Résumé :

Le Bassin Versant du Lac Togo (BVLT) composé des rivières Zio, Haho, Lili, Yoto, Boko et le lac est situé dans le Sud Togo. Il est une région marquée par diverses activités anthropiques dont l'agriculture, l'industrie, l'extraction des minerais de phosphate, etc. Pour évaluer l'impact ces activités sur la qualité des eaux de surface drainant ce bassin hydrographique et de leurs sédiments fluviaux, 105 échantillons d'eau de rivières et de lac et 18 sédiments de fond ont été prélevés. Les cations et anions majeurs, l'alcalinité, le COD, la silice, le pH, ont été mesurés dans la phase dissoute des échantillons, ainsi que les éléments traces (ET) qui ont aussi été mesurés dans les sédiments et les matières en suspension durant la période de 2015 à 2016.

Les ions dominants dans les eaux des rivières sont Cl^- (4,51 meq.l^{-1}), Na^+ (4,29 meq.l^{-1}), HCO_3^- (1,32 meq.l^{-1}), Mg^{2+} (1,13 meq.l^{-1}), Ca^{2+} (0,69 meq.l^{-1}) et représentent environ 90% du total des sels dissous (TDS). Les concentrations moyennes en COD et silice sont respectivement de 9,17 mg/l et 7,13 mg/l. Les concentrations moyennes en ET dissous mesurées dans les eaux des stations étudiées montre pour le Sc, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, , Sr, Zr, Cd, Sn, Pb, Th, U des concentrations plus élevées que les valeurs des Concentrations Naturelles des Rivières du Monde (CNRM) et celles des normes de l'OMS pour l'alimentation en eau potable (INERIS-DRC, 2006) avec une augmentation significative au niveau du lac et dans les stations aval.

Les résultats obtenus de l'analyse des échantillons d'eau et sédiments durant le cycle hydrologique 2015-2016 ont permis d'estimer les flux spécifiques d'éléments chimiques dissous transportés par le Zio et le Haho respectivement de 9,57 t.km^{-2}.an^{-1} et 38,24 t.km^{-2}.an^{-1} pour les éléments majeurs et de 7,84 et 17,82 Kg.km^{-2}.an^{-1} pour les éléments traces. Les flux de matières particulaires à Zio (Togblékopé) et du Haho (Hahotoe) sont estimés à 15,3 t.km^{-2}.an^{-1} et 59,3 t.km^{-2}.an^{-1} respectivement. Ces flux permettent d'estimer des vitesses moyennes d'érosion physique (3,6 à 4,3 m/Ma pour le Zio et 10,6 à 12,5 m/Ma pour le Haho) et d'altération chimique (1,1 à 3,3 m/Ma pour le Zio et 3 à 4,2 m/Ma pour le Haho). Le flux spécifique de CO_2 consommé par l'altération chimique est d'environ $1,9.10^8$ mole.an^{-1} de CO_2 soit 75.10^3 moles.km^{-2}.an^{-1} pour le Zio. Ce flux de CO_2 pour le Haho est de $6,9.10^8$ mole.an^{-1} soit $202,6.10^3$—moles.km^{-2}.an^{-1} dont 109.10^3 moles.km^{-2}.an^{-1} et 94.10^3 moles.km^{-2}.an^{-1} consommés respectivement par l'altération des silicates et la dissolution des carbonates. L'érosion mécanique l'emporte sur l'altération chimique et l'approfondissement des profils. On assiste à un déséquilibre des sols de ces deux sous bassins et donc à une réduction moyenne de l'épaisseur des sols.

Le degré de contamination des sédiments par les ET est évalué par des paramètres (Sediment Quality Guidelines, SQGs) tels que le facteur d'enrichissement (EF), les % respectifs d'ET d'origine naturelle et anthropique, le % de fraction résiduelle et non-résiduelle (labile) en prenant un sédiment du ruisseau Médjé comme matériau de référence. L'EF est globalement inférieur à 2 (valeur limite pour le bruit de fond géochimique naturel), en particulier pour Sn, As, Co, Cu, Zn, Pb, Th et U. Toutefois, 10% des échantillons ont des EF compris entre 2 et 6,3 notamment Ni, Cr et Cd. L'extraction simple à l'EDTA montre que Co, Cu, Cd et Pb sont relativement biodisponibles car ils se trouvent sous forme labile respectivement à 38%, 32%, 26% et 25%. Les profils de concentrations en terres rares (TR) ont permis de montrer que la signature géochimique des sédiments de fond serait liée aux teneurs des TR dans la fraction non résiduelle. La comparaison des teneurs des éléments majeurs, des ET et des TR dans les sédiments et les MES traduit que ces sédiments reflètent bien des teneurs en MES.

