

RÉPUBLIQUE DU CAMEROUN

*Paix-Travail-Patrie*

\*\*\*\*\*

UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I

\*\*\*\*\*

FACULTÉ DES SCIENCES

\*\*\*\*\*

CENTRE DE RECHERCHE ET  
DE  
FORMATION DOCTORALE EN  
SCIENCES, TECHNOLOGIE ET  
GÉOSCIENCES



REPUBLIC OF CAMEROON

*Peace-Work-Fatherland*

\*\*\*\*\*

THE UNIVERSITY OF  
YAOUNDE I

\*\*\*\*\*

FACULTY OF SCIENCE

\*\*\*\*\*

POST GRADUATE SCHOOL OF  
SCIENCES, TECHNOLOGY AND  
GEOSCIENCES

**UNITÉ DE RECHERCHE EN GÉOSCIENCES ET APPLICATIONS**

*RESEARCH UNIT FOR GEOSCIENCES AND APPLICATIONS*

**DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE**

*DEPARTMENT OF EARTH SCIENCES*

**Laboratoire des Sols, Eau et Sciences Géotechniques**

*Soil, Water and Géotechnical Sciences Laboratory*

**CARACTERISATION MORPHOLOGIQUE ET PHYSICO-  
CHIMIQUE DES SOLS FORMES SUR GRES DANS LE  
BASSIN DE BABOUR-FIGUIL, NORD-CAMEROUN**

Mémoire rédigé en vue de l'obtention du Master en Sciences de la Terre

Spécialité : Géosciences des Formations Superficielles

Option : Sol, Eau et Sciences Géotechnique

Par

**BAHANE Catherine**

**Matricule :15E2541**

*Licencié-ès-sciences*

Sous la Direction de

**Dr TEMGA Jean Pierre**

**Charge de cours**

**Université de Yaoundé I**



Année académique 2020-2021

**DEDICACE**

À

**Mes parents**

***NENWALA RAPHAEL***

***MAIWOYANG THERESE***

## REMERCIEMENTS

L'ensemble des travaux conduisant à la rédaction de ce travail s'est fait grâce à la mobilisation, au soutien et aux conseils de plusieurs personnes. Je tiens tout d'abord à rendre grâce au Dieu tout puissant à qui je dois la vie et sans qui ce travail n'aurait jamais pu être fait.

J'exprime ma profonde gratitude à l'endroit de mon encadreur, Dr TEMGA Jean Pierre, qui par sa rigueur scientifique, m'a dirigé et encouragé au cours de l'élaboration de ce travail. En plus d'être un père, il est également un modèle, je lui suis profondément reconnaissante pour sa disponibilité et ses conseils qui m'ont poussé à travailler durement pour l'achèvement de ce travail.

J'exprime ma reconnaissance à Monsieur le Chef de Département des Sciences de la Terre, Pr NDJIGUI Paul-Désiré pour le travail qu'il fournit en vue de la bonne marche dudit Département. Je remercie également tous les enseignants du Département notamment les professeurs : NZENTI Jean Paul, KAMGANG Pierre, NDAM NGOUPAYOU Jules Rémy, YONGUE FOUATEU Rose, NKOUMBOU Charles, MEDJO EKO Robert, NJILAH Issac Konfor, TCHOUANKOUE Jean Pierre, TEMDJIM Robert, YENE ATANGANA Joseph, BISSO Dieudonné, NYECK Brunot, ONANA Vincent Laurent, GANNO Sylvestre, ABOSSOLO ANGUE Monique, EKOMANE Emile ; les docteurs : MOUAFO Lucas, NGO BIDJECK Louise Marie, NGO BELNOUN Rose, EYONG John Takem, TEHNA Natanaël, Elisé SABABA, MBIDA YEM, METANG Victor, ANABA ONANA Achille, NTSAMA ATANGANA Jacqueline et tous ceux dont les noms n'y figurent pas , tant pour la qualité de la formation offerte, que pour leur disponibilité à rendre service aux étudiants .

Je ne remercierai jamais assez Monsieur GOUBAN HAMADJIDA, doctorant à l'Université de Yaoundé I pour sa disponibilité à chaque préoccupation, ses encouragements, ses orientations et ses nombreuses remarques.

Mes remerciements vont également à l'égard du professeur BITOM Lucien Dieudonné, Doyen de la Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles (FASA) de l'Université de Dschang, pour avoir encadré ce travail et pour son aide dans l'acheminement et l'analyse des échantillons, malgré les multiples charges que lui impose sa fonction.

Je tiens également à remercier le guide rencontré sur le terrain, Bienvenu ainsi que son équipe pour avoir accordé de leur temps et en facilitant la communication avec les autorités locales et la population.

Je tiens à remercier le docteur TCHOUATCHA Stafford Milan pour ses orientations et sa précieuse aide dans la description et l'analyse des lames minces de roches.

Un profond merci à mes frères et sœurs : WASSO NENWALA, HAIWA NENWALA, DIGWE Thomas, HAIWE Heric, GONGMOGA François, TOGODNE Delphine, pour leur amour, soutien et pour tous les encouragements qu'ils m'ont apportés.

Une profonde gratitude à l'endroit de tous mes aînés académiques notamment : EKO A Armel, NGAMI Platini, NOTEWO NZE Nelson, WOKAM KAMGAIN Mirlie Grâce, KWAYA Merveille Shella, EWODO NGAH Marc et SATOU Berline, pour leur soutien encouragement, conseils, aides et disponibilités.

Je remercie tous mes camarades de promotion, pour tous ces moments passés dans la convivialité. Je pense en particulier à : ABARA A BIABAK Indrick, AMBASSA BELA Victorine, AGHETNWERI NJIKAM Leila, AONSI KAMANI Francis, ABDOULAYE Atim, YOUSOUF Amir, MAHAMAT Taher, FATOUMATA Diakitè, FOLONG TCHOFFO Marlyse, KWEGA GHOMSI Stéphane, NDZENGUE Séraphine Winnie, NGAISSO SOTCHE Raïssa, TCHINDA NZIKE Julio, TCHINANG MBAGANG Laetitia, et WANDJI MOUKO Charnelle Nelly, merci pour vos encouragements, discussions scientifiques et les suggestions apportées à ce travail.

