupart syntectoniques et orthogneissifiés (leucogranites, granites et syénites) de nature calco-alkaline, hyperpotassique à alumineuse (Nzenti et al., 1994 [6]; 1998 [1] ; Njanko, 1999 [7]; Njanko et al., 2006 [8]) et des granulites anciennes d'âge paléoprotozoïque (Penaye, 1988 [9] ; Nzenti et al., 1998 [1] ; Ganwa et al., 2007 [10]). Les travaux effectués dans le domaine Centre Cameroun montrent que les formations lithologiques de ce secteur sont affectées par trois phases de déformation panafricaines accompagnées des recristallisations métamorphiques dans le faciès amphibolite de degré moyen à fort.

L'évolution métamorphique contrastée entre le domaine Sud-Adamaoua (zone de Bafia-Ntui-Bétamba ; haute pression) et le domaine Nord-Adamaoua (zone de Banyo ; basse pression) ainsi que la présence des reliques d'une croûte paléoprotérozoïque suggèrent que le Centre Cameroun a préalablement été une zone de chevauchement majeur (éventuellement intracontinentale).

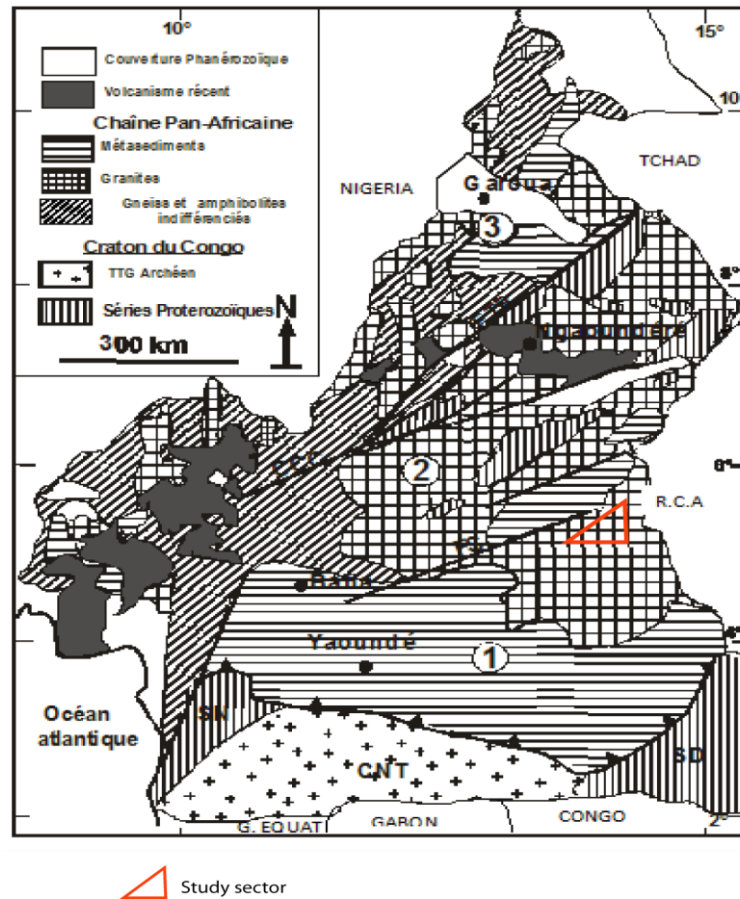


Figure 1: Contexte géodynamique de la zone d'étude

3. Méthodologie

Les échantillons des sédiments de ruisseaux ont été récoltés suivant les règles de l'art ; un préleveur chargé de l'identification de l'endroit à prélever, un laveur, chargé de faire les « battées » et un identificateur chargé de l'étude des sédiments. Néanmoins, une préférence était faite au niveau des sédiments ; Une fois la rivière choisie, les portions en ligne droite ont été évitées, car les minéraux lourds, emportés par le courant, se déposeront là où sa vitesse baisse brutalement: à l'intérieur d'un virage, vers sa sortie, dans les creux, sous les racines... Les prélèvements se sont effectués à 100 mètres de chaque ruisseau avant la confluence avec la rivière Koubou (*Figure 2*). 16 à 24 litres de sédiments ont été prélevés pour chaque ruisseau, lavés, séchés, tamisés et une fraction fine de 174g de concentré était étiquetée puis envoyée au laboratoire en Australie pour les analyses géochimiques (*Planche 1*).



