

ÉTUDES DES PRINCIPAUX PARAMETRES GEOCHIMIQUES DES GISEMENTS BAUXITIQUES DE SINTHIOUROU LINGUERE (HOUDA): CONCESSION SMB (SOCIETE MINIERE DE BOKE) PREFECTURE DE TELIMELE - REGION ADMINISTRATIVE DE KINDIA - GUINEE

[STUDY OF THE MAIN GEOCHEMICAL PARAMETERS OF THE SINTHIOUROU LINGUERE (HOUDA) BAUXITE DEPOSITS: SMB CONCESSION (SOCIÉTÉ MINIERE DE BOKE) TELIMELE PREFECTURE - KINDIA ADMINISTRATIVE REGION - GUINEA]

Soryba Bangoura¹, Mamadou Oury Diallo¹, Abdoulaye Diallo², and Youssouf Camara²

¹Institut Supérieur des Mines et Géologie de Boké-Département des Services Géologiques, BP: 84, Baralandé, Tamakènè, Préfecture de Boké, Guinea

²Institut Supérieur des Mines et Géologie de Boké-Département des Services Miniers, BP: 84, Baralandé, Tamakènè, Préfecture de Boké, Guinea

Copyright © 2023 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: North-western Guinea is home to significant mineral resources (bauxite, par excellence), diamonds and gold, as well as a few indications of useful minerals. Significant deposits of useful minerals have now been identified, some of which are being exploited (e.g. the bauxite deposits of Boké, Fria, Boffa and Télimélé). However, a good number are still foreseeable, given the favorable geological conditions. So, with the prospect of obtaining appreciable and acceptable scientific results, the aim of this work is to study the bauxitic facies and the main geochemical parameters (Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂, SiO₂ and power) associated with them, among which titanium appears to be the most stable parameter, with a content varying from 1.71 to 4.14% throughout the deposit. Geological work in the study area has revealed the presence of gelomorphic and gravelly bauxites, and has also brought us into contact with certain source rocks (dolerites and cuirasses). Samples processed and analyzed showed alumina content ranging from 37 to over 50%.

KEYWORDS: Resources, deposit, bauxite, parameters and alumina.

RESUME: Le nord-ouest guinéen recèle d'importantes ressources minérales (la bauxite, par excellence), le diamant et l'or; aussi s'ajoutent quelques indices des minéraux utiles Les importants gisements des minéraux utiles sont de nos jours mis en évidence dont certains d'entre eux sont en exploitation (cas des gisements bauxitiques de Boké, de Fria, de Boffa et de Télimélé). Cependant, bons nombres sont encore prévisibles en tenant compte des conditions géologiques favorables. Ainsi donc, avec des perspectives d'avoir des résultats scientifiques appréciables et acceptables, l'on s'est fixé pour objectif de ces présents travaux, aux études des faciès bauxitiques et des principaux paramètres géochimiques (Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂, SiO₂ et puissance) y afférant, parmi eux le titane apparait comme le paramètre le plus stable avec une teneur variant de 1,71 à 4,14% dans tout le gisement. Dans la zone d'études des travaux géologiques ont révélé la présence des bauxites géломorphes et graveleuses d'une part et d'autre part nous ont permis d'être en contact avec certaines roches mères (les dolérites et les cuirasses). Les échantillons traités et analysés ont prouvé une teneur en alumine qui varie de 37 à plus de 50%.

MOTS-CLEFS: Ressources, gisement, bauxite, paramètres et alumine.

1 INTRODUCTION

D’une manière générale, les bauxites en Guinée ont été découvertes par **A. LACROIX** dans les îles de l’archipel de Loos au début du XX siècle. Elles ont été prospectées en 1 940, et en 1950 elles ont été exploitées sur le gisement de Kassa [1] - [2].

D’après [1], les bauxites représentent un des principaux minerais d’origine supergène, c’est-à-dire formés dans des conditions de surface. La concentration de l’alumine résulte de la transformation des silicates contenus initialement dans des roches éruptives ou dans les roches sédimentaires, en hydroxydes, gibbsite, boémite, diaspore, oxyde, et corindon [4]. Après la seconde guerre mondiale, suite à l’accroissement des besoins de l’industrie mondiale en aluminium, les travaux de recherche et de prospection sur les bauxites ont été relancés dans les différents pays du monde, y compris la Guinée [3] - [4].

Il est à signaler que des faits marquants ont retenu l’attention des chercheurs en Guinée dont:

- Bauxite du Midi de 1948-1962, recherche des bauxites sur le plateau de Fouta-Djalon, l’évaluation des gisements identifiés dans le bassin de la rivière Tinguilinta dans la région de l’interfluve Kogon-Tominé. Durant cette période, il a été découvert et prospecté un gisement unique de Sangarédi dont la CBG exploite les bauxites depuis 1973. De nos jours, ces mêmes plateaux sont exploités par la SMB à Houda (prefecture de Télémélé) [5] - [6] - [7]
- PECHINEY, 1943-1950, SAREPA, 1951-1958, SOMIGA, 1973 recherche des bauxites dans le bassin de Fatala, dans la région de Kindia et sur les feuilles Tougué et Dabola. La prospection des gisements du groupe de Fria (Feuille Télémélé), Pontiolo, Sibiko-Kima et Labiko (feuille Tougué). Les gisements du groupe de Fria sont en exploitation depuis 1963 [1] - [8]

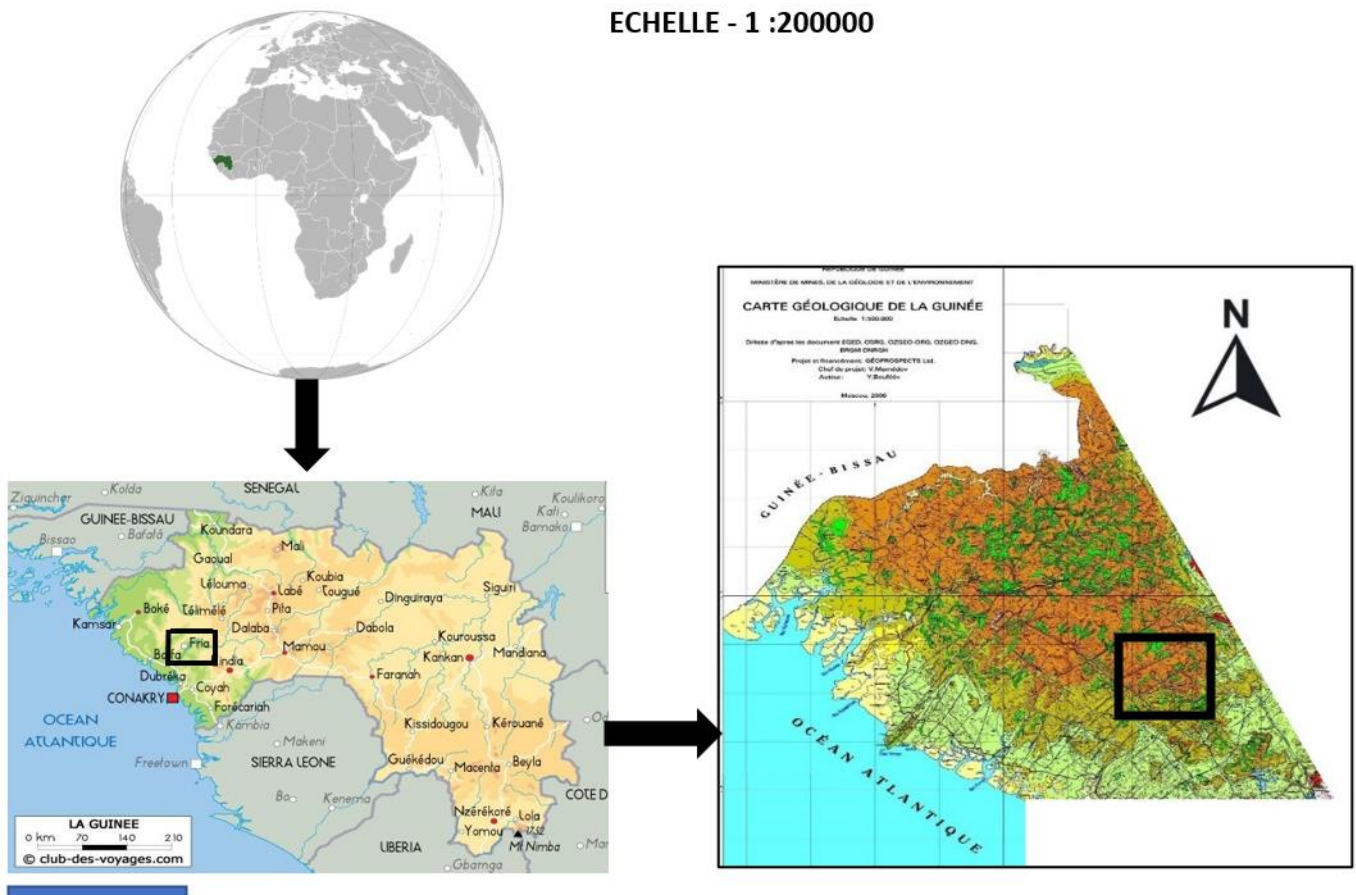


Fig. 1. Localisation de la Zone d’études; Mamédov et al., (1996); B. Soryba et al., (2022)