Mes remerciements vont également à l'endroit de tous mes ami(es) particulièrement DONA Sara, DADI Odette, ALIOUM Sanou, ABDOUL RAHIM Zakaria, HAWA Avalaye, DAMZAM Olivier, BOULGA TAOGA Marcelin , BADAWE Nancy, BAHANE Laryssa, BAYAOLA FANGO Prosper, BAYANG Norbert, DAGALAK Deborah, BABALE Sali merci pour votre soutien et vos encouragements.

A tous ceux qui m'ont assisté de près ou de loin et dont les noms ne figurent pas, trouvez ici ma profonde et sincère gratitude.

## TABLE DES MATIERES

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS.....	ii
TABLE DES MATIERES .....	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES FIGURES.....	viii
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES BASSINS SEDIMENTAIRES DU NORD CAMEROUN ET CADRE NATUREL DE L'ETUDE.....	3
I. Bassins sédimentaires du Nord Cameroun .....	3
I.1. Bassin de Babouri-Figuil.....	3
I.2. Bassin de Mayo Oulo-Lere .....	3
I.3. Bassin de Hamakoussou.....	4
I.4. Bassin de Garoua.....	4
I.5. Bassin de Kontcha.....	5
I.6. Bassin du Mayo-Rey .....	5
II. Cadre naturel de l' étude.....	6
II.1. Cadre géographique et géomorphologique .....	6
II.1.1. Localisation .....	6
II.1.2. Climat.....	7
II.1.4. Hydrographie.....	9
II.1.5. Géomorphologie.....	10
II.2. Cadre géologique .....	11
II.2.1. Histoire géologique du bassin .....	11
II.2.2. Lithologie .....	12
II.2.2.1. Roches plutoniques et métamorphiques .....	12
II.2.2.2. Roches sédimentaires .....	13
II.2.3. Sols.....	14
II.2.3.1. Sols ferrugineux.....	14
II.2.3.2. Vertisols.....	14
II.2.3.3. Sols fersialitiques.....	14

II.2.3.4. Planosols .....	14
II.2.3.5. Lithosols .....	15
CHAPITRE II : METHODE D'ETUDE.....	17
I. Travaux de terrain .....	17
II. Analyses en laboratoire .....	17
II.1 Confection des lames minces de roche .....	17
I.2 Analyses physico-chimiques des sols .....	18
II.1.2 Granulométrie.....	18
II.2.2 Acidité du sol ou pH.....	19
II.2.3 Matière organique .....	19
II.2.4 Azote total .....	20
II.2.5 Phosphore assimilable .....	20
II.2.6 Capacité d'échange cationique (CEC) et bases échangeables (S).....	21
CHAPITRE 3 : ETUDE PETROGRAPHIQUE DE LA ROCHE .....	23
I. ETUDE MACROSCOPIQUE .....	23
I.1 Présentation de l'affleurement .....	23
I.2 Description des différents échantillons de roche.....	23
II. ETUDE MICROSCOPIQUE .....	24
CHAPITRE 4 : CARACTERISATION MORPHOLOGIQUE ET PHYSICO-CHIMIQUE DES SOLS ETUDIES .....	28
I. Caractérisation morphologique des sols .....	28
I.1 Présentation de la toposéquence.....	28
I.2 Description des profils .....	30
I.2.1. Profil P1 .....	30
I.2.1. Profil P2.....	31
II. Caractérisation physico-chimique des sols étudiés .....	34
II.1 Granulométrie .....	34
II.2. Acidité du sol ou pH .....	37
II.3 Matière organique (MO) et carbone organique (CO) .....	38
II.4 Azote total (N) et rapport C/N .....	39
II.5 Phosphore assimilables (P) .....	40
II.6 Capacité d'échange cationique (CEC) ou (T) .....	41
II.7 Bases échangeables.....	42
II.8 Taux de saturation.....	43

CHAPITRE 5 : ESSAI D'INTERPRETATION ET DISCUSSION .....	45
I. Pétrographie de la roche.....	45
II. Caractères généraux des sols étudiés .....	45
II.1. Caractères morphologiques.....	45
II.2. Caractères physico-chimiques .....	46
III. Essai de classification et comparaison des sols étudiés et ceux d'autres régions : influence du climat et de la roche mère. ....	47
III.1. Essai de classification des sols étudiés .....	47
III.2. Comparaison des sols étudiés et ceux d'autres régions : influence du climat et de la roche mère .....	48
III.2.1. Influence du climat .....	48
III.2.2. Influence de la roche mère .....	49
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES.....	51
BIBLIOGRAPHIE .....	52
ANNEXES .....	I

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1.</b> Températures et précipitations moyennes mensuelles de l'arrondissement de Guider. .....8	
<b>Tableau 2.</b> Description des minéraux de grès grossier a l'état sain. ....	25
<b>Tableau 3.</b> Description des minéraux de grès fin à l'état altéré. ....	26
<b>Tableau 4.</b> caractéristiques physico-chimiques du sol étudié. ....	35
<b>Tableau 5.</b> Comparaison des sols étudiés et ceux d'autres régions.....	50

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1.</b> Carte des bassins du Nord Cameroun .....	6
<b>Figure 2.</b> Carte de localisation de la zone d'étude .....	7
<b>Figure 3.</b> Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен .....	8
<b>Figure 4.</b> Végétation du secteur d'étude.....	9
<b>Figure 5.</b> Réseau hydrographique de la zone d'étude .....	10
<b>Figure 6.</b> Bloc diagramme de la zone d'étude.....	11
<b>Figure 7.</b> Carte géologique de la zone d'étude.....	14
<b>Figure 8.</b> Carte pédologique de la zone d'étude.....	15
<b>Figure 9.</b> Affleurement de grès du secteur d'étude .....	23
<b>Figure 10.</b> Réaction effervescente des grès grossiers à l'acide chlorhydrique.....	24
<b>Figure 11.</b> Grès grossier ; Grès fin altéré .....	26
<b>Figure 12.</b> Présentation de la toposéquence .....	29
Figure 13. Organisation morphologique du profil P1 .....	31
<b>Figure 14.</b> Organisation morphologique du profil P2 .....	33
<b>Figure 15.</b> Evolution des fractions de sable, limon, argile dans le profil.....	36
<b>Figure 16.</b> Distribution des différents échantillons des sols dans le triangle textural de Jamagne .....	37
<b>Figure 17.</b> Evolution du pH dans le profil de sol. ....	38
<b>Figure 18.</b> Evolution de la MO et CO dans le profil de sol.....	39
<b>Figure 19.</b> Evolution de l'Azote N et C/N dans le profil de sol.....	40
<b>Figure 20.</b> Evolution de P dans le profil de sol .....	41
<b>Figure 21.</b> Evolution de CEC ou T dans le profil de sol. ....	42
<b>Figure 22.</b> Evolution des bases échangeables dans le profil de sol. ....	43
<b>Figure 23.</b> Evolution de S/T dans le profil de sol.....	44

