

INTOXICATIONS MORTELLES DES GAZ (CO₂ et CO) A TCHIGOMA EN CHEFFERIE DE BUNYAKIRI, TERRITOIRE DE KALEHE / SUD KIVU, R.D. CONGO

P. Materanya¹, Dieudonné Wafula Mifundu¹, M. Yalire², W. Munyololo³, and N. Kapapa⁴

¹Centre de recherche en sciences naturelles (CRSN/LWIRO) Sud-Kivu, RD Congo

²Observatoire volcanologique de Goma (OVG/GOMA), RD Congo

³Centre de recherche géologique et minière (CRGM/LWIRO), RD Congo

⁴Cellule de protection Civile, sud Kivu, RD Congo

Copyright © 2017 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 disaster which occurred in Tchigoma (a village located at about 25km from the city of Bulambika) in the chiefdom of Bunyakiri was investigated. The disaster caused the death of 3 people and some of them just survived. The accident was caused by the exposure to the high concentration of two gases during the digging of a toilet pit. The following concentrations were recorded in the hole considered as the epicenter: the carbon dioxide (CO₂) at 93.8% and the carbon monoxide CO at 2031 parts per million, using GA2000 equipment. Although the exact value of the lethal concentration for humans is uncertain, these recorded values are too high for mammals' survival. The mortality caused by these gases is a function of the inhaled concentration and duration of exposure. From the observations on the site, we had concluded that the gas were generated the peat covered by the alluvium layer considered as a roof.

KEYWORDS: Disaster; Tchigoma; death, gas, epicenter.

RÉSUMÉ: Cette étude a concerné la catastrophe qui s'est produite à Tchigoma (village situé à 25km de centre de Bulambika) dans la chefferie de Bunyakiri qui a causé la mort de 3 personnes et plusieurs autres sauvés de justesse. Les victimes ont été exposées à deux gaz mortels lors des travaux de creusage d'une fosse qui devrait servir à la toilette. Les concentrations enregistrées dans le trou considéré comme épiceutre du Dioxyde de carbone (CO₂) a été de 93,8% et pour le Monoxyde de Carbone (CO) 2031 parts par million en utilisant GA2000. Bien que la valeur exacte de la concentration létale pour l'homme soit incertaine, ces valeurs enregistrées sont trop élevées pour que les mammifères survivent. La mortalité causée par ces gaz est fonction de la concentration inhalée et de la durée d'exposition. D'après les observations sur le site, nous avons conclu que l'origine de ces gaz serait la présence de la tourbe couverte par la couche d'alluvions qui se comporterait comme un véritable toit.

MOTS-CLEFS: Catastrophe, Tchigoma, mort, gaz, épiceutre.

1 INTRODUCTION

L'air contient environ 0,04 % de CO₂. À partir d'une certaine concentration dans l'air, ce gaz s'avère dangereux voire mortel [1]. Le niveau de concentration de CO₂; qui serait mortel pour l'homme est très incertain. Des chiffres très variés ont été évoqués par certains auteurs; rarement accompagnés de durées d'exposition: 10 à 25 % [12]; 25% pendant plusieurs heures [11]; plus de 30 à 40% [13]. Les sources d'exposition au CO₂ sont nombreuses. Elles peuvent être groupées en cinq

grandes catégories : utilisation professionnelle du CO₂ ; Sources de fermentation en milieu confiné ; sources telluriques ; production endogène en milieu confiné et origines diverses [3].

Une caractéristique commune a beaucoup de ces sources d'exposition au CO₂ est d'intervenir en espace confiné ; qui est un lieu dont le rapport volume sur dimension d'ouverture est tel que les échanges naturels de l'air intérieur avec l'atmosphère extérieure sont particulièrement réduits [2]. Cette restriction aux mouvements de l'air peut être due :

- Soit à l'étroitesse du lieu par rapport à sa longueur ou sa profondeur. Dans ce cas ; l'accès peut être relativement libre ; définissant un espace confiné ouvert (galeries étroites et longues ; grosses canalisations ; pipelines ; Cales de navire ou péniches ; puits ; vides sanitaires ; caves mal aérées) ;
- Soit à la nature fermée du lieu : l'entrée se fait alors par une ou plusieurs ouvertures qui peuvent être de dimensions très restreintes ; définissant un espace confiné fermé (citerne de stockage ; citernes routières ; wagons-citernes ; cuves ; réservoirs ; solos ; compartiments de cales ; ballast ; réacteurs chimiques). Une atmosphère non confinée est composée d'azote (78%) ; d'Oxygène (21%) ; d'Argon (0,9%) et de dioxyde de Carbone (0,03%). Ce dernier ; par sa densité ; tend à s'accumuler au fond des espaces confinés en remplaçant l'oxygène de l'air [17].