Légende :

CENOZOIQUE



Dépôts non différenciés, sableux et limons sableux, alluvionnaires.



Roches latéritiques, sables, limons sableux, argiles, graviers, conglomérats.

MESOZOIQUE



Dolérites, gabrodolérites,..... kongodiabases

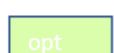
PALEOZOIQUE



Suite Faro : aleurolites, gravélites,..... graviers



Suite Télémélé : argilites, schistes,,,

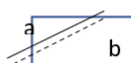


Suite Pita : grès quartziques et oligomictes souvent oblique, graviers, conglomérats.

INTRUSIONS



Intrusions acides : granites, granodiorites, granitoides, granites leucocrates et alaskites.



a) Faille vraie b) Faille supposée



Cours d'eau



Zone d'études

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 SITUATION GÉOGRAPHICO GÉOLOGIQUE DE LA ZONE D'ÉTUDE

2.1.1 CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE

Les plateaux bauxitiques de Sinthiourou Linguère faisant l'objet de notre étude est parmi les gisements bauxitiques de Houda (Préfecture de Télimélé), situé environ à cinq (5) km de la cité des travailleurs de la SMB dans sa partie Nord constituant ainsi les abords Sud-Ouest du Fouta-Djalon Mandingo (fig.1) [6]. Elle est comprise entre les coordonnées géographiques 11°00-12°00 Nord et 13°00-14°00 Ouest. Notre région d'étude est limitée au Nord-Ouest et à l'Ouest par les plateaux bauxitiques de Sangarédi (Préfecture de Boké), au Nord-Est par Santou (Préfecture de Télimémlé) et au Sud-Ouest par les blocs bauxitiques de Kolia Lambamyi (Préfecture de Boffa) [10]. Le Fouta-Djalon est représenté par ses contre forts occidentaux possédant des altitudes variant de 200 à 300 m, parfois jusqu'à 1000m donnant naissance aux pentes aplaties et fortes [8] - [11].

ECHELLE - 1 :200000

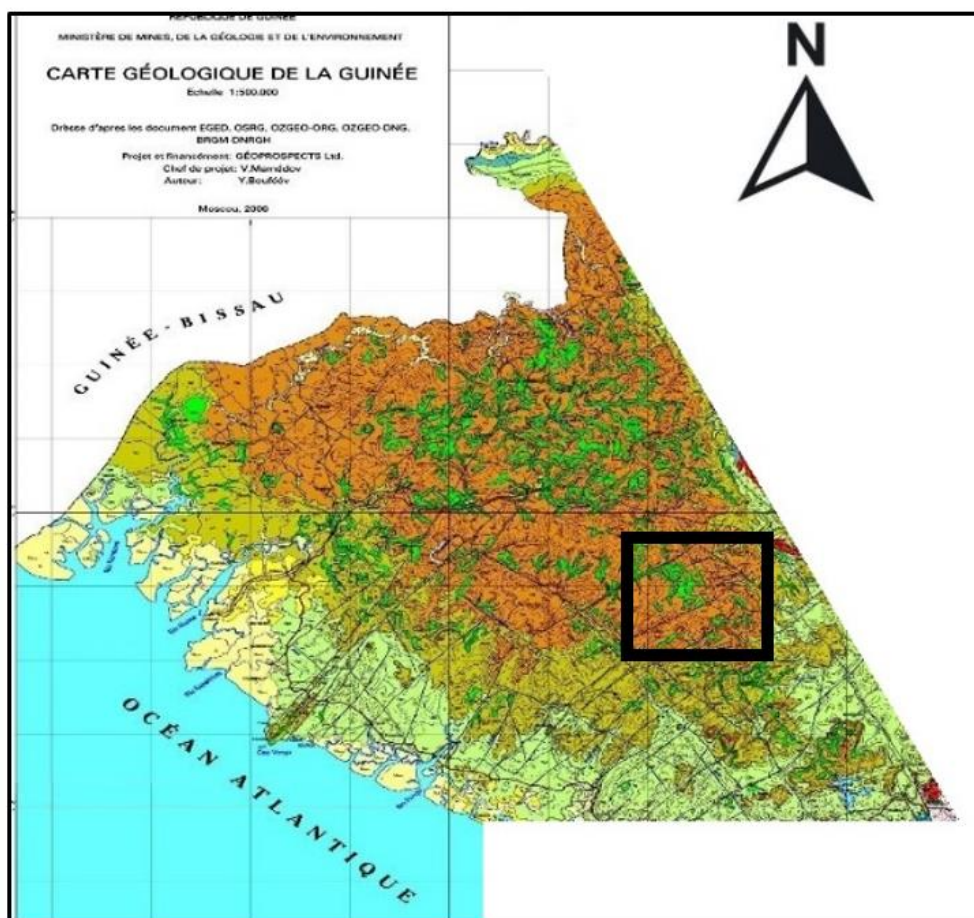


Fig. 2. Zone d'étude; B. Soryba et al., (2022)

2.1.2 CONTEXTE GÉOLOGIQUE

Les études géologiques de notre région d'étude débutèrent depuis la deuxième moitié du XIX^e siècle par une description schématique du littoral guinéen par Thermick en 1803 et la monographie que Lambert consacre à ces réalités au Fouta-Djalon en 1865 [11].

En 1957, L. Renaud, L. Déclaire, éditérent la carte géologique de la feuille Kindia Est y compris la partie occidentale de la Feuille Téliélé. Après l'indépendance de notre pays, les recherches géologiques furent planifiées [12] - [13]. Ainsi donc un programme de levés géologiques à l'échelle 1/200000 été adopté depuis 1967 pour tout le territoire [13]. C'est dans cette optique d'idée que notre région d'étude fut couverte par le levé géologique durant la période allant de 1968 à 1970 par la mission Téliélé de l'O.R.G. sous la direction de SELIVERSTOV [12] - [14].

2.1.2.1 GÉOLOGIE DES GISEMENTS BAUXITIQUES DE HOUDA

La bauxite est dérivée d'une séquence de couches sédimentaires de la couverture et de filon-couches de dolérite soumis au climat tropical depuis des millions d'années [15]. On croit généralement que la bauxite de la zone d'étude se présente comme les couches plates couronnant les plateaux qui s'étendent à travers la région de Téliélé, habituellement à des altitudes au-dessus de 200m [16]. Les effets combinés du climat tropical, de la bonne hydrographie que procure le relief topographique, de la structure et du substrat rocheux favorables ont conduit à une concentration en alumine et oxydes de fer par lixiviation de la plupart des autres oxydes [16] - [17].

Du point de vue stratigraphique, le rapport des travaux d'exploration sur le territoire, et les résultats du levé géologique de la feuille Gaoual (1974-1976) ont encouragé la société Bhp Billiton en juillet 2005 à faire la prospection des plateaux situés

entre les gisements bauxitiques de Sangarédi (CBG) et ceux de RUSAL à Fria (fig.2). Ces travaux ont donné un résultat satisfaisant non seulement à la Société Bhp Billiton mais également au Gouvernement guinéen d'alors [13] - [17] - [18].