## **SIGLES ET ABREVIATIONS**

**A.F.E.S** : Association Française pour l'Etude des sols

**C.P.C.S** : Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols

**CEC** : Capacité d'Échange Cationique

**CO** : Carbone Organique

**FASA** : Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles.

**LPA** : Lumière Polarisée Analyisée

**LPNA** : Lumière Polarisée Non Analyisée

**MO** : Matière Organique

**URASCE** : Unité de Recherche d'Analyse des Sols et de Chimie de l'Environnement

**WRB** : Base de Référence Mondiale pour les ressources en sols

## RESUME

Le but de la présente étude est de déterminer les caractéristiques morphologiques et physico-chimiques des sols formés sur grès dans le bassin de Babouri-Figuil (Nord Cameroun) sous un climat soudano-sahélien contrasté afin d'en dégager l'influence du climat et de la roche-mère dans le processus de leur formation. Ces sols se développent sous un climat de type soudano-sahélienne à deux saisons contrastées, caractérisé par une pluviométrie moyenne de 809,3 mm/an et une température moyenne annuelle d'environ 28°C.

Les travaux ont été effectués sur le terrain et en laboratoire. Sur le terrain, les travaux ont consisté en une prospection géologique et une description morphologique des sols. En laboratoire, des analyses physico-chimiques ont été effectuées.

Deux profils de sols, P1 et P2, représentatifs d'une toposéquence ont été observés et décrits. Sur le plan morphologique, les sols étudiés sont épais (1200 cm) et présentent des profils de type ABC. Les horizons ont une couleur d'ensemble brun à brun jaunâtre dans la planche 7,5YR et 10YR, avec une structure grumeleuse en surface et polyédrique dans les horizons sous-jacents.

Sur le plan physico-chimique, ces sols sont caractérisés par une texture fine avec des taux compris entre 16 et 65% d'argile, un pH neutre à moyennement alcalin (7,2 à 8,4), Les teneurs en carbone sont très bas à moyen et le rapport C/N très bas à très élevé respectivement (0,09 et 2,20 % et 2 - 46 %) traduisant une mauvaise minéralisation de la matière organique. La capacité d'échange cationique et la somme des bases échangeables y sont moyennes à très élevées dans tout le profil (respectivement 10,8-44,24 méq/100g et 6,18 -44,24 méq/100g), et le taux de saturation reste élevé (57,02 – 87,18) avec une teneur très basse à élevée en phosphore assimilable (0,85 et 31,17 ppm). Selon la World Reference Base for Soil Resources (WRB, 2014), Ces sols ont été classé parmi les Luvisols et correspondant aux sols ferrugineux tropicaux (CPCS, 1967) ou ferruginosols d'après le référentiel pédologique (2008).

**MOTS CLÉS :** Grès, toposéquence, caractères morphologiques et physico-chimiques.

## ABSTRACT

The aim of this study is to take a contribution to the knowledge of morphological and physicochemical characteristics of soils formed on sandstone in Babouri-Figuil basin (North Cameroun) in order to identify the influence of the climate and the bedrock in the process of their formation. These soils develop in a sudano-sahelien type climate with two contrasting seasons, characterized by rainfall of 809.3mm/ year and average annual temperature of around 28°C.

The research was carried out in the field and in the laboratory. In the field, the work consisted of a geological prospecting and a morphological description of the soils. In the laboratory, physico-chemical analyses were carried out.

Two soil profiles, P1 and P2, representative of a toposequence were observed and described. morphologically, the studied soils are thick (1200 cm) and present ABC type profiles. The horizons are overall brown to yellowish brown in the 7.5YR and 10YR plate, with a lumpy surface and blocky structure in the underlying horizons.

From a physicochemical point of view, these soils are characterized by fine texture with rates of between 16 and 65% clay, a neutral to moderately alkaline pH (7.2 to 8.4), the Carbone contents are very low to medium and the C/N ratio is very low to very high respectively (0.09 -2.20% and 2- 46%) indicating poor mineralization of organic matter. The cation exchange capacity and the sum of exchangeable bases are medium to very high in the whole profile (respectively 10.8 – 44.24 meq/100g and 6.18 – 44,24meq/100g), and the rate of saturation remains high (57.02-87.18) with a very low content to be raised in absorbable phosphorus (0,85and 31.17ppm).

According to the World Reference base for soil Ressources (WRB,2014), these soils have been classified among Luvisols and correspond to tropical ferruginous soils (CPCS,1967) or ferroginosols according to the pedological repository (2008).

**KEYWORDS:** Sandstone, toposequence, morphological characters and physico-chemical.

## INTRODUCTION GENERALE

### I. Contexte et problématique

La formation d'un sol est un long processus avec pour principales étapes l'altération et l'humification. C'est un processus influencé par des facteurs dits bioclimatiques généraux (climat, végétation et activité biologique) et par des facteurs dits de station (relief, matériau d'origine et drainage local (Duchaufour, 1988)). Le sol est la couche superficielle meuble de l'écorce terrestre. Il est également défini comme un milieu naturel à propriété essentiellement dynamique, différencié en horizons aux constituants minéraux et/ou organiques généralement meubles, résultant de la transformation constante d'une roche mère sous-jacente, sous l'influence de divers processus chimiques, physiques et biologiques (Duchaufour, 1983). C'est le lieu de développement des racines des plantes.

Depuis de nombreuses années, le Cameroun a fait l'objet de plusieurs études géologiques couvrant maintenant l'ensemble du territoire. Cependant, il a connu un grand retard dans l'étude de ses sols (Segalen, 1967). Les études sur les sols furent entreprises à l'occasion de mission de Betremieux (1949), Porteres (1948) et par le personnel du service de l'agriculture comme Vaillant (1949 ; 1956). Cependant, la plupart des travaux ont porté sur les manteaux d'altération développés sur roches métamorphiques (Ekodeck, 1984 ; Bilong, 1998 ; Bekoa, 1994 ; Nyeck, 2005 ; Nguetnkam et *al.*, 2006 ; Ndjigui et *al.*, 2013) et sur roches volcanique (Sieffermann, 1973 ; Ossah Nna, 1976 ; Ebot Manga, 2009). Peu de travaux ont porté sur l'altération des roches sédimentaire en général (Ndomé, 2010) et particulièrement sur le grès (Brabant et *al.*, 1974 ; Brabant et Gavaud, 1985).