Etape 1 : Remplissage de la batée avec du sédiment



Etape 2 : Lavage de la batée



Etape 3 : Obtention du fond de Batée constitué des minéraux lourds (fond de batée)



Etape 4 : Séchage du fond de batée



Etape 5 : Etiquetage et codification



Etape 6 : Emballage de 3kg de sédiment non lavé

Planche 1 : Méthode d'échantillonnage des sédiments de ruisseau.

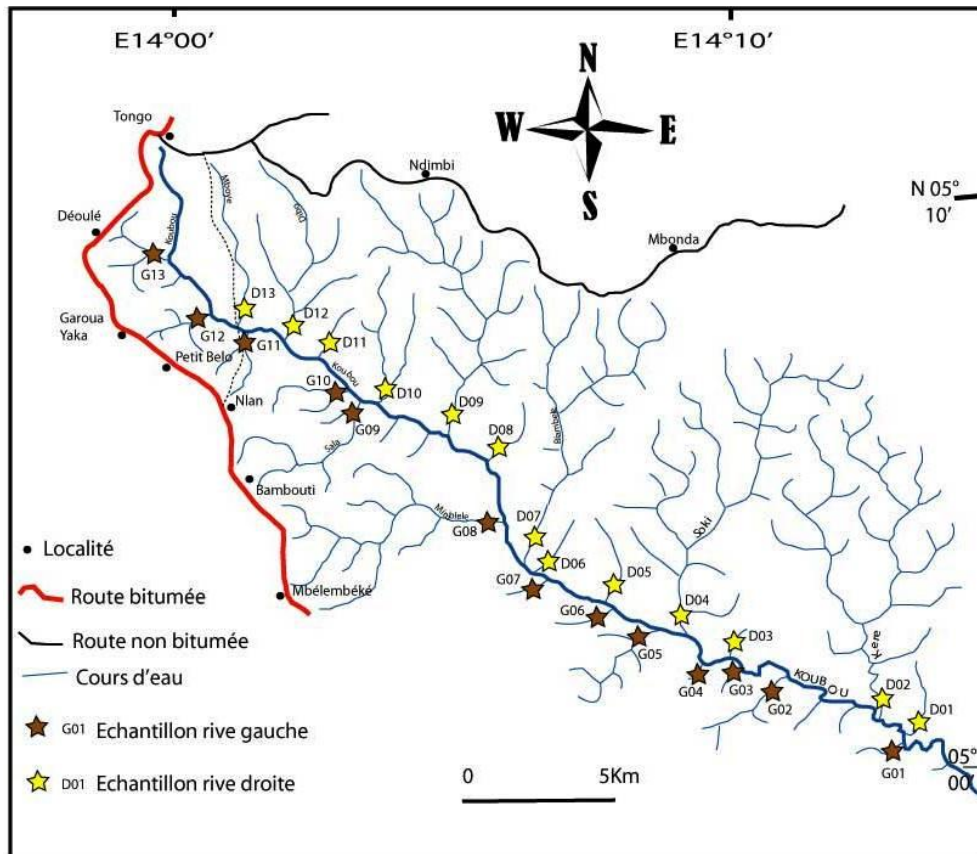
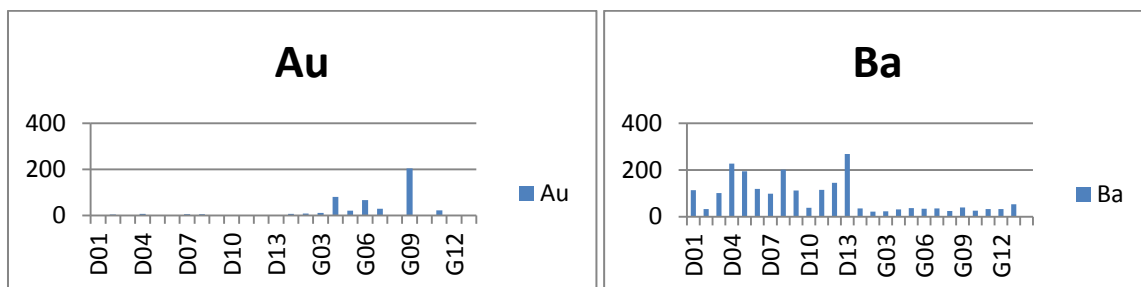