L'on retiendra que les bauxites diffèrent par la qualité du minerai c'est -à- dire par leur valeur économique. Ceci confère à la classification génétique des bauxites un caractère géologo-économique. Cependant, toutes les roches contiennent des minéraux contenant de l'aluminium [18]. Les bauxites de notre région se sont formées à partir des roches magmatiques (dolérite), sédimentaires (cuirasses), et tant d'autres. Ainsi donc, durant ce processus de formation, la roche doit être perméable pour permettre la circulation de l'eau. La structure des minéraux alumino silicatés est détruite et les éléments comme Si, Na, K, Ca... sont lessivés, laissant un résidu riche en alumine. Un climat tropical humide est essentiel, une température supérieure à 20°C favorise la solubilité de la SiO₂. Ainsi, durant ce processus, nous pouvons distinguer une bauxitisation directe et celle indirecte [19].

Dans le cadre de ce travail, notre région a connu une bauxitisation indirecte, car c'est la kaolinite qui s'est formée au niveau du front d'altération; lorsque la kaolinite s'altère à son tour par la perte de la silice (désacidification) pour engendrer de la gibbsite; la bauxite ainsi formée est dite latéritique [18] - [19].

2.1.2.2 ETUDES DES PARAMÈTRES GÉOCHIMIQUES DES GISEMENTS BAUXITIQUES DE LA ZONE D'ÉTUDES

Selon [13] - [19], pour mieux apprécier nos observations, il s'avère nécessaire de dresser les coupes lithologo-géochimiques afin de connaître le comportement de chacun des paramètres et le degré de variation des différents types de faciès rencontrés.

Pour ressortir la liaison entre la composition lithologique et le caractère géochimique du gisement, nous avons comparé les profils lithologiques et les courbes géochimiques des paramètres suivants: alumine, silice, fer, titane et puissance [19]. Dans le but de se faire une idée sur les liens pratiques entre la lithologie et la diffusion des paramètres géochimiques dans le sens horizontal (profils géochimiques longitudinaux) d'une part et sur leur migration vers la profondeur dans le sens vertical (profils transversaux) d'autre part; il est nécessaire de dresser ces profils géochimiques en fonction des profils géologiques et des sondages. Il ressort de cette étude comparative les tendances entre la lithologie et la géochimie des paramètres étudiés.

L'étude du comportement des principaux paramètres dans les différentes zones de la croûte d'altération latéritique de notre gisement a été réalisée grâce aux résultats des quatre-vingt-deux (82) analyses chimiques des échantillons qui ont été obtenus à partir des sondages réalisés à la maille de 300mx300m par Géoprospect [12] - [20].

Tableau 1. Analyse des composites de forages individuels utilisés pour générer un échantillon de matériau « TENEUR HOUDA, SANTOU ET BOFFA » (Bhp Billiton 2006-2010)

| Numéro de sondage | Teneur Houda | Al ₂ O ₃ % | SiO ₂ % | Fe ₂ O ₃ % | TiO ₂ % | P,m |
|-------------------|--------------|----------------------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------|-----|
| 1 | H01256148 | 47,0 | 5,35 | 20,0 | 2,09 | 19 |
| 2 | H01256196 | 49,3 | 2,33 | 18,4 | 2,16 | 13 |
| 3 | H01268136 | 53,4 | 3,09 | 12,9 | 2,38 | 10 |
| 4 | H01268160 | 49,1 | 3,32 | 18,1 | 2,18 | 14 |
| 5 | H01280172 | 46,3 | 1,38 | 23,7 | 2,10 | 16 |
| 6 | H01280188 | 47,2 | 1,48 | 22,3 | 2,12 | 19 |
| 7 | H01292180 | 46,4 | 2,26 | 23,2 | 2,23 | 14 |
| 8 | H01304052 | 47,1 | 1,21 | 22,6 | 2,62 | 12 |
| 9 | H01328052 | 48,7 | 3,31 | 18,0 | 2,47 | 12 |
| 10 | H01340064 | 51,2 | 1,21 | 16,5 | 2,43 | 15 |
| 11 | H01352411 | 45,6 | 2,06 | 24,4 | 2,22 | 11 |
| 12 | H01376400 | 43,8 | 1,94 | 26,6 | 2,27 | 16 |
| 13 | H01388400 | 44,2 | 2,32 | 26,7 | 1,93 | 14 |
| 14 | H01400400 | 44,6 | 2,53 | 25,1 | 1,97 | 17 |
| 15 | H02328172 | 44,0 | 2,90 | 26,4 | 1,93 | 13 |
| 16 | H02328184 | 46,6 | 1,75 | 23,2 | 1,98 | 0,9 |
| 17 | H02340136 | 46,7 | 1,51 | 22,9 | 2,11 | 14 |

| | | | | | | |
|----|-----------|------|-------|------|------|-----|
| 18 | H02340160 | 46,2 | 2,87 | 22,9 | 1,87 | 13 |
| 19 | H02352136 | 47,8 | 2,93 | 21,3 | 2,04 | 16 |
| 20 | H01244136 | 44,1 | 12,40 | 17,7 | 1,84 | 16 |
| 21 | H01244160 | 41,9 | 2,46 | 30,8 | 1,87 | 18 |
| 22 | H01256172 | 45,3 | 3,22 | 23,9 | 2,28 | 15 |
| 23 | H01256220 | 44,5 | 3,35 | 25,1 | 1,88 | 15 |
| 24 | H01268184 | 45,4 | 2,03 | 24,6 | 2,24 | 10 |
| 25 | H01268208 | 47,0 | 1,63 | 22,2 | 2,13 | 17 |
| 26 | H01268232 | 43,5 | 2,43 | 26,8 | 1,98 | 18 |
| 27 | H01280076 | 43,6 | 1,56 | 26,9 | 2,73 | 14 |
| 28 | H01280124 | 37,3 | 1,30 | 37,1 | 2,52 | 14 |
| 29 | H01280148 | 45,8 | 11,60 | 17,4 | 1,57 | 16 |
| 30 | H01280220 | 47,4 | 2,33 | 21,9 | 2,17 | 11 |
| 31 | H01292064 | 43,9 | 1,84 | 26,5 | 2,45 | 22 |
| 32 | H01292112 | 43,1 | 2,03 | 27,6 | 2,41 | 13 |
| 33 | H01292136 | 39,5 | 0,95 | 34,3 | 2,38 | 11 |
| 34 | H01292208 | 41,4 | 2,11 | 31,2 | 2,10 | 12 |
| 35 | H01304076 | 45,2 | 1,69 | 25,0 | 2,72 | 13 |
| 36 | H01316400 | 40,1 | 1,80 | 32,6 | 1,73 | 20 |
| 37 | H01328076 | 45,3 | 1,63 | 24,9 | 2,55 | 14 |
| 38 | H01328400 | 43,0 | 3,23 | 28,1 | 1,93 | 14 |
| 39 | H01328412 | 41,7 | 2,12 | 30,5 | 1,86 | 19 |
| 40 | H01328424 | 42,8 | 1,94 | 29,0 | 1,71 | 20 |
| 41 | H01340400 | 40,7 | 1,96 | 31,9 | 2,11 | 12 |
| 42 | H01352052 | 44,0 | 1,57 | 26,2 | 2,18 | 28 |
| 43 | H01352076 | 40,0 | 0,95 | 33,5 | 2,66 | 0,8 |
| 44 | H01364412 | 43,1 | 1,92 | 27,2 | 2,77 | 12 |
| 45 | H01376412 | 42,0 | 1,26 | 29,6 | 2,47 | 21 |
| 46 | H01400412 | 46,9 | 2,47 | 22,6 | 2,02 | 19 |
| 47 | H02304184 | 42,0 | 3,88 | 28,1 | 1,99 | 15 |
| 48 | H02316160 | 43,4 | 2,13 | 27,1 | 1,88 | 20 |
| 49 | H02328160 | 39,8 | 2,32 | 32,1 | 1,86 | 27 |
| 50 | H02352126 | 46,4 | 4,24 | 21,3 | 1,91 | 21 |
| 51 | H02352160 | 45,1 | 2,59 | 24,9 | 1,92 | 19 |
| 52 | H02358136 | 46,4 | 2,27 | 23,4 | 1,87 | 15 |
| 53 | 38117135 | 43,8 | 2,80 | 23,7 | 4,14 | 27 |
| 54 | 38117147 | 42,7 | 1,61 | 28,5 | 2,25 | 13 |
| 55 | 38122118 | 46,0 | 2,17 | 22,5 | 3,00 | 12 |
| 56 | 38122130 | 48,3 | 1,59 | 20,3 | 2,29 | 10 |
| 57 | 38123141 | 46,5 | 2,54 | 22,2 | 2,59 | 13 |
| 58 | 38128112 | 50,1 | 1,99 | 17,4 | 2,70 | 11 |
| 59 | 38129123 | 42,9 | 3,73 | 26,0 | 2,44 | 16 |
| 60 | 38129135 | 46,6 | 1,99 | 23,0 | 2,18 | 14 |
| 61 | 38134130 | 41,5 | 0,92 | 30,1 | 2,81 | 24 |
| 62 | 38135141 | 52,6 | 3,32 | 12,4 | 2,55 | 11 |
| 63 | 38140112 | 48,1 | 2,35 | 19,3 | 2,82 | 13 |
| 64 | 38140124 | 44,8 | 1,83 | 25,1 | 2,62 | 16 |
| 65 | 38141135 | 49,1 | 1,35 | 19,0 | 2,63 | 10 |
| 66 | 38141147 | 51,8 | 1,58 | 15,5 | 2,50 | 0,9 |