Malgré qu'il existe plusieurs études menées dans le bassin de Babouri-Figuil (Nyangono, 2017 ; Fosso, 2018 ; Djeng et *al.*, 1998 ; Gatsi, 2015 ; Dejax et *al.*, 1989 ; Colin et *al.*, 1992). Il faut noter que la plupart de ces travaux ont porté sur des études sédimentologiques et paléontologiques au détriment des études pédologiques. Dans le secteur d'étude, les sols qui se développent sur ce type de roche ont des traits morphologiques qui restent encore cependant mal connus, et les informations existant sur les caractères physico-chimiques restent encore d'ordre générales et sont très anciennes.

C'est dans cette optique que le présent travail se propose de déterminer les caractéristiques morphologiques et physico-chimiques des sols formés sur grès dans le bassin de Babouri-Figuil en zone tropicale sèche. Il s'agira spécifiquement de :

- Identifier et de décrire type pétrographique de la roche ;
- Identifier et décrire les caractéristiques morphologiques des profils de sol ;
- Déterminer les caractères physico-chimiques ;
- Dégager l'influence du climat et de la roche sur les caractéristiques de ces sols.

## **II. Structure du mémoire**

Outre l'introduction générale, le présent mémoire est regroupé en cinq (5) chapitres. Le chapitre 1 est consacré aux généralités sur les bassins sédimentaires du Nord et à la description du cadre naturel de l'étude. Les méthodes d'étude sont présentées au chapitre 2. L'étude pétrographique des roches et les caractérisations morphologiques et physico-chimiques des sols sont présentées respectivement aux chapitres 3 et 4. Le chapitre 5 est consacré à la discussion et à l'interprétation des résultats.

Les principaux résultats obtenus, de même que les perspectives de recherche sont résumés dans la conclusion générale.

## **CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES BASSINS SEDIMENTAIRES DU NORD CAMEROUN ET CADRE NATUREL DE L'ETUDE**

Le travail consigné dans ce chapitre est consacré dans une première partie à la présentation de manière générale des bassins sédimentaires du nord Cameroun et en seconde partie du cadre naturel de l'étude, précisément la description du cadre géographique, géomorphologique et géologique de la zone d'étude.

### **I. Bassins sédimentaires du Nord Cameroun**

La région du nord Cameroun est dotée de plusieurs bassins sédimentaires. Du nord au sud, il s'agit entre autre du Bassin de Babouri-Figuil, du Bassin de Mayo Oulo-Lere, du bassin de Hamakoussou, du bassin de Garoua (Bénoué), du Bassin de Kontcha, du Bassin de Bouan, du bassin de Mayo Rey (Koum) (Fig. 1).

#### **I.1. Bassin de Babouri-Figuil**

Le bassin sédimentaire de Babouri-Figuil, situé entre les latitudes  $9^{\circ} 44'$  et  $9^{\circ} 50'$  et les longitudes  $13^{\circ} 44'$  et  $14^{\circ} 02'$ , est orienté SW-NE et allongé sur près de 45 km entre les villages Babouri et Figuil. Ce bassin est parsemé de quatre buttes-témoins de grès de base. La puissance de la série sédimentaire atteint 1 500 m (Schwoerer, 1965). Ces sédiments sont pour la plupart, détritiques et faits d'une alternance de grès fins, de silts et de marnes indurées. Des empreintes de pas de dinosaures ont été découvertes dans le Mayo-Tafal (Dejax et al., 1989). Le bassin de Babouri-Figuil est l'un des petits bassins crétacés à sédiments continentaux du Nord Cameroun. Dans sa partie Sud, il est limité au bassin du Mayo Oulo-Lere par les collines culminant légèrement au-dessus de 800 m. Ce sont des complexes granito-gneissiques de Hosséré Faourou et Hosséré Lombel. Il s'agit du bassin qui fait l'objet de cette étude.

#### **I.2. Bassin de Mayo Oulo-Lere**

Le bassin du Mayo Oulo-Lere est situé dans le département de Mayo Oulo sur la Nationale n°1 (Garoua-Maroua), entre les latitudes  $9^{\circ} 39'$  et  $9^{\circ} 44'$  et les longitudes  $13^{\circ} 43'$  et  $14^{\circ} 05'$ . Etiré dans la direction Est-Ouest, ce bassin a une longueur de plus de 50 km pour une largeur inférieure à 10 km. Il se prolonge vers le Sud du Tchad d'où lui vient une partie de l'appellation « Léré ». La plupart des travaux réalisés dans ce bassin ont été effectués au niveau du pont de Tchontchi situé au tiers supérieur de la série sédimentaire de ce bassin.

Cette série sédimentaire est constituée principalement de silt et d'argiles. Des figures et structures sédimentaires telles que les surfaces durcies avec des phosphates et des dépôts de silice mettant en place des cherts, les « ripple-marks » et les « mud-cracks » selon que la série est arénacée fine ou argileuse.

### **I.3. Bassin de Hamakoussou**

Le bassin sédimentaire d'Hamakoussou se situe entre les latitudes 9° 30' et 9° 40' et les longitudes 13° 20' et 13° 30' dans le département de la Bénoué au Nord de Garoua. Il s'agit d'une localité située à environ 45 km au Nord de la ville de Garoua sur la route Gashiga-Bashéo (vers la frontière Cameroun-Nigéria). Il occupe une superficie environ 65 km<sup>2</sup> pour près de 20 km de longueur avec une orientation Est-Ouest et pour une extension Nord-Sud d'environ 5km au maximum (Dejax et Brunet, 1996). Les altitudes y sont comprises entre 350 et 420 mètres. La série sédimentaire de ce bassin décrite par Roch (1953), Koch (1959), Schwoerer (1965), Tillement (1971), Dejax et Brunet (1996) débute par un grès, un microconglomérat ou un conglomérat de base. A la base de la série, ces sédiments sont recouverts par un ensemble fluvio-lacustre constitué de grès fins à ciment calcaire décalcifié à l'affleurement. On y note également des silts, des marnes et des argiles vertes dont certains bancs livrent des nodules ovoïdes cloisonnés nommés *septaria*. L'épaisseur de cette pile sédimentaire est de plus de mille mètres. Cette série sédimentaire est intrudée par un appareil effusif dont la chronologie reste non définie et la simultanée non établie à cause de l'altération poussée de ses affleurements. Tillement (1971) identifie ces produits comme étant des coulées de basalte et de trachyte syn-sédimentaires interstratifiées

### **I.4. Bassin de Garoua**

Le bassin de Garoua est une plaine parsemée de buttes dont les altitudes atteignent 700 m (Hosséré Tinguélin) de nature gréseuse et des petits massifs volcaniques. Dans ce bassin, le faciès gréseux est le plus représenté sous forme de barres alternant avec des niveaux argileux suggérant un milieu fluvial (Bessong, 2012). On y rencontre également les siltites caractéristiques des milieux de dépôt calme. La prédominance des conglomérats et des grès fait de ce bassin, un bassin à sédimentation grossière.