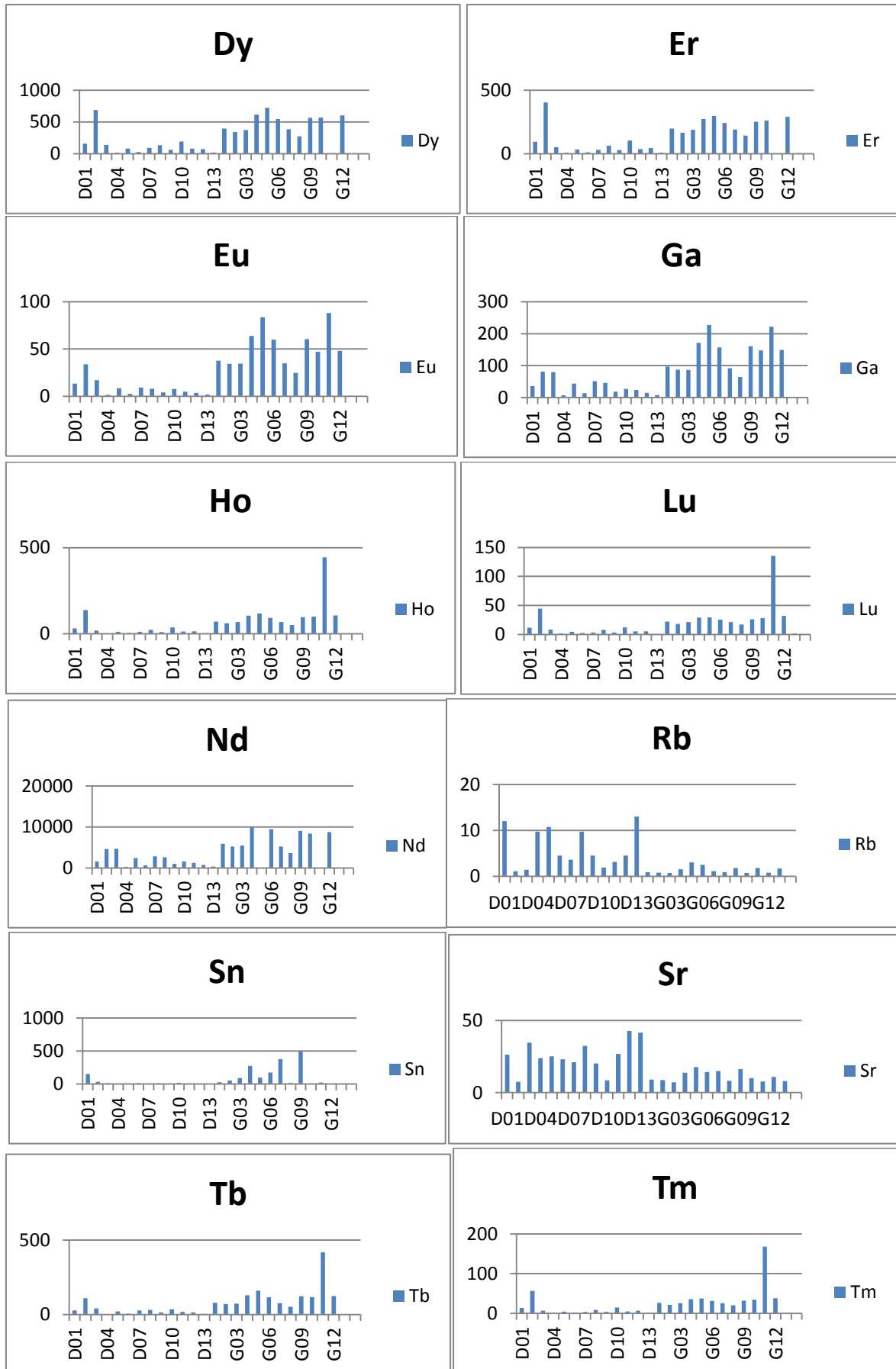
Figure 2 : Sous bassin hydrographique de Koubeou montrant les principaux lieux de prélèvement.