| | | | | | | |
|----|----------|------|------|------|------|-----|
| 67 | 38159105 | 41,9 | 1,35 | 29,7 | 2,88 | 0,9 |
| 68 | 38150117 | 48,3 | 2,04 | 20,8 | 2,17 | 10 |
| 69 | 38165123 | 46,1 | 0,96 | 25,0 | 1,96 | 0,9 |
| 70 | 38387165 | 42,5 | 2,96 | 28,3 | 2,19 | 13 |
| 71 | 38381171 | 50,7 | 3,62 | 14,7 | 3,00 | 17 |
| 72 | 38381183 | 47,3 | 2,17 | 21,7 | 2,42 | 0,9 |
| 73 | 38375165 | 45,3 | 2,27 | 24,6 | 2,38 | 17 |
| 74 | 38375177 | 50,5 | 1,94 | 17,3 | 2,39 | 10 |
| 75 | 38387177 | 43,0 | 2,41 | 27,5 | 2,44 | 11 |
| 76 | 38393159 | 44,6 | 3,06 | 24,8 | 2,21 | 13 |
| 77 | 38399141 | 46,5 | 3,02 | 21,4 | 2,45 | 18 |
| 78 | 38399153 | 47,6 | 2,22 | 20,6 | 2,55 | 10 |
| 79 | 38405147 | 53,0 | 3,56 | 12,0 | 2,53 | 11 |
| 80 | 38405159 | 49,3 | 2,42 | 18,8 | 2,39 | 14 |
| 81 | 38411153 | 46,2 | 2,45 | 22,9 | 2,38 | 13 |
| 82 | 38417159 | 46,1 | 3,54 | 22,2 | 1,98 | 10 |

3 RESULTATS

3.1 FACIÈS BAUXITIQUES RENCONTRÉS

D'après les sondages réalisés sur ces différents plateaux par la Société GEOPROSPECT (**Tableau 1**) et les observations faites sur le terrain, on rencontre les faciès bauxitiques ci-dessous:

3.1.1 LES BAUXITES GRAVELEUSES

Les bauxites graveleuses sont des roches dures, massives avec une texture tachetée parfois d'un rubanement touffu et une structure graveleuse. Elles sont constituées par des graviers brun- rouges aplatis, bien polis, à section ovale cimentés par la gibbsite et la goethite avec des dimensions allant du millimètre au centimètre. Dans l'ensemble, ces bauxites se caractérisent par un granoclassement du matériel. Ce sont des bauxites provenant des formations sédimentaires avec conservation de la structure primaire (Fig.3).

3.1.2 LES BAUXITES GÉLOMORPHES

Les bauxites géломorphes ou gels correspondent aux bauxites "massives: cassante, blanchâtre, brun-jaunâtre, rose ou brun rouge, compacte et homogène ayant un aspect de craie ou de gel consolidé. Elle représente des faciès de transition avec la bauxite squelettique, ce type est répandu dans les gisements de Kounsi et de Hafia, elle apparaît parfois à la surface de ces plateaux (Fig.4).



Fig. 3. Bauxite graveleuse



Fig. 4. Bauxite Géomorphe

En se basant sur les résultats des travaux de sondage et les analyses chimiques effectuées par la Société Bhp Billiton, les paramètres géochimiques à étudier se présentent comme suit:

3.2 PROFILS GÉOCHIMIQUES DES PARAMÈTRES

D'après les résultats d'analyse des dix (10) premiers sondages (Tableau N°1), les coupes sont élaborées suivant les profils topographiques tandis que les courbes de variation sont en fonction des valeurs moyennes des couches bauxitiques.

Sur l'axe des ordonnées on a pris 1cm = 1% d' Al_2O_3 , 1cm = 2% de Fe_2O_3 , 1cm = 0,1% de TiO_2 et 1cm = 0,5% de SiO_2 , sur celui des abscisses, les différents sondages sont représentés à l'échelle 1: 100. Les différents faciès sont ainsi représentés par les signes conventionnels étudiés.

Ainsi pour comprendre et évaluer en détail les processus géochimiques des sondages dans les gisements bauxitiques de la zone d'étude, nous retenons comme principaux paramètres (des teneurs moyennes des sondages de la couche bauxitique en Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , SiO_2 et de la puissance).

Nous avons établi respectivement les profils géochimiques des paramètres Alumine, silice, oxyde de titane et oxyde de fer sur la **Fig.5**, la **Fig.6**, la **Fig.7**, et **Fig.8**.