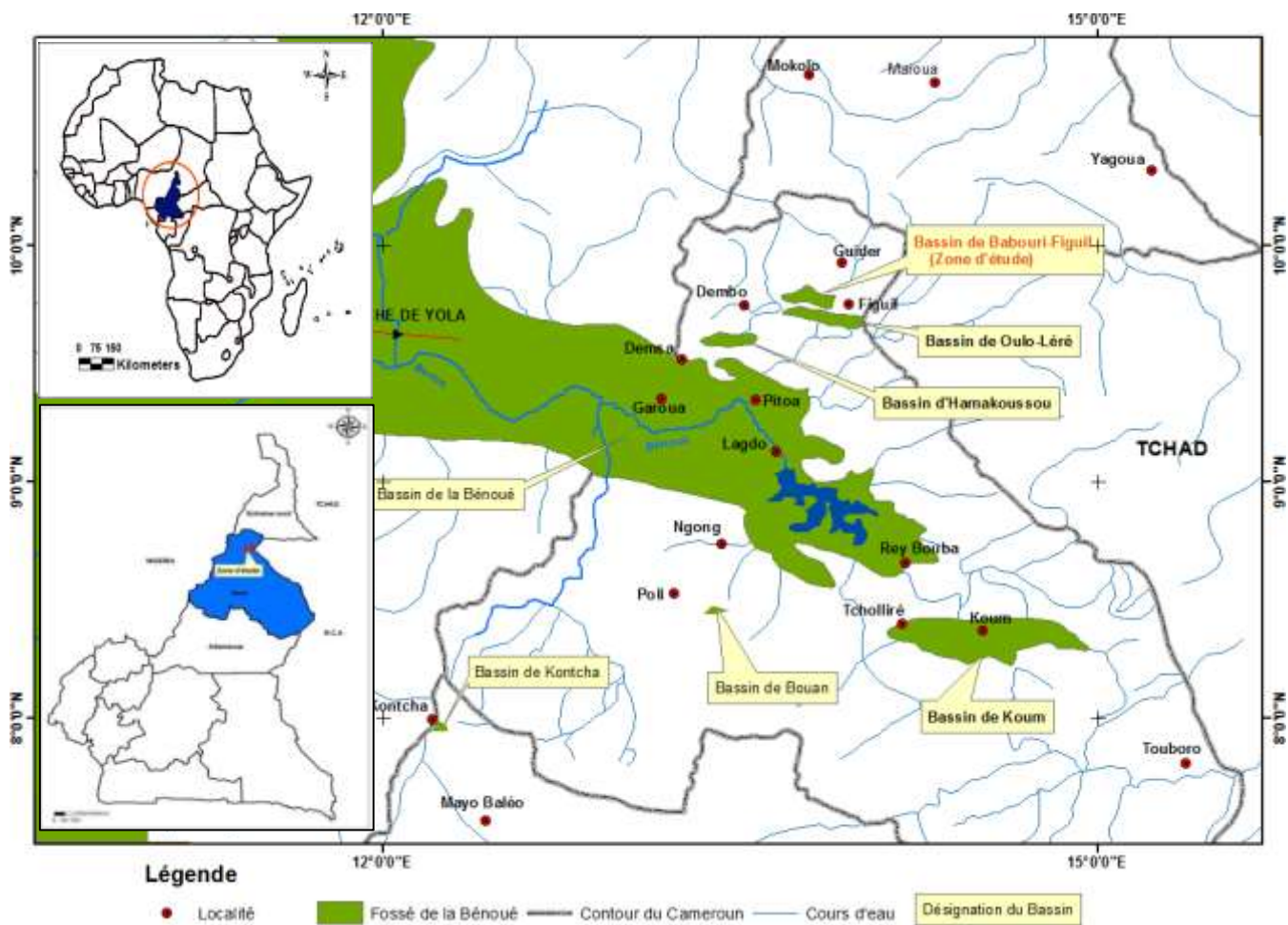
Les grès de Garoua connaissent un taux d'enfouissement relativement important dont le gradient géothermique est estimé moyen avec des températures proches de 100°C (Bessong, 2012). La série sédimentaire repose en discordance sur un socle granitique.

### **I.5. Bassin de Kontcha**

Le bassin de Kontcha se poursuit jusqu'au Nigeria où il ne semble pas avoir été étudié car la dernière carte générale du Nigeria de 1964 ne le figure pas mais néanmoins, Koch (1959) y a relevé la coupe suivante (de haut en bas) : des tufs violacées, grès blancs grossiers et feldspathiques, niveau de grès gris à éléments charbonneux, des grès grossiers surmontés par des bancs à galets (Koch, 1959). Les travaux de Vincent (1968) ont permis d'amener quelques précisions nouvelles à savoir qu'il y'a pas de discordance entre le premier niveau et les suivants et qu'il y a des passages latéraux entre argile et grès inférieurs par l'intermédiaire de marnes à gros rognons de calcaires fossilifères.

### **I.6. Bassin du Mayo-Rey**

Le Bassin du Mayo Rey encore appelé bassin de Koum se situe entre les latitudes  $8^{\circ} 11'$  et  $8^{\circ} 20'$  et les longitudes  $14^{\circ} 11'$  et  $15^{\circ}$ . Il est allongé dans la direction E-W à l'Est de la ville de Tcholliré dans la province du Nord Cameroun le long du cours supérieur du Mayo Rey. Il s'étend sur environ 80 km de long et 20 km de large (Brunet et al., 1990). Ce bassin est constitué de grès et des argiles reposant sur des roches magmatiques et métamorphiques.