4. Résultats

4-1. Caractère chimique

Les histogrammes ci-dessous comparent les moyennes des teneurs chimiques en ppm de chaque élément trace d'une rive par rapport à l'autre.





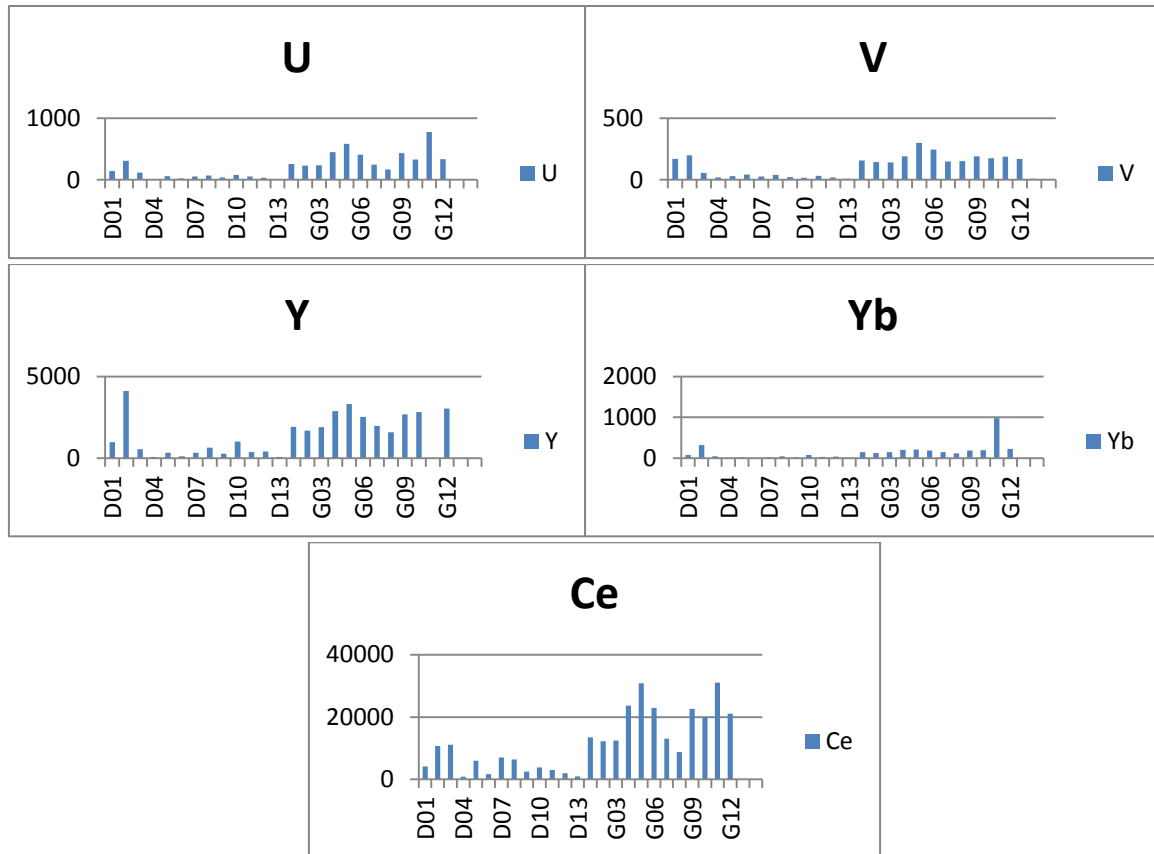


Figure 3 : Histogrammes comparatifs des teneurs moyennes de chaque élément.

L'étude est basée sur 31 éléments dont les résultats géochimiques sont consignés dans le **Tableau 1** : il se dégage suivant les histogrammes comparatifs ci-dessus, quatre tendances géochimiques.

4-1-1. Rivières très enrichies

Les rivières de la rive droite présentent un net enrichissement en Ba (le pic à D13 avec 268ppm contre G13 avec 53,2ppm), Rb (D13 avec 13ppm contre G05 avec 3ppm), et Sr (D12 avec 42,7ppm contre G09 avec 16,3ppm) par rapport aux rivières de la rive gauche. Les rivières de la rive gauche quant à elles, présentent un net enrichissement en Eu (le pic à D11 avec 88,1ppm contre D02 avec 33,9ppm) et en Ga (G11 avec 222ppm contre D02 avec 81,2ppm) par rapport aux rivières de la rive droite.