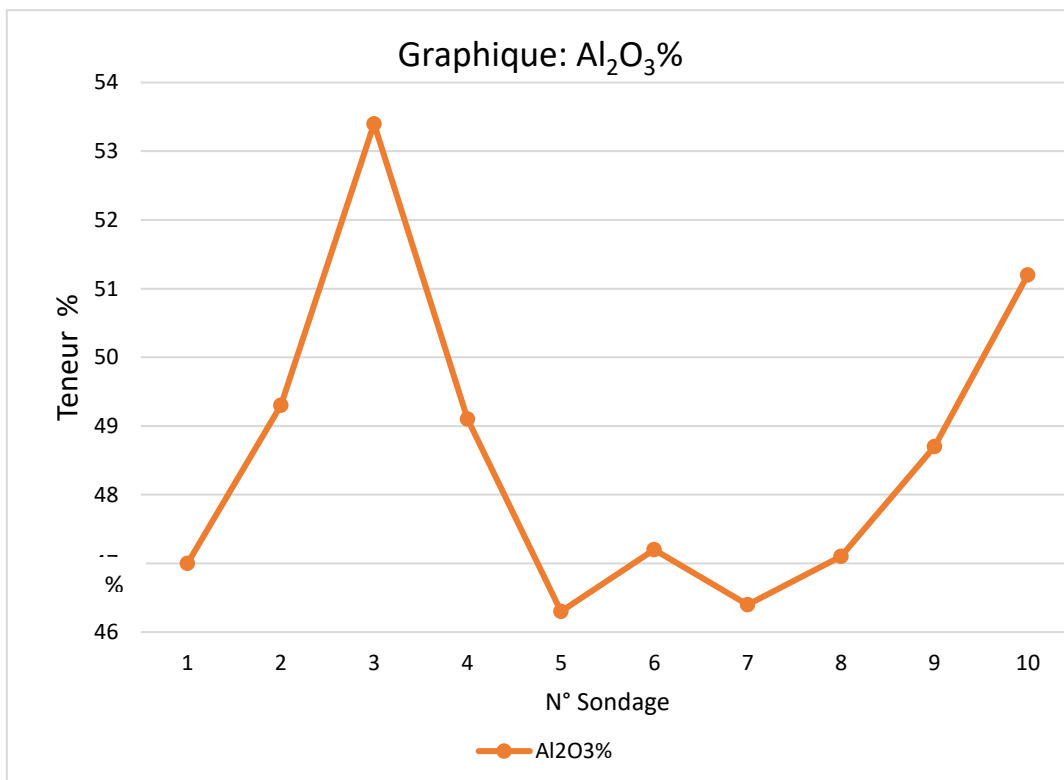


Fig. 5. Profil géochimique de Al_2O_3

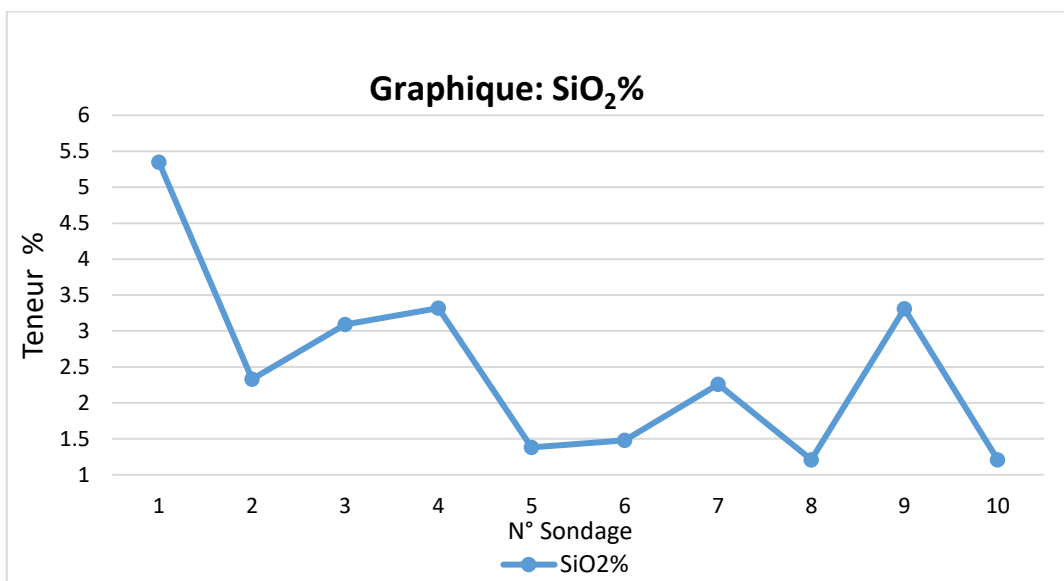


Fig. 6. Profil géochimique de Al_2O_3

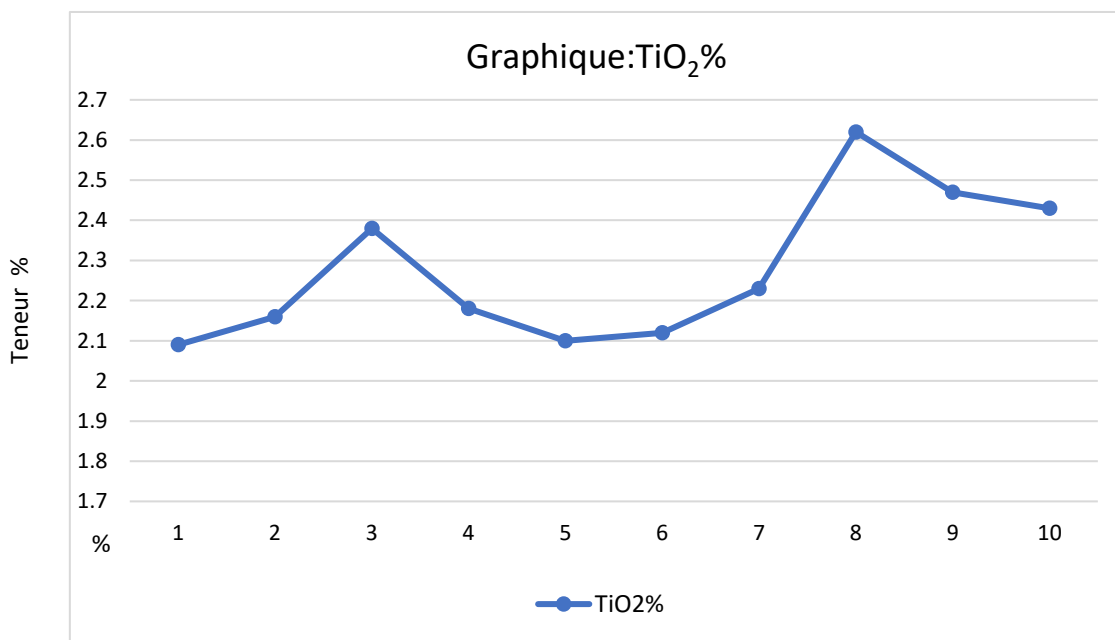


Fig. 7. Profil géochimique de TiO_2

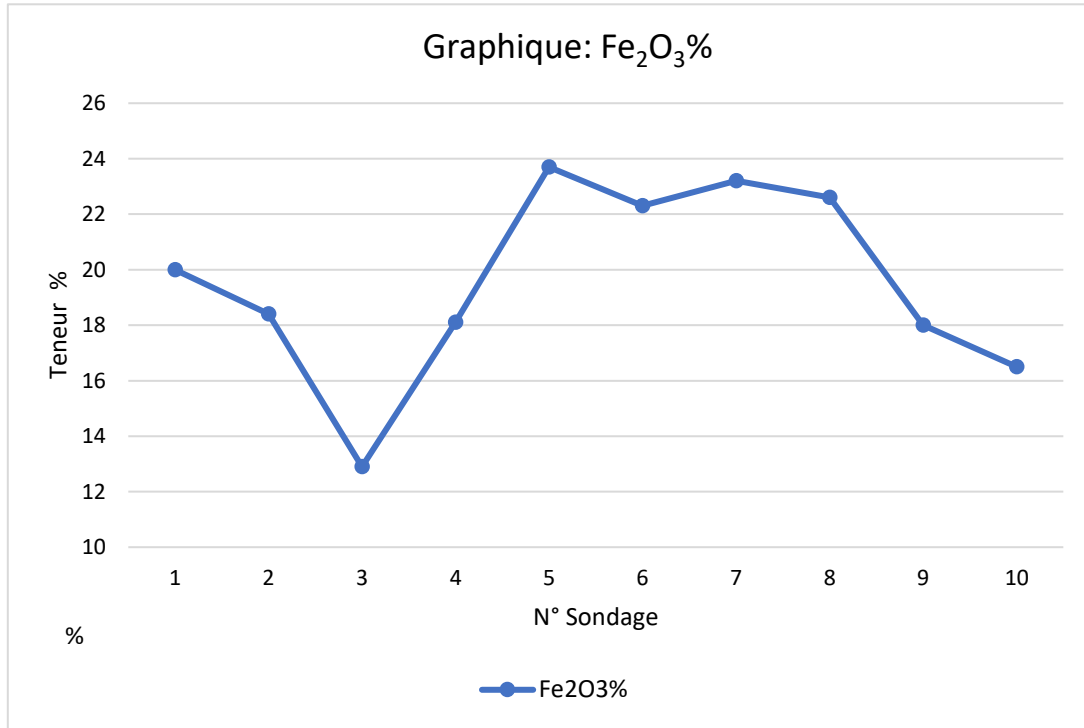


Fig. 8. Profil géochimique de Fe2O3

Nous avons également établi les profils groupés entre l'alumine et le Fe₂O₃ d'une part et entre l'alumine et le TiO₂ d'autre part. Ces profils sont représentés respectivement par la Fig.9 et la Fig.10.