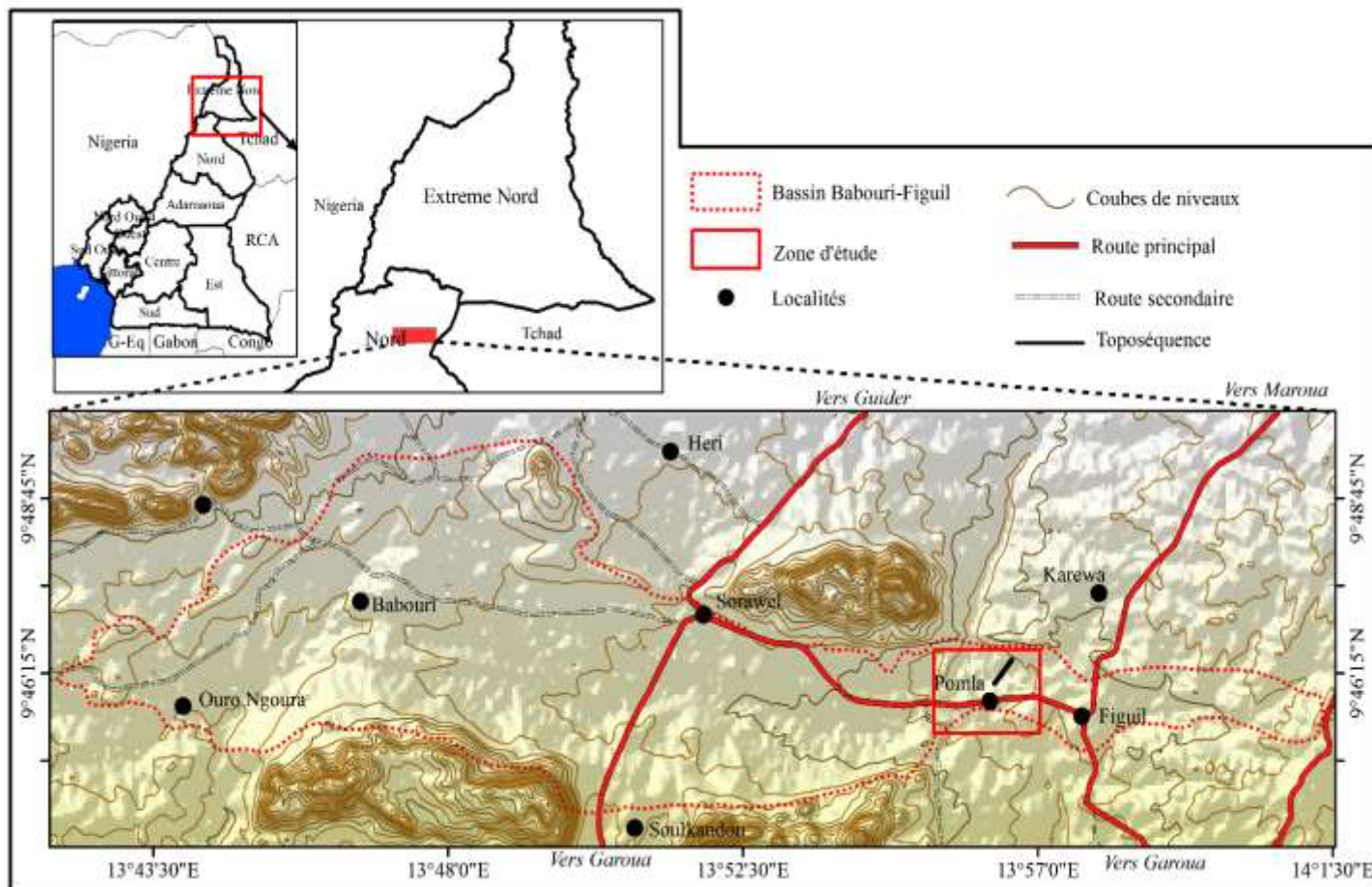
**Figure 1.** Carte des bassins du Nord Cameroun

## II. Cadre naturel de l' étude

### II.1. Cadre géographique et géomorphologique

#### II.1.1. Localisation

Le Bassin de Babouri-Figuil, appartenant au Fossé de la Bénoué, se situe entre les longitudes 9°43' et 9°48' N et les latitudes 13°41' et 14°03' E, et présente une extension Est-Ouest . Il s'étend sur 33,5 km de long sur 7,5 km de large, soit une superficie totale d'environ 125 km<sup>2</sup> (Ndjeng, 1992). Ce bassin tient son nom de deux localités extrême au bassin , Babouri à l'Ouest et Figuil à l'Est (Fig. 2).



**Figure 2.** Carte de localisation de la zone d'étude

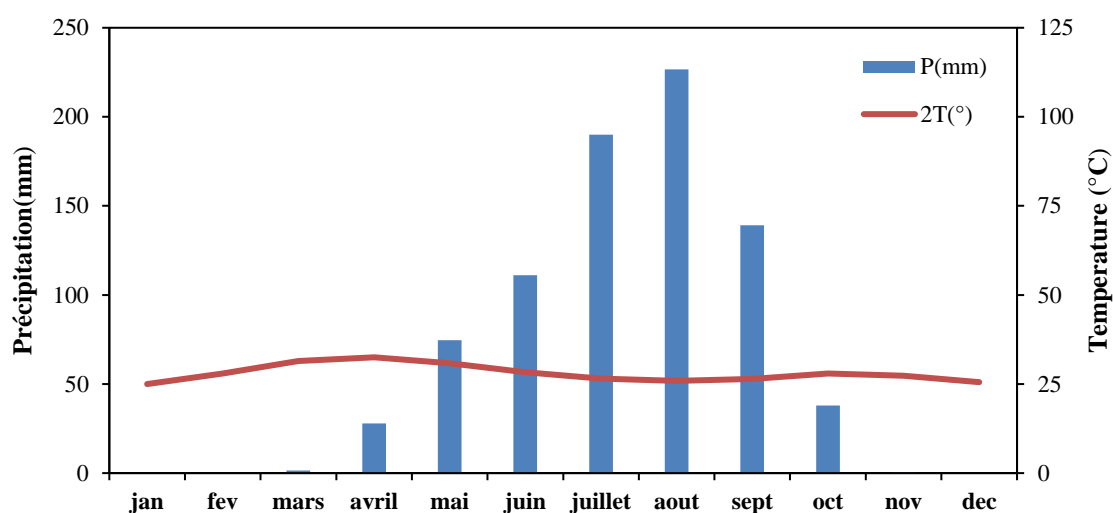
### II.1.2. Climat

Le climat de la zone d'étude est de type soudano-sahélienne a deux saisons (Suchel, 1987) : une longue saison sèche qui dure 6 mois (Novembre-Avril), et une courte saison pluvieuse qui dure 4 mois (Juin –septembre). Le tableau 1 présente les données climatiques de la localité, il en ressort que la température annuelle est de 28°C avec un maxima atteignant 32,5 en Avril. La précipitation annuelle est de 67, 44 mm pour un total de précipitation annuelle de 809,3 mm . Les mois de Mai et octobre marquent les périodes de transition entre les deux saisons ; ils sont à la fois chauds et humides.