4-1-2. Rivières enrichies

Les rivières de la rive gauche de Koubou présentent un enrichissement en éléments suivant : Au (34,44ppm contre 2,12ppm de moyenne) ; Sn (124,54 contre 20,15ppm de moyenne) ; Dy (491ppm contre 135,11ppm de moyenne) ; Tb (118,53ppm contre 27,37ppm de moyenne) ; Er (269,27ppm contre 70,37) ; Tm (38,2ppm contre 9,75ppm de moyenne) ; Ho (106,54ppm contre 24,64ppm de moyenne) ; U (342,68ppm contre 76,63ppm de moyenne) ; Lu (31,32ppm contre 8,52ppm) ; V (169,69ppm contre 52,30ppm de moyenne) ; Nd (7008,98ppm contre 1923,59ppm de moyenne) ; Y (2800,14ppm contre 720,59ppm) et Ce (17855,38ppm contre 4626ppm) pour les rivières de la rive droite.

4-1-3. Rivières appauvries et très appauvries

Les rivières de la rive droite sont très appauvries en V, U, Sn et Yb tandis que celles de la rive gauche présentent un appauvrissement notable en Ba, Rb et Sr.

4-1-4. Éléments non comparés

Les éléments non comparés présentent des valeurs très proches des deux rives et sont cependant non interprétable.

4-2. Analyse statistique

Le **Tableau** ci-dessous et la **Figure 3**, regroupent les teneurs moyennes de chaque élément analysé par rive, ainsi que l'apport moyen de chaque rive en élément analysé. On note toute à fait, un apport très important de la rive gauche en élément soit 19 sur 23 avec un pourcentage de plus de 75%. Ce résultat est bien mis en exergue par la **Figure 3** où la courbe des teneurs des éléments des rivières de la rive droite est entièrement englobée par la courbe des éléments des rivières de la rive gauche.

Tableau 1 : Valeurs moyennes des éléments de chaque rive

Elt	Moy. Riv. droite	Moy. Riv. gauche	% Riv. Droite	% Riv. gauche	Elt	Moy. Riv. droite	Moy. Riv. gauche	% Riv. Droite	% Riv. gauche
Au	2,13	34,45	5,82	94,18	Rb	6,13	1,40	81,41	18,59
Ba	136,35	33,41	80,32	19,68	Sm	312,88	840,49	27,13	72,87
Dy	135,11	491,71	21,55	78,45	Sn	20,15	124,54	13,93	86,07
Er	70,38	269,28	20,72	79,28	Sr	25,62	11,25	69,48	30,52
Eu	8,97	47,50	15,88	84,12	Ta	11,47	2,02	85,05	14,95
Ga	34,70	127,96	21,33	78,67	Tb	27,37	118,53	18,76	81,24
Gd	232,87	760,62	23,44	76,56	Tm	9,75	38,20	20,34	79,66
Hf	296,90	125,58	70,27	29,73	U	76,63	342,68	18,28	81,72
Ho	24,64	106,54	18,78	81,22	V	52,31	169,69	23,56	76,44
La	2501,38	7851,42	24,16	75,84	W	5,62	2,23	71,57	28,43
Lu	8,52	31,32	21,39	78,61	Y	720,59	2800,14	20,47	79,53
Nb	50,44	9,72	83,85	16,15	Yb	58,08	224,08	20,59	79,41
Nd	1923,85	7008,98	21,54	78,46	Ce	4626,00	17855,38	20,58	79,42
					Zr	10564,62	4496,92	70,14	29,86