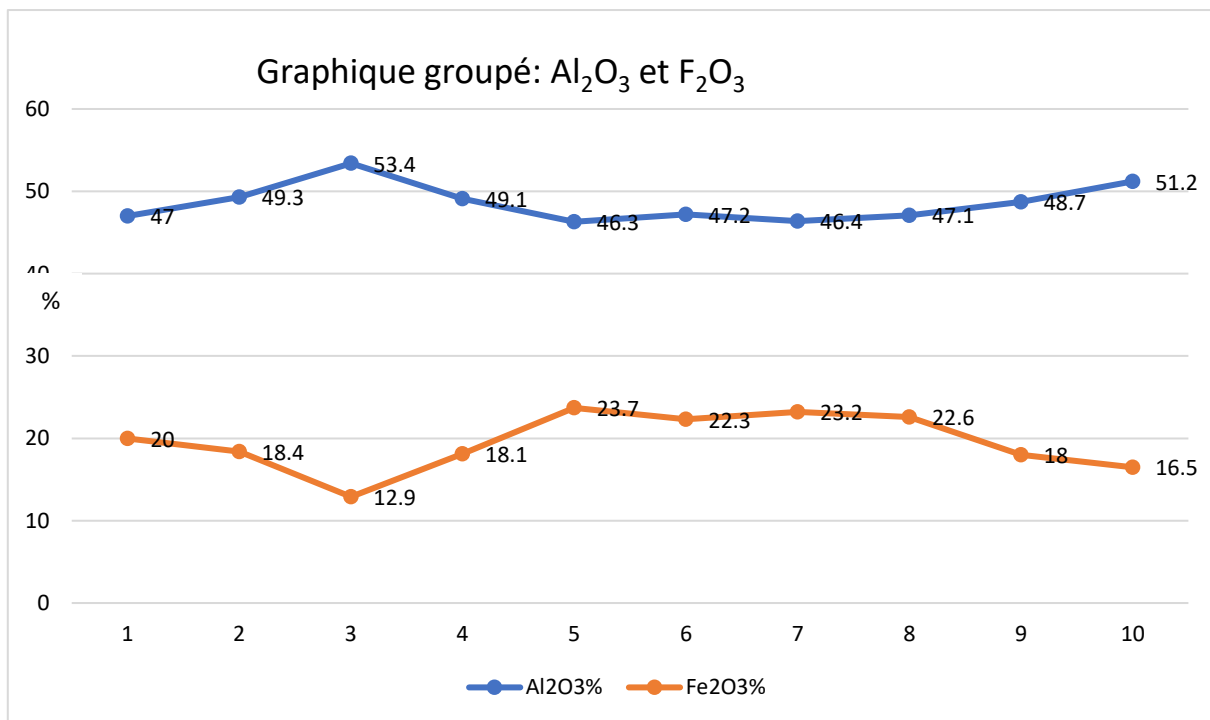


Fig. 9. Profil géochimique groupé entre Al2O3 - Fe2O3

3.3 INTERPRÉTATION DE LA COUPE LITHOLOGO-GÉOCHIMIQUE LONGITUDINALE DE HOUDA

L'examen de ces coupes nous montre:

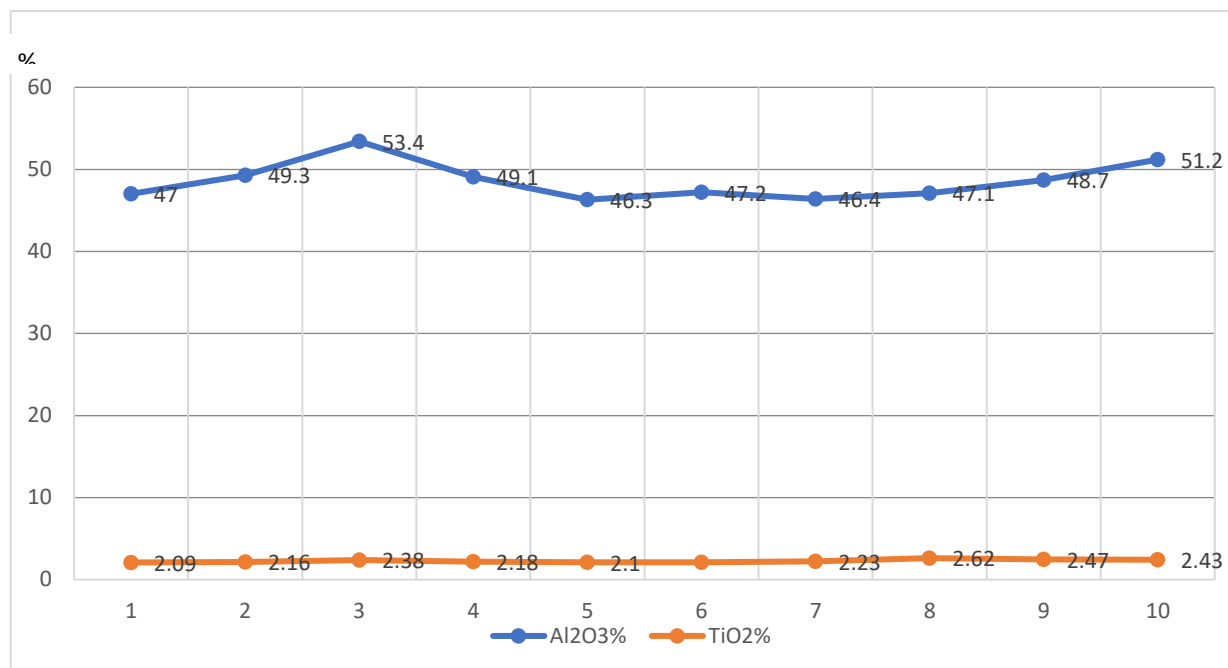


Fig. 10. Profil géochimique groupé entre Al₂O₃ - TiO₂

Remarque:

Une forte corrélation inverse entre Al₂O₃ et Fe₂O₃ sur le profil du sondage. On remarque un enrichissement en Al₂O₃ et un appauvrissement en Fe₂O₃ de 0 à 2m et de 2 à 10m.

Une augmentation de la teneur en SiO₂ de la surface en profondeur, liée au processus de lessivage. Dans l'intervalle de 0 à 2m, on remarque une légère élévation de la teneur en SiO₂; ce qui pourrait être dû à la présence du sol végétal.

Le titane apparait comme le paramètre le plus stable avec une teneur variant de 1,71 à 4,14%. Il présente une corrélation directe avec l'alumine (Al₂O₃). C'est pourquoi, on peut affirmer qu'il est le paramètre géochimique le plus approprié dans la détermination des roches liées aux formations bauxitiques. L'analyse de la lithologie et des profils géochimiques nous permet de subdiviser la coupe en trois (3) parties (zones):

- Une zone des oxydes libres de 0,0-2,0m
- Une zone de transition de 2,0 – 10,0m
- Une zone des argiles de base supérieure à 10,0m.

Une forte augmentation de la teneur de Fe₂O₃ dans l'intervalle de 2 à plus de 10m fait penser une zone latéritique ferrugineuse, ce qui est attesté par la présence de la bauxite latéritique et de la latérite très ferrugineuse de couleur marron, brun-sombre et peu-tendre des teneurs moyennes en Al₂O₃ et Fe₂O₃ égales respectivement 37,30 et 53,40%; 12,00et 37,10% (Tableau.2.)

Tableau 2. Caractéristiques des paramètres géochimiques par la méthode géométrique

| PARAMETRES | Gisements bauxitiques de Houda | | | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------|--------------------|-----|
| | Al ₂ O ₃ % | Fe ₂ O ₃ % | TiO ₂ % | SiO ₂ % | P.m |
| Valeur maximale X _{max} | 53,40 | 37,10 | 4,14 | 12,40 | 28 |
| Valeur minimale X _{min} | 37,30 | 12,00 | 1,71 | 0,92 | 8,0 |
| Ecart de valeur | 16,10 | 25,10 | 2,43 | 11,48 | 20 |

3.4 ÉTUDES STATISTIQUES DES PARAMÈTRES GÉOCHIMIQUES

L'analyse statistique des données est une méthode de mesure objective basée essentiellement sur l'étude de la variable.

Trois (3) groupes de méthodes statistiques sont utilisés: le premier intéresse le traitement des variables prises une à une (analyse uni variée), le deuxième groupe des techniques d'études des variables concomitantes de deux (2) caractères (analyse bi variée) et enfin la troisième traite toutes les données simultanément (analyse multi variée).