La figure 3 montre que les mois ayant des précipitations élevées sont ceux d'Août et Juillet avec 222,7 et 190 mm d'eau respectivement et ceux les plus secs étant décembre, janvier et février avec 0 mm d'eau.

**Tableau 1.** Températures et précipitations moyennes mensuelles de 1997 à 2019 de l'arrondissement de Guider. Source : Service régional de la station météorologique de Guider.

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	P/an	Ta
P (mm)	0	0	1,5	27,9	74,6	111,1	190	226,7	139,2	38	0,3	0	809, 3	/
T (°C)	25	28	31,5	32,5	30,8	28,3	26,5	25,9	26,4	28	27,3	25,5	/	28



**Figure 3.** Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1957) appliqué aux données de la station météorologique de Guider (1997-2019).

### II.1.3. Végétation

La végétation est caractéristique d'une zone de transition entre deux types de végétation distinctes (Letouzey, 1985) de l'Ouest à l'Est, on passe de la savane arbustive soudanienne à la steppe à épineux soudano-sahélien. Elle est en effet constituée de la savane sèche herbeuse, de savane arbustive et arborée et une végétation montagnarde et quelques graminées.

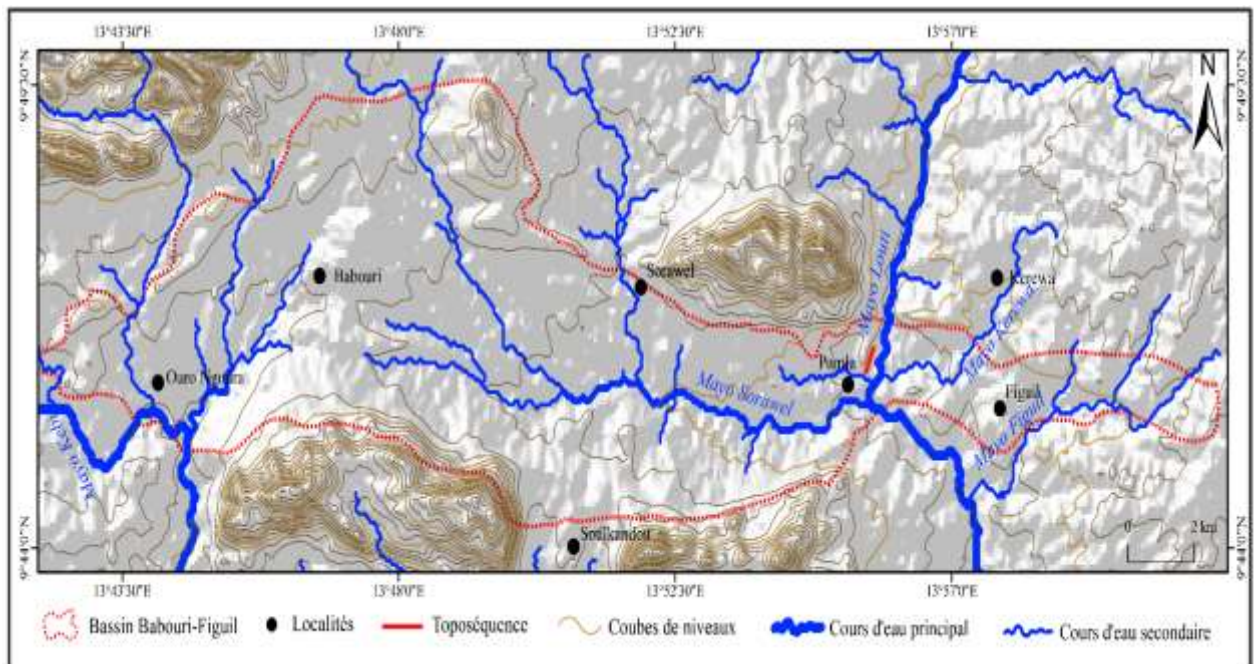
En raison de la pression démographique croissante, la végétation connaît une dégradation importante dû à la coupe abusive des arbres pour les besoins en bois de chauffage. Les espèces les plus importantes sont *Boswelliadalzielii* (andokehi), *Commiphora africana* et *C. peduncula* (badasi) résineux, *Dalbergia melanoxylon* à rameaux épineux, ; pour le tapis herbacé de cette région on peut signaler la présence de diverses graminées notamment *Andropogon gayanus*, *Cymbopogongiganteus*, *Hyparrheniarufa*, *Loudetiaspp.* (letouzey 1979). Les différentes espèces ligneuses sont caractérisées par l'acacia, on note également le jujubier, les tamariniers (*tamarindus indica*), l'acacia, le fedherbia, le baobab, le jujubier, le tamarinier et le figuier.



**Figure 4.** Végétation du secteur d'étude

#### **II.1.4. Hydrographie**

La zone d'étude appartient au bassin hydrographique du Niger. Le principal collecteur rencontré, le Mayo Louti est saisonnier et irrégulier. Le réseau hydrographique est caractéristique des zones aréiques moins dense (Fig. 5). Les cours d'eau ont un régime intermittent ; leurs hautes eaux coïncident avec la saison des pluies (Juin - Septembre). En saison sèche leur lit est presque à sec, mais l'absence d'écoulement n'est pas totale. L'eau peut être facilement atteinte en creusant le sable des lits des « Mayo ». Le Mayo Figuil coulant en général du Nord vers le Sud, est alimenté par des ruisseaux venant de Bidzar et se jette dans le mayo Louti, tous deux affluents de la Bénoué.