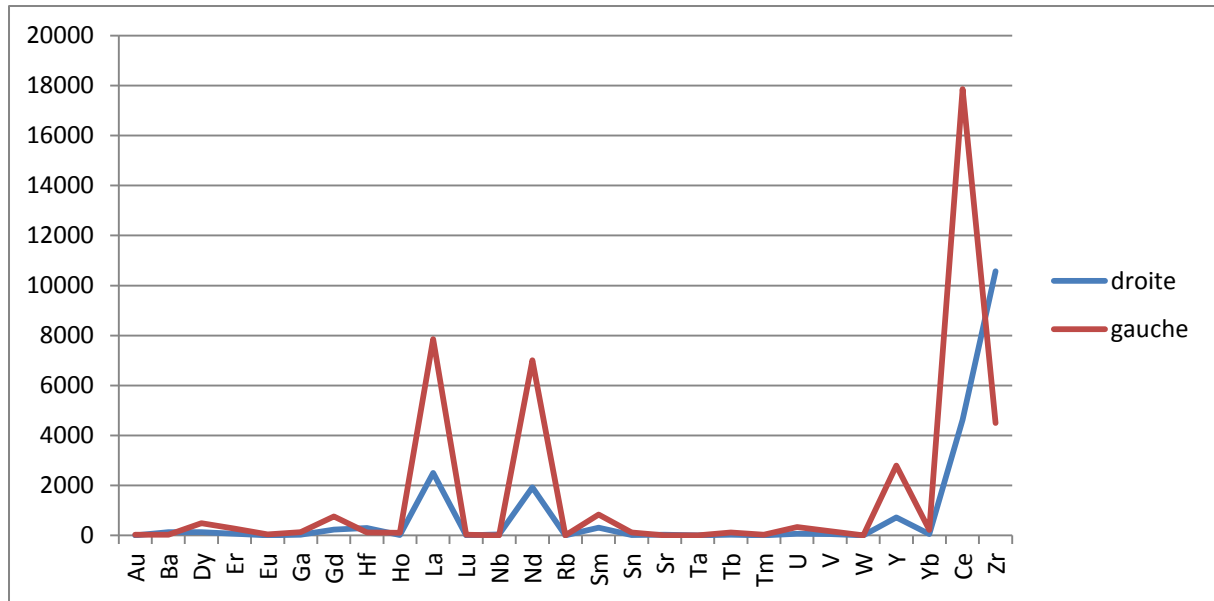


Figure 3 : *Courbes des teneurs des éléments des rives droite et gauches*

5. Discussion

Les sédiments de ruisseau ont été utilisés pendant de longue date (Cameron, 1994 [11]; Trépanier, 2009a [12]) en prospection minière car ils permettent de couvrir uniformément un territoire donné et de mettre en évidence des variations locales. Les sédiments intègrent toute la surface topographique soumise à une érosion chimique et ou mécanique et sont donc sensibles aux variabilités chimiques locales (Trépanier, 2009b [13]). L'étude géochimique comparative des sédiments de ruisseaux suivante n'est pas basée sur la valeur d'un élément par rapport à son standard mantélique ou lithosphérique (croûte continentale). Elle se base sur l'apport de ces éléments en qualité et quantité de produits retrouvés en aval du collecteur principal (Koubou). 26 rivières ont fait l'objet de prélèvement et d'analyse dont 13 sur la rive gauche et 13 sur la rive droite.

L'observation quantitative du sous bassin quant au nombre de cours d'eau que compte la rive droite apporterait notre attente forcément à un apport plus important d'éléments de la rive droite qu'à ceux de la rive gauche car la densité des sources formant le réseau de drainage de la rive droite étant plus important. Ceci pourrait s'expliquer par la morphologie du terrain du réseau hydrographique ; l'analyse topographique (Mbida et al ; 2013 [14]) montre que les rivières de la rive gauche sont tributaire de la fracturation et sont situées en altitude du bassin versant. La densité de drainage est ainsi élevée (Moussa et al ; 2006 [15]) tandis que les rivières de la rive droite, malgré leur importance en terme de nombre, coulent sur un domaine de plaine et sont tributaire de la foliation générale. Leur écoulement est lent et la densité de drainage faible. Les éléments, surtout les minéraux lourds se déposent plus rapidement et une faible quantité (-20%) seulement arrivent à la rivière collectrice.. cette étude reste nécessaire mais pas suffisante pour conclure sur une probable contamination de la rivière par rapport à l'une ou l'autre rive. Elle devrait être complétée par une étude pédologique, ainsi qu'une étude comparative entre fonds géochimiques en sédiments et fonds pédogéochimique présents sur l'ensemble du bassin versant.