Pendant ces cinquante dernières années ; le CO₂ a fait l'objet des nombreuses études tant pour étudier les mécanismes de sa régulation que pour évaluer ses propriétés thérapeutiques ou sa toxicité [4].

Dans de nombreux pays industrialisés, le monoxyde de carbone peut être à l'origine de plus de 50% des intoxications mortelles [5].

L'objectif de cette étude est de chercher l'origine de ces deux principaux gaz mortels à savoir le dioxyde de carbone(CO₂) et monoxyde de carbone(CO) ayant causé la mort de trois personnes et autres rescapés lors des travaux de creusage d'une fosse servant de toilette.

2 DESCRIPTION DU MILIEU D'ETUDE

2.1 SITUATION GÉOGRAPHIQUE

Le village de Tchigoma ; notre secteur d'étude est situé à 25km au Nord- Est de Bulambika /Bunyakiri en territoire de Kalehe à une altitude de 1163 ± 4 m, latitude Sud de 2°02,823' et longitude Est de 028°41,280' (Fig.1).

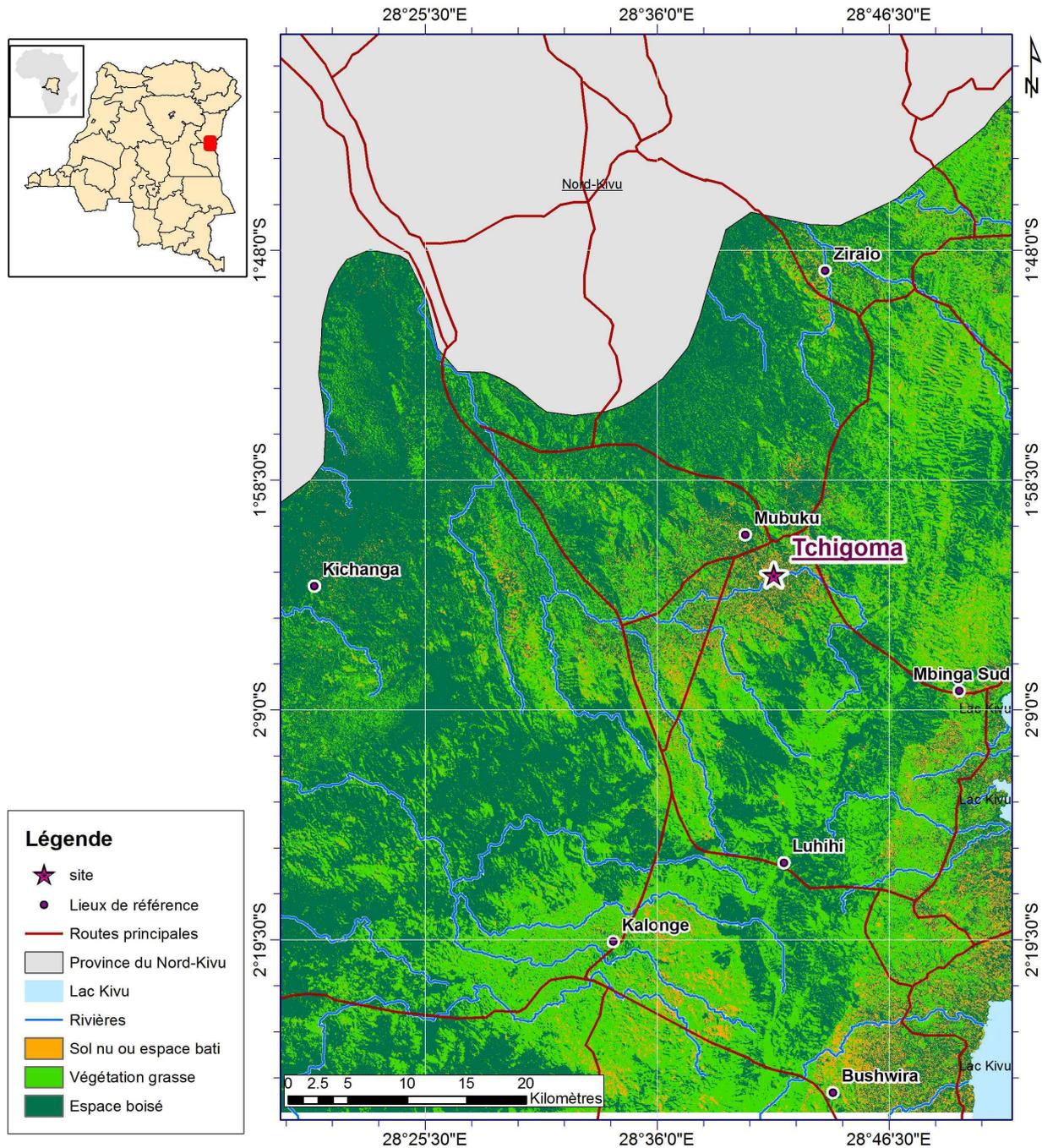


Fig. 1. Le village de Tchigoma au Nord-Est Bulambika /Bunyakiri en territoire de Kalehe

2.2 SOL ET VÉGÉTATION

La majeure partie de Bunyakiri est couverte d'un sol argileux avec des gros cailloux. Avec un relief très accidenté ; on observe des collines herbeuses résultant d'une déforestation poussée. Dans les vallées profondes du bassin hydrographique de la LUHOHO et son principale affluent ; la Tchiganda ; on observe quelques vestiges d'une forêt de galerie. Le palmier à huile pousse dans les dépressions et jusqu'à une certaine hauteur sur le flanc des collines. Les principales cultures étant le manioc et l'arachide.

2.3 GÉOLOGIE DU MILIEU

Du point de vue géologique, Bunyakiri est formé des roches métamorphiques du type gneiss [8]. Ces roches se reconnaissent facilement par leur structure foliée caractérisée par l'alternance des bandes claires et sombres. Les bandes claires sont essentiellement constituées des quarts et feldspath, alors que les bandes sombres sont constituées surtout de mica avec parfois de pyroxène et Amphibole. Nous avons constaté qu'au