Il est à retenir que l'analyse statistique des paramètres géochimiques des gisements bauxitiques de Houda a pour but de vérifier l'existence des différents paramètres géochimiques de bauxite. Elle se fixe comme objectif de contrôler l'homogénéité ou l'hétérogénéité du gisement et de préciser un groupe de complexité pour le choix rationnel de la maille de prospection. L'analyse statistique permet également de préciser la corrélation entre les paramètres géochimiques des bauxites. La nécessité de ces études est celle de livrer une information rigoureuse et objective du point de vue statistique sur le gisement.

\bar{X} - moyenne du paramètre ou essais

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N} \quad (1)$$

où X_i – valeur isolée du paramètre

N- nombre d'essais

Le moment du deuxième ordre ou variance (dispersion) traduit la dispersion des valeurs du paramètre étudié autour de la moyenne.

$$D = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N-1} \quad (2)$$

la racine carrée de la variance exprime l'écart moyen quadratique (ou déviation standard).

À l'aide de la moyenne du paramètre (\bar{X}) et de l'écart moyen quadratique (σ_x), on détermine le coefficient de variabilité par la relation.

$$V = \frac{\sigma_x}{\bar{X}} \cdot 100\% \quad (3)$$

Ce coefficient est la représentation mathématique de la variation des propriétés du minéral utile.

Dans ce présent travail, l'analyse statistique des données comprend successivement les opérations suivantes dont:

L'étude de la variabilité des paramètres géochimiques ayant pour but l'étude des différentes classes géochimiques de bauxites,

L'homogénéité statistique et la détermination de la largeur des intervalles de variation et des fréquences.

ÉTUDES DE LA VARIABILITÉ DES PRINCIPAUX PARAMÈTRES

Pour calculer le coefficient de variabilité totale, nous déterminons d'abord la moyenne arithmétique, l'écart quadratique et le coefficient de variabilité des principaux paramètres du gisement à l'aide du tableau des résultats d'analyse des travaux de prospection préalable des gisements de Houda (Tableau N°1).

CALCUL DE LA MOYENNE DES PARAMÈTRES GÉOCHIMIQUES

- Pour l'alumine: (Al_2O_3): $N=82$; $\sum Xi=3730,5$
ou $\bar{X} = \frac{3730,5}{82} = 45,49\%$
- Pour le fer: Fe_2O_3 ; $N=82$; $\sum Xi=1941,6$
ou $\bar{X} = \frac{1941,6}{82} = 23,67\%$
- Pour le titane: (TiO_2): $N=82$; $\sum Xi=190,49$
ou $\bar{X} = \frac{190,49}{82} = 2,32\%$
- Pour la silice: (SiO_2); $N=82$; $\sum Xi=216,62$
ou $\bar{X} = \frac{216,62}{82} = 2,64\%$
- Pour la puissance: (Pm): $N= 82$; $\sum Xi=1151,3$ m
ou $\bar{X} = \frac{1151,3}{82} = 14,04$ m

CALCUL DE LA DISPERSION, DE L'ÉCART QUADRATIQUE MOYEN (σ_x) ET DU COEFFICIENT DE VARIABILITÉ DES PARAMÈTRES GÉOCHIMIQUES DU GISEMENT

Pour l'alumine (Al_2O_3)

La dispersion est: $D = \frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{N-1} = \frac{7370,02}{82-1} = 90,98$ (4)

L'écart moyen de quadratique: $\sigma_x = \sqrt{D} = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{N-1}} = 9,53$ (5)

Le coefficient de variabilité: $V = \frac{\sigma_x}{\bar{X}} \cdot 100\% = 20,9\%$.

- Pour le fer (Fe_2O_3)

La dispersion ou variance: $D = \frac{3835,86}{82-1} = 47,35$

L'écart moyen quadratique: $\sigma_x = 6,8$

Le coefficient de variabilité: $V = 29\%$

- Pour le titane (TiO_2)

La dispersion ou variance est: $D = \frac{376,34}{82-1} = 4,64$

L'écart moyen quadratique: $\sigma_x = 2,15\%$

Le coefficient de variabilité: $V = 92\%$

- Pour la silice (SiO_2)

La dispersion ou variance est: $D = \frac{427,96}{82-1} = 5,28$

L'écart moyen quadratique est: $\sigma_x = 2,29$

Le coefficient de variabilité est: $V = 86\%$

- Pour la puissance (Pm)

La dispersion ou variance est: $D = \frac{2274,52}{82-1} = 28,08$

L'écart moyen quadratique est: $\sigma_x = 5,29$

Le coefficient de variabilité: $V = 37\%$

DÉTERMINATION DU COEFFICIENT DE VARIABILITÉ TOTALE: LE COEFFICIENT DE VARIABILITÉ TOTALE SE DÉTERMINE SUIVANT LA RELATION

$$V_T = \sqrt{\sum Vx^2} \quad (6)$$

Pour notre cas précis

$$V_T = \sqrt{V^2 Al_2O_3 + V^2 Fe_2O_3 + V^2 TiO_2 + V^2 SiO_2 + V^2 P} \quad (7)$$

$$\text{ou } V_T = \sqrt{(20,9)^2 + (18,05)^2 + (19,05)^2 + (41,43)^2 + (51,79)^2} = 136,03\%$$

Suivant la valeur obtenue, nous affirmons que le gisement appartient au deuxième groupe de complexité des gisements (gisements irréguliers) d'après l'échelle de V.M. KREYTER (V=40-100%).

Tableau 3. Caractéristiques statistiques des paramètres géochimiques des gisements de Houda

| PARAMETRES | GISEMENTS DE HOUDA | Paramètres géochimiques |
|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Al ₂ O ₃ | Teneur moyenne % | 45,49 |
| | Écart moyen quadratique % | 9,53 |
| | Coefficient de variabilité % | 20,9 |
| Fe ₂ O ₃ | Teneur moyenne % | 23,67 |
| | Écart moyen quadratique % | 6,88 |
| | Coefficient de variabilité % | 2,9 |
| TiO ₂ | Teneur moyenne % | 2,32 |
| | Écart moyen quadratique % | 2,15 |
| | Coefficient de variabilité % | 92 |
| SiO ₂ | Teneur moyenne % | 2,64 |
| | Écart moyen quadratique % | 2,29 |
| | Coefficient de variabilité % | 86 |
| P | Teneur moyenne % | 14,04 |
| | Écart moyen quadratique % | 5,29 |
| | Coefficient de variabilité % | 37 |
| Coefficient de variabilité totale ; % | | 136,03 |

4 DISCUSSIONS

Il faut noter qu'initialement, les dépôts avaient la composition chimique différente et par conséquent étaient composés de diverses quantités de minéraux majeurs [21]. Ainsi, par exemple, la nature bauxitique des galets et des graviers, composés entre autres de boëhmite, a déterminé la teneur plus élevée aussi bien en alumine totale qu'en Al₂O₃ mono des dépôts initiaux à galets-graviers (faiblement latéritisés). Par conséquent, ils y avaient initialement moins de silices dans les argiles sédimentaires [22]. Les traits communs, qui sont très importants pour la formation des bauxites de haute qualité et exceptionnelle, et qui déterminent une différence entre les roches de la même classe litho génétique.

Cependant, tous les faciès bauxitiques rencontrés et des roches mères ont subi des modifications au stade de sédiments dans le milieu géochimique réducteur et ont été blanchis (la plupart de fer a été déportée). Une certaine augmentation de la

teneur en Fe_2O_3 dans les roches faiblement latéritisées (inférieures) est secondaire et due à la précipitation du fer au niveau du battement de la nappe phréatique, ce qui est typique pour le profil d'altération [21], [22].

Dans toutes les roches, divers types litho-génétiques sont suscités; ainsi, on note une diminution de la teneur en SiO_2 et une augmentation de la teneur en Al_2O_3 surtout dans la partie centrale du gisement en allant de bas en haut depuis les roches substantiellement argileuses jusqu'aux bauxites de haute qualité. Cela reflète l'intensité de la latéritisation (bauxitisation) dans la séquence, et par conséquent l'altération de la kaolinite au profit des minéraux d'alumine [16].