6. Conclusion

L'objectif de cette étude était de comparer les résultats obtenus par analyses géochimiques des échantillons de sédiments de ruisseau des rivières des rives droite et gauche du collecteur Koubou. Cette étude fait suite aux problèmes de pollution dont souffre les rivières de la région de Ngoura. Basée uniquement sur les éléments traces, elle a permis de constater que les rivières de la rive gauche sont en majeure partie, sources de pollution du sous bassin. Ce phénomène est lié non seulement à la morphologie du bassin hydrographique, mais aussi du fait que les 2/3 de l'exploitation se situent sur cette rive.

Références

- [1] - J.P. Nzenti, P. Barbey, J. Macaudière et D. Soba. Origin and evolution of the late precambrian high-grade Yaoundé gneisses (Cameroon). *Precambrian research* 38 (1988) 91-109.
- [2] - V. Ngako. Evolution métamorphique et structural de la bordure sud-ouest de la «série de Poli», segment Camerounais de la chaîne panafricaine. Mémoire et document du CAEES, N°5, Rennes (1986) 185p.
- [3] - V. Ngako, P. Affaton, J.M. Nangue et T.H. Njanko. Pan-african tectonic evolution in central and southern Cameroon : transpression and transtension during sinistral shear movements. *J. of Afr. Earth Sci.*, 31 (2003) 369-381.
- [4] - B. Kankeu. Anisotropie de la Susceptibilité Magnétique (ASM) et fabrication des roches Néoprotérozoïques des régions de Garga-Sarali et Bétaré-Oya à l'Est Cameroun. Implications géodynamiques pour l'évolution de la chaîne panafricaine d'Afrique centrale. Thèse de Doctorat/PhD, Université de Yaoundé I. (2008) 159p.
- [5] - J.F. Dumont. Identification par télédétection de l'accident de la Sanaga (Cameroun). Sa position dans les contextes des grands accidents de l'Afrique centrale et de la limite nord du craton Congolais. *Géodynamique*. 1 (1986) 13-19.
- [6] - J.P. Nzenti, P. Barbey, J.M.L. Bertrand et J. Macaudière. La chaîne panafricaine au Cameroun : cherchons suture et modèle. In : S.G.F. édit. 15^e réunion des sciences de la terre, Nancy, France (1994) 99p.
- [7] - T. Njanko. Les déformations continentales panafricaines en Afrique centrale. Résultat d'un poinçonnement de type himalayen. Thèse Doctorat d'Etat, Université de Yaoundé I, (1999) 241p.
- [8] - T. Njanko, A. Nédélec et P. Affaton. Synkinematic high-K calc-alkaline plutons associated to the Pan African Central Cameroon shear zone (W-Tibati-Area): petrology and geodynamic significance, *Journal of African Earth Sciences* 44 (2006) 494-510.
- [9] - J. Penaye. Pétrologie et structure des ensembles métamorphiques au sud-est de Poli nord Cameroun, rôles respectifs du socle protérozoïque inférieur et de l'accrétion crustale panafricaine. Thèse institut national polytechnique de Lorraine, Nancy (1988) 196p.
- [10] - A.A Ganwa, W. Frich, J.O. Mvondo and B. Njom. Relationships between the parameters of geomorphology and structural features in the Pan African Fold Belt of Cameroon. Example of Kumbe II – Mayabo Area. *Journal of engineering and applied sciences*. 2 (2) (2007) 336-341.
- [11] - E.M. Cameron. Lake sediment sampling in mineral exploration. Dans: *Drainage Geochemistry*. Edité par M. Hale et J.A. Plant, *Handbook of exploration Geochemistry*. 6 (1994).
- [12] - S. Trépanier. Optimisation des levés des sédiments de ruisseaux pour l'exploration. Partie A : modélisation des réseaux hydrographiques à partir des modèles numériques de terrain. Rapport interne CONSOREM projet. (2009) 2008-2009-A

- [13] - S. Trépanier. Optimisation des levés des sédiments de ruisseaux pour l'exploration. Partie B : modélisation des réseaux hydrographiques à partir des modèles numériques de terrain. Rapport interne CONSOREM projet. (2009) 2008-2009-B
- [14] - J.M. Mbida, A. Mbiam, F.N. Bidzang. Rapport des travaux de reconnaissance géologique et minière du permis Yangamo. Rapport Annuel MINIMIDT. (2013) 68p.
- [15] - R. Moussa, C. Bocquillon, Morphologie fractale du réseau hydrographique. Hydrological Sciences Journal, 38 (3) (1993) 187-201.