lieu du sinistre, le sol est constitué de la tourbe couverte par une couche de limon surmontée d'alluvions. A 35 m au Sud-Est de l'épicentre, on trouve un affleurement rocheux dont l'analyse macroscopique, nous a révélé qu'il s'agit d'un gneiss dont l'altération donne un sol sablonneux. Nous pouvons conclure que l'origine de ce gaz serait due à la présence de la tourbe couverte par la couche d'alluvions qui se comporte comme un toit au-dessus de la couche gazeuse.

3 MATERIEL ET METHODES D'ETUDES

3.1 MATÉRIELS

Pour bien mener notre étude sur le site d'émanation des gaz (CO₂ et CO) et délimiter la zone à risque, nous avons disposé des matériels suivants :

- Le GPS de marque GERMIN TAIWAN ;
- Le gazomètre de marque GA 2000 (anglaise) ;
- Les masques à gaz SGE 150 (Italienne) ;
- L'appareil numérique LUMIX PANASONIC DMC-FX 100 (Chine) ;
- Chronomètre ;
- Cash-nez ;
- La chèvre (cobaye de laboratoire) lié à une corde ;
- Le décamètre ;
- Stylos ;
- Notebook.

3.2 MÉTHODOLOGIE

Nous avons utilisé la méthodologie proposée par Rumvengeri en 1987 qui consiste à quadriller le site partant du point du sinistre considéré comme l'épicentre sur une maille carré de 50 m sur 50 m (Fig.2).



Fig. 2. Lieu du sinistre, considéré comme épicentre

Les différents points de mesure ont constitué les sommets du carré. La maille s'est étendue de l'Est à l'Ouest et du Nord au Sud sur une longueur de 125 m sur 125. Ce réseau couvrant ainsi une surface de 122.500 m² soit 12,25 ha. Les points

d'observation ont été enregistrés dans le GPS et repris dans le carnet de terrain chacun avec son numéro d'ordre et les observations y relatives. Les prélèvements et observations ont porté sur la teneur en gaz, la température du sol, la nature pédologique et pétrographique. Pour le prélèvement, le trou du sinistre étant considéré comme l'épicentre, nous avons procédé à la détermination des différentes concentrations en s'approchant progressivement de l'épicentre tout en augmentant la profondeur (fig.3).