Mots clés : Eau, MES, sédiments, érosion, éléments traces, terres rares.

Abstract :

The Lac Togo Bassin (LTB), located in South of Togo, is a region characterized by various anthropogenic activities including agriculture, industry, phosphate mining, etc. To assess the impact of these activities on the quality of surface waters and sediment of this watershed, 105 river's and lake water samples and 18 bed sediments were collected for analysis. Major elements, alkalinity, DOC, silica, pH, were measured in the dissolved phase of the samples, as well as trace elements (TE) and REE which were also measured in sediments and suspended matter during the period of 2015 to 2016.

The dominant ions in river waters are Cl^- (4.51 meq.l^{-1}), Na^+ (4.29 meq.l^{-1}), HCO_3^- (1.32 meq.l^{-1}), Mg^{2+} (1.13 meq.l^{-1}), Ca^{2+} (0.69 meq.l^{-1}) in average and represent about 90% of the total dissolved salts (TDS). The mean DOC and silica concentrations are respectively 9.17 mg/l and 7.13 mg/l. A comparative analysis of the mean concentrations of dissolved TE measured in the water of the stations studied against the Natural Concentrations of the Rivers of the World (NCRW) shows for Sc, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Zr, Cd, Sn, Pb, Th, U concentrations higher than NCRW values and WHO drinking water standards (INERIS-DRC, 2006) with a significant increase in lake level and downstream samples.

The results obtained from the analysis of water and sediment samples during the hydrological cycle 2015-2016 made it possible to estimate the specific fluxes of dissolved chemical elements transported by Zio and Haho rivers respectively of 9,57 t.km^{-2}.an^{-1} and 38.24 t.km^{-2}.an^{-1} for major elements and 7.84 and 17.82 Kg.km^{-2}.an^{-1} for trace elements. The particulate matter flow at Zio (Togblekope) and Haho (Hahotoe) is estimated respectively at 15.3 t.km^{-2}.an^{-1} and 59.3 t.km^{-2}.an^{-1}. These fluxes allow estimate to the average rates of physical erosion of 3.6 to 4.3 m/Ma for Zio and 10.6 to 12.5 m/Ma for Haho and chemical alteration of 1.1 to 3.3 m/Ma for Zio and 3 to 4.2 m/Ma for Hahob. The specific flux of CO_2 consumed by chemical alteration is about $1.9.10^8$ mole.an^{-1} of CO_2 or 75.10^3 mole.km^{-2}.an^{-1} for Zio. This CO_2 flux for Haho is $6.9.10^8$ mole.an^{-1} or $202.6.10^3$ moles.km^{-2}.an^{-1} of which 109.10^3 moles.km^{-2}.an^{-1} and 94.10^3 moles.km^{-2}.an^{-1} consumed respectively by the alteration of silicates and the dissolution of carbonates. Mechanical erosion takes precedence over chemical weathering and profile deepening. There is an imbalance in the soils of these two sub-basins and therefore an average reduction in soil thickness.

The degree of sediment contamination by TEs is assessed by parameters (Sediment Quality Guidelines, SQGs) such as the enrichment factor (EF), the respective % of TE from natural and anthropogenic, the residual and non-residual fraction % (labile) by using Medje Creek sediment as a reference material. The EF is generally less than 2 (limit value for natural geochemical background noise), in particular for Sn, As, Co, Cu, Zn, Pb, Th and U. However, 10% of the samples have EF between 2 and 6.3 in particular Ni, Cr and Cd. Simple extraction at EDTA shows that Co, Cu, Cd and Pb are relatively bioavailable because they are in labile form respectively at 38%, 32%, 26% and 25%. The rare earth (REE) concentration profiles showed that the geochemical signature of bottom sediments would be related to the TRs in the nonresidual fraction. Comparison of the concentrations of major elements, TEs and TRs in sediments and suspended matter indicates that these sediments do reflect suspended matter levels.

Keywords: Water, suspended matter, sediment, erosion, trace elements, rare earths.