5 CONCLUSION

Il reste entendu que la plupart des bauxites latéritiques se sont formées à l'endroit où on les trouve actuellement. Elles représentent un produit d'évolution pédogénétique particulier de roches silico-alumineuses sous un climat chaud et humide. Sous ce climat, et pourvu que certaines conditions soient remplies; bon drainage notamment; il se produit une hydrolyse intense des silicates de la roche mère. Les alcalins, les alcalino-ferreux et la silice sont éliminés, tandis que l'aluminium, le fer, le titane, se concentrent par accumulation relative et constituent des paramètres géochimiques pour cette étude (**Tableau 1**).

S'agissant de cette étude, les bauxites de Sinthiourou Linguère (Houda) ont une teneur en Al_2O_3 similaire aux autres blocs bauxitiques de Santou et de Kolia (concessions environnantes). La mise en place des faciès bauxitiques (gélomorphe et graveleux) est liée à l'apport d'une substance alumineuse sous forme de composé métallo-organique.

Dans les horizons supérieurs du profil d'altération, la substance alumineuse se dissout partiellement et se recristallise, la bœhmite est partiellement remplacée par la gibbsite. Cependant dans les horizons inférieurs des bauxites du gisement, tous les types litho-génétiques de roches sédimentaires latéritiques ont une teneur moyenne relativement élevée en Al_2O_3 mono (de 8 à 20%).

Son analyse a révélé ce qui suit:

- Les bauxites géomorphes structurales (fig.4) rose-crème, dures sèches plus ou moins squelettiques prédominant jusqu'à la profondeur de plus de 10m par endroits, aussi la bauxite graveleuse (fig.3) rouge-jaune parfois sombre
- Une stabilité relative du TiO_2 avec une teneur variant entre 1,71 et 4,14%
- Une corrélation directe quoique faible entre Al_2O_3 et TiO_2 et entre Fe_2O_3 et SiO_2 . Pour les autres combinaisons (Al_2O_3 et SiO_2 ; Fe_2O_3 et TiO_2) la corrélation est inverse faible ou presque nulle
- Une forte corrélation entre Al_2O_3 et Fe_2O_3
- Une forte augmentation de la teneur de Fe_2O_3 dans l'intervalle de 2 à plus de 10m fait penser une zone latéritique ferrugineuse, ce qui est attesté par la présence de la bauxite latéritique et de la latérite très ferrugineuse de couleur marron, brun-sombre et peu-tendre des teneurs moyennes en Al_2O_3 et Fe_2O_3 égales respectivement 37,30 et 53,40%; 12,00 et 37,10% (**Tableau 1**)

Pour finir, l'on retiendra que parmi les paramètres géochimiques étudiés, le titane apparaît comme le paramètre le plus stable avec une teneur variant de 1,71 à 4,14%. Il présente une corrélation directe avec l'alumine (Al_2O_3). C'est pourquoi, on peut affirmer qu'il est le paramètre géochimique le plus approprié dans la détermination des roches liées aux formations bauxitiques

REMERCIEMENT

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements aux personnes de bonne volonté qui ont contribué à la réalisation de ce document. Je remercie solennellement le Dr Ahmed Amara KONATE pour son encadrement et ses conseils dans la rédaction de documents scientifiques de ce type, malgré ses nombreuses occupations. Je remercie également Monsieur Mamadou Oury Diallo, ingénieur géologue et doctorant à l'Institut National Polytechnique Félix Houphouët Boigny de Yamoussoukro, pour sa contribution significative et capitale dans ce travail.

CONFLITS D'INTÉRÊTS

Les auteurs, à l'unanimité, ne trouvent aucun obstacle à la soumission de cet article à cette revue.

Les recherches qui ont conduit à ces résultats ont été financées par la Direction Générale de l'Institut Supérieur des Mines et Géologie de Boké et le Centre Emergent Mines et Société.

REFERENCES

- [1] MAMEDOV V. I. and V. Nikitine, Y. A. (2010) Geology of the Republic of Guinea. Ministry of Mines and Geology of the Republic of Guinea.
- [2] Hao, X., Leung, K., Wang, R., Sun, W. and Li, Y. (2010) The Geomicrobiology of Bauxite Deposits. *Geoscience Frontiers*.
- [3] AHMED SEKOU TOURE: Mines et développement- Revue mensuelle d'information et de formation idéologique et technique (1980).
- [4] NABY LAYE MOUSSA SOUMAH: Conditions de formation des Bauxites de haute qualité dans la Région de Boké (République de Guinée). Mémoire De Doctorat 3^{ème} cycle, Moscou 1985.
- [5] GUIZBOURG I.: Types of alteration crusts, form of their manifestations and classifications. Academy of Sciences of the USSR; MOSCOW-1963.
- [6] B. SORYBA. A.A. KONATE- Etudes géologiques et géochimiques des gisements bauxitiques de Kolia- Boffa-2023.
- [7] Statista (2020) Main Bauxite Producing Countries 2013-2019.
<https://fr.statista.com/statistiques/565292/principaux-pays-de-la-production-mondiale-miniere-de-bauxite/>.
- [8] KEBE TALIBE: Particularités géologo-geochemiques des types naturels des bauxites de DIAN-DIAN (M.F.E.S., 1992).
- [9] BONIFAS MARTHE: Contribution à l'étude géochimique de l'altération latéritique. Université de STRASBOURG 1959.
- [10] MAMADOU ADAMA DIALLO: Possibilité d'application des méthodes géophysiques sur l'étape de la prospection d'exploitation des gisements bauxitiques de Boké 1987. -.
- [11] MAMEDOV, V. I. et al. (1998) Rapport final des résultats de la première phase d'exploration sur le territoire de la Concession HALCO. BOKE: GEOCONSULT Ltd.
- [12] Mamedov, V.I., Boufeév, Y.V., Nikitine, Y.A. and Mamedov, A.I. (2010) Bank of Useful Mineral Deposits and Index Data. Geoprospects LTD; Univ. Moscow State. Council, Aquarel, Moscow, 264 p.
- [13] BHP BILLITON: Confidential report on prospecting for bauxite deposits at Kolia (Boffa prefecture-2008).
- [14] DOURAMODOU CHARLES: Geochemical particularities of the bauxite deposits of Dabola (Boké 1997).
- [15] BOUFEEV, Y. (1970) Final report on the study of the Boffa sheet. ORG.
- [16] B.M. MIKHAILOV: Lois régionales et Locales de la distribution des gisements bauxitiques. «NEDRA» Division Leningradienne, Leningrad 1978 (68p).
- [17] Michel, R., Bilbao, E. and Poirier, J. (2018) Recycling Bauxite Waste for the Mineral Industry: Phase Transformations and Microstructure during Sintering. *Waste and Biomass Valorization*.
<https://doi.org/10.1007/s12649-016-9775-y>.
- [18] Esterle, M., and Lajoinie, J.P. (2021) BAUXITES-Encyclopædia Universalis.
<https://www.universalis.fr/encyclopedie/bauxites/>.
- [19] Mamedov, V.I., Chausovb, A.A., Okonovb, E.A., Makarovaa, M.A. and Boevac. N.M. (2020) The World's Largest Fouta Djallon-Mandingo Bauxite Province (West Africa): Part I. Background. *Geology of Ore Deposits*.
<https://doi.org/10.1134/S1075701520020026>.
- [20] Ad Van Eenbergen/ Mamadou Diouldé Diallo Rapport de mise en service des nouveaux spectromètres de fluorescence XFAST Février 2003 (Labo C B G).
- [21] FERET, F/Johnstone, R... «Analysis of bauxites in Sangarédi using Oxford QX XRF spectrometer and fusion sample preparation technique » ARDC, Report AR-/93/0047, October 1993.
- [22] B. Boulangé, Bouzat, G. and Pouliquen, M. (1996) Mineralogical and Geochemical Characteristics of Two Bauxitic Profiles, Fria, Guinea Republic. *Mineralium Deposita*, Tardy, Y. (1997) *Petrology of Laterites and Tropical Soils*. AA Balkema, Rotterdam. <https://doi.org/10.1007/BF0018919024>