Fig. 3. Prélèvement des différentes concentrations des gaz à côté de l'épicentre (la fausse)

Après les prélèvements autour de la fausse; une chèvre vivante servant de cobaye de laboratoire attachée à une longue corde a été introduite dans le trou. Nous avons essayé de chronométrer le temps (Fig.4). Avec une corde au cou, la chèvre a été introduite dans le trou, 5 secondes après elle a convulsé et à 20 secondes, elle a arrêté tout mouvement. Il s'agissait d'un trou de forme rectangulaire de:

- Longueur : 1,20 m ;
- Largeur : 40 cm ;
- Hauteur : 2,37m.



Fig. 4. Image de la chèvre Test servant de cobaye de laboratoire à zéro seconde de l'entrée dans la fosse

4 RESULTATS ET INTERPRETATION

4.1 TEST À LA CHÈVRE-COBAYE DE LABORATOIRE

Nous l'avons retiré immédiatement et avons constaté des bavures autour de ses lèvres, elle est restée longtemps allongée et immobilisée par terre. Les secouristes de la Croix-Rouge ont procédé à sa réanimation (Fig.5). Après 45 minutes de la séance de réanimation, elle a commencé à bouger et deux heures plus tard elle a commencé à pousser des petits cris mais ne pouvait se tenir debout. Elle est restée affaiblie jusqu'au lendemain matin et se tenait déjà debout, mais pas pour longtemps.

La convulsion de la chèvre après 15 Secondes dans le trou est donc causée par l'inhalation par la chèvre de ces deux gaz en l'occurrence le CO₂ et CO et l'absence de l'oxygène. Selon la littérature ; les premiers secours en cas d'intoxication au CO₂ et CO consiste à soustraire immédiatement la victime de l'exposition, sans se mettre soi-même en danger, à appeler à l'aide, à lui apporter de l'air frais ou si possible à lui administrer de l'oxygène et dès que possible, à lui administrer des soins médicaux. Le principal traitement médical pour une intoxication au monoxyde de carbone est l'inhalation d'oxygène à 100% par un masque à Oxygène bien ajusté (oxygénothérapie).



Fig. 5. Réanimation de la chèvre servant comme cobaye de laboratoire

4.2 LA GAZOMÉTRIE

Les résultats obtenus pour la partie Est de l'épicentre sont consignés dans le tableau (1)

Table 1. Evolution de la concentration des gaz prélevés par rapport à la distance (4m ; 2m et 20cm) de la fosse (épicentre) et à 40 cm de profondeur

TYPES DE GAZ	Distance (4m)	Dist (2m)	Dist (20 cm)
CH ₄	0%	0%	0%
CO ₂	0,1%	7,8%	8%
O ₂	4,7%	2%	1%
BAL	95,2%	88,2%	93,5%
H ₂ S	0ppm (parties par million)	0ppm	0ppm
CO	0ppm	10ppm	15ppm
PA (pression atmosphérique)	884mb	884mb	884mb

De ce tableau :

- Nous remarquons qu'il y a absence du gaz méthane (CH₄) et du sulfure d'hydrogène (H₂S) sur le site d'étude à 4m ; 2m ; 20cm de distances par rapport à la fosse.
- La concentration du CO₂ augmente au fur et à mesure qu'on s'approche de la fosse.
- La concentration en O₂ diminue lorsqu'on s'approche de la fosse ;
- La concentration en CO augmente lorsqu'on s'approche de la fosse.
- La pression atmosphérique est restée constante quelle que soit la distance par rapport à la fosse car l'altitude est la même.

Les résultats obtenus pour la partie Ouest de l'épicentre sont consignés dans le tableau (2).

Table 2. Evolution de la concentration des gaz prélevés par rapport à la distance (4m ; 15cm) de la fosse et à 1m de profondeur

TYPES DE GAZ	4m	15Cm
CH ₄	0%	0%
CO ₂	4,1%	8%
O ₂	4,1%	2 %
BAL	91%	87,8%
H ₂ S	0ppm	0ppm
CO	2ppm	4ppm
PA	883mb	883mb

Dans ce tableau ; il ressort ce qui suit :

- Absence des gaz méthane CH₄ et du Sulfure d'Hydrogène H₂S dans le site d'étude ;
- Augmentation de la concentration en CO₂ lorsqu'on s'approche du site d'étude (fossé) ;
- Diminution de la concentration en O₂ lorsqu'on s'approche du site d'étude (fossé) ;
- Augmentation du gaz CO (monoxyde de Carbone) ;
- La concentration en BAL a diminuée ;
- La pression atmosphérique reste toujours constante.

Evolution de la concentration des gaz prélevés dans la fosse (épicentre) à 2m de profondeur est donnée dans le tableau (3).

Table 3. Evolution de la concentration des différents gaz prélevés dans le trou.

Types de gaz	Dans le trou
CH ₄	0%
CO ₂	93,8%
O ₂	0%
BAL (autres gaz)	6,2%
H ₂ S	181ppm
CO	2031ppm
PA	883mb

De ce tableau ; on remarque ce qui suit:

- Absence du gaz méthane(CH₄) dans le trou ;
- Une présence anormale de la concentration du dioxyde de carbone(CO₂) dans le trou (93,8%) à environs 2m de profondeur
- Absence totale d'oxygène dans le trou (0%) ;
- augmentation de la concentration en monoxyde de carbone (2031ppm) ;
- Augmentation de la concentration du sulfure d'hydrogène(H₂S).

D'après les observations, nous pouvons conclure que l'origine de ces gaz serait due à trois facteurs principaux interconnectés : l'influence climatique ; la géologie du sol et présence de la tourbe. En effet ; une augmentation de la température augmente l'activité des organismes du sol et incidemment le taux de décomposition et la minéralisation de carbone [18]. L'accumulation de la matière organique est indirectement reliée aux échanges des gaz à effet de serre qui se produisent dans les tourbières dont les principaux sont le dioxyde de carbone (CO₂) et le méthane (CH₄). Les échanges de CO₂ dans les tourbières se produisent de trois façons :

- Par l'absorption du CO₂ afin que les plantes synthétisent leurs tissus en exploitant l'énergie solaire à travers le mécanisme de la photosynthèse ;
- Par la respiration autotrophe par laquelle les plantes émettent du CO₂ vers l'atmosphère lorsque la lumière est absente ;
- Par la respiration hétérotrophe qui est issue de la décomposition des résidus des plantes formant la tourbe. Les résultats combinés de ces échanges est appelé échange éco systémique net [19].

Les sols des écosystèmes forestiers pourraient devenir une importante source de CO₂ dans le contexte d'un changement climatique en raison d'une augmentation probable du taux de décomposition de la matière organique [18]. Cette augmentation pourrait être plus accentuée dans les régions boréales puisque c'est sous ces latitudes que les modèles prédisent le réchauffement plus important et que le tiers du carbone mondial est stocké dans les sols forestiers et les tourbières [19]

La géologie du sol étant argilo-sablonneuse absorbant l'eau en formant une patte imperméable favorable à la formation des tourbières. Les tourbières sont des écosystèmes des zones humides dans lesquels les conditions écologiques et biochimiques permettent l'accumulation en conditions anaérobies de matières organiques à divers stades de décomposition [20].

5 CONCLUSION

Nous avons mené une étude dont l'objectif était de rechercher l'origine de deux principaux gaz mortels à savoir le dioxyde de Carbone (CO₂) et le monoxyde de Carbone (CO) responsable de la mort des 3 personnes mortes par inhalation et autres rescapées, lors des travaux de creusage d'un trou qui devrait servir de toilette à Tchigoma (village situé à 24 Km du centre de BULAMBIKA) dans la chefferie de Bunyakiri ; nous avons relevé ce qui suit:

- Le site connaît une concentration anormale en dioxyde de carbone(CO₂) : 93,8%. Cette valeur est trop élevée pour que les mammifères survivent sachant que la valeur limite d'exposition est de 3 % sur une durée de 15 minutes [16]. Nous pouvons conclure que l'origine de ce gaz serait due à trois facteurs : l'influence climatique ; la géologie du sol et la présence de la tourbe.
- Le site connaît une concentration élevée du monoxyde de carbone (CO) (2031ppm). Cette valeur est insupportable pour l'homme car à 5000 ppm pendant 20 minutes entraîne le décès à 2000 ppm pendant 3 heures entraîne le coma. Toute combustion incomplète du carbone due à une insuffisance d'air ou d'oxygène, est source de monoxyde de carbone (CO) (charbon, bois, gaz naturel, huile, essence, fuel...) [10]. Le site (fosse) connaît une absence d'oxygène due à une concentration trop élevée du CO₂ (93,8 %) et CO (2031ppm) et autres gaz (BAL) qui rendent nulle la concentration de O₂.

Il ressort de ces résultats que la zone dangereuse reste confinée dans un rayon d'environ 15 m à partir de l'épicentre qui est le point du sinistre. Néanmoins, cette zone ne présente pas de risque majeur en surface mais constitue plutôt un grand danger en profondeur. Vivre dans cette zone exigerait donc à la population de ne jamais creuser des trous pouvant servir de toilette ou à autre chose, ce qui constituerait un sérieux problème.

REFERENCES

- [1] Louis F., 1998. Toxicité du gaz Carbonique inhalé. Revue de la littérature. Paris sud, Faculté de médecine, n°5003, 139 p.
- [2] Isbister G.K, Mc Gettigan P. et Harris I, 2003. Hyper baric Oxygen for acute Carbon monoxide Poisoning» N. Engl JMed, Vol. 348, n°6, 2003; p. 557-60.
- [3] Jones R.F, 1992. Two deaths caused by accumulation of carbon dioxide in a flour hold.US Navy Medical; Bulletin; 16 pp769-771.

- [4] Alexander J.K, West J.R, Wood JA. et Richard D.W., 1995. Analysis of the respiratory response to carbon dioxide inhalation in varying Clinical states of hypercapnia; anoxia and acid-base derangement-journal of clinical investigation, 34, pp 511-532.
- [5] Haywood C. et Bloete M.E., 1969. Responses of healthy young Women to Carbon dioxide inhalation. Journal of Applied Physiology, 27, pp. 32-35.
- [6] Maresh C.M., Armstrong L.E., Kavouras S.A, Allen G.J., Casa D.J., Whittlesey M. et Lagasse K.E., 1997. Physiological and Psychological effects associated with Carbon dioxide levels in healthy men. Aviation, Space and Environmental Medicine, 68, pp 41-45.
- [7] Guillemin M.P; Horisberger B. 1994. Fatal intoxication due to an unexpected presence of carbon dioxide. Annals of occupational hygiene;; 38; pp.951-957.
- [8] Cirhuza R. ; 2013. «Etude de la déformation dans les gneiss de Bunyakiri ; sud-Est du lac Kivu », RD Congo, pp. 34-50.
- [9] Fedorowicz A. et Badach-Rogowski W., 1969. Carbon dioxide Poisoning. Polski Tygodnik Lekarski, 24, pp.21-22.
- [10] Sterkowicz S., 1983. Two Cases of fatal Carbon dioxide Poisoning. Polski Tygodnik Lekarski, 1983, 38, pp. 309-310.
- [11] Williams U.I, 1958. Carbon dioxide Poisoning. Report of eight Cases; with two deaths. British Medical journal, 2 pp. 1012-1014.
- [12] Bernon J., 1996. Les Pièges du gaz Carbonique : Comptes rendus du 23^e Symposium national de médecine agricole, Tours ; 19 avril 1996.Tours ; Institut National de médecine Agricole, Vol.3, p 6.
- [13] Allard L. C., Hilaire C., LA Folie P. Ragul L. et Segalen M., 1953. Médecine interprofessionnelle, 3, pp 303-312.
- [14] Baxter P.J., Kapila M. et Mfonfud, 1989. Lake Nyos disaster, Cameroun, 1986: The medical effects of large scale emission of Carbon dioxide? British Medical journal, 298, pp 1437-1441.
- [15] Atkinson P., Langlois N., Adam B.J., Grieve J.H.K., 1994. Suicide; Carbon dioxide and suffocation. The Lancet, 344, pp 192-193.
- [16] Obez P., 1995. Intoxication par inhalation de gaz Carbonique dans les caves de vinification, université de Dijon, thèse de médecine, N°95 Dijomo 18, p172.
- [17] Guide pratique de ventilation.8. Ventilation des espaces confinés ; Paris ; INRS ; 1987; ED.703.
- [18] Raich J.W, Schlesinger W.H, 1992. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. Tellus 44B, pp 81-99.
- [19] Luc P. Michelle G. ; 1978. Mesures de gaz à effet de serre sur les tourbières; Department of Agriculture; Ottawa; Ont. Publ. N°1646, pp 15-18.
- [20] Xavier D. ; 2009. Cours de sédimentologie approfondie ; ULB ; p10.