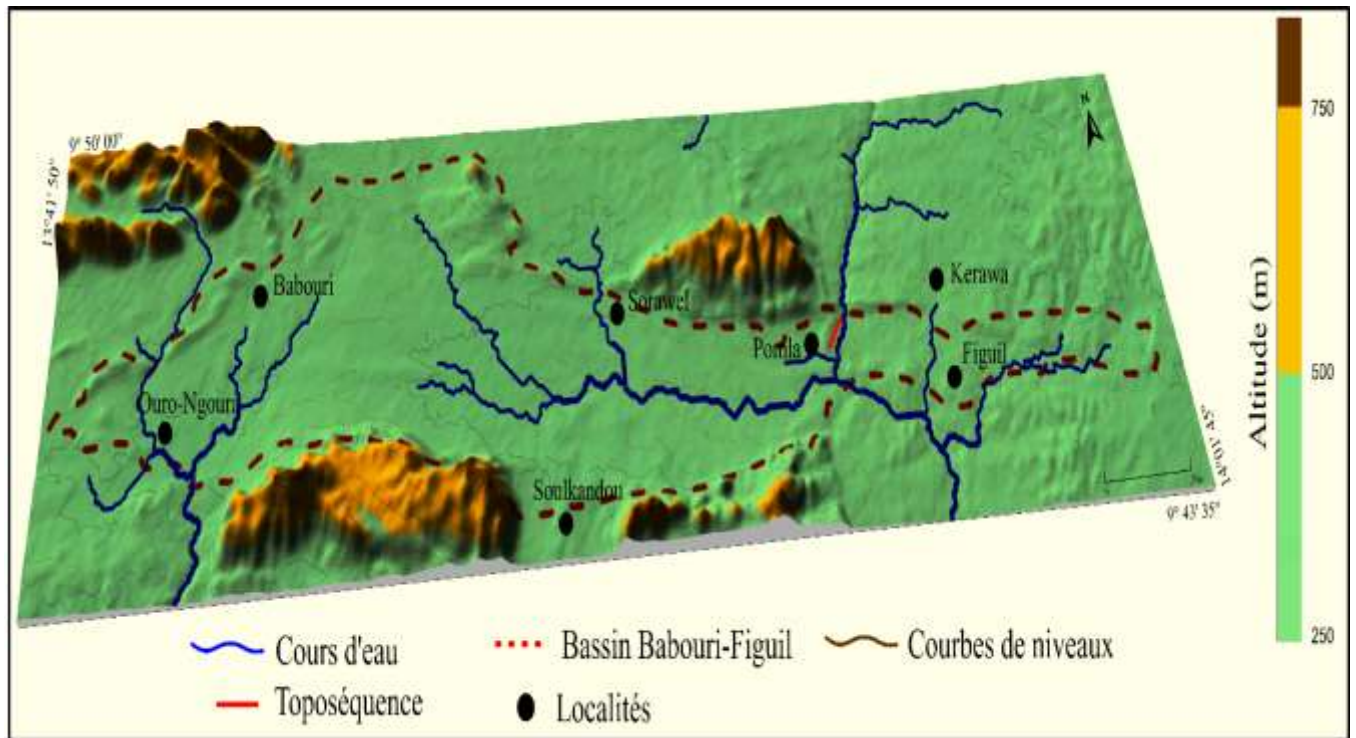


**Figure 5.** Réseau hydrographique de la zone d'étude

### II.1.5. Géomorphologie

Le relief de la zone d'étude alterne des zones de plateaux, vallées, plaines alluviales inondables et chaînes de montagnes. La carte géomorphologique de la zone peut être subdiviser en trois grandes unités géomorphologiques comprises entre 250m et 750m (Fig. 6) :

- Une unité comprise entre 250m et 500m représentant environ 70% de l'ensemble de la zone d'étude et se localise sur presque toute l'étendue de la zone. La morphologie est caractérisée par des plaines et des vallées.
- Une unité moyenne d'altitude comprise entre 500m et 750m : représentant environ 20% de la zone d'étude, elle se situe tout autour des grands sommets en bordure gauche et droite du bassin et caractérisée par les plateaux et chaînes de montagnes.
- L'unité supérieure ou égale à 750m : représentant environ 10%, cette unité est la plus élevée du secteur d'étude et caractérisée par des massifs granito-gneissique avec des sommets en pics à savoir : le Hosséré Sorawel au Nord, le massif du Peski Bori au Nord-Ouest ; au Sud, le Hosséré Faourou (ou encore Hosséré Ribao), Hosséré Lombel (Ndjeng, 1992).



**Figure 6.** Bloc diagramme de la zone d'étude

## II.2. Cadre géologique

### II.2.1. Histoire géologique du bassin

La genèse de Bassin de Babouri-Figuil est intimement liée à l'évolution structurale globale du golfe de Guinée en général et du Fossé de la Bénoué en particulier (Ndjeng, 1992). Comme tous les autres synclinaux de la région, ce bassin présente une extension Est-Ouest. Son histoire géodynamique d'âge Néocomien-Barrémien est comme sus- évoquée similaire à celle du bassin de Garoua. Le socle précambrien encaissant est constitué de gneiss et de granites qui ont été affectés par l'orogénèse panafricaine. Ce demi-graben a été contrôlé par l'association des failles normales à tendance listriques et de décrochements (Batupé et *al.*, 1997). Les sédiments ont été injectés par des filons de trachytes et dolérites.

Ces filons sont très souvent parallèles aux directions des grandes failles N70°E à Est-Ouest des bordures du bassin. La mise en place des coulées basaltiques est contemporaine à la sédimentation (Batupé et *al.*, 1997). La nature lithologique des couches est constituée des schistes marneux, schistes argileux, grès, conglomérats, schistes bitumineux, cornéennes, des roches carbonatées et des cherts. Ces couches sont organisées en synclinaux dissymétriques et leur épaisseur est supérieure à 1500 m (Ndjeng, 1992). La sédimentation est dans l'ensemble

rythmique, la séquence la plus fréquente est les grès-schistes marneux ou argileux, les dépôts schisteux étant les plus épais que les gréseux (Ndjeng, 1992).

Schwoerer (1965) quant à lui précise qu'on y rencontre des grès arkosiques grossiers, ferrugineux à passées conglomératiques qui reposent en discordance sur le socle au niveau de la bordure nord du bassin et forment un bourrelet continu à la base de la série. Le pendage moyen vers le Sud se situe entre 15 et 25°. La série marne schisteuse a un pendage Sud plus prononcé, 30° en moyenne, et contient de plus en plus d'intercalation de grès nu formant des marches d'escalier.

Sur le plan stratigraphique, la série débute par des brèches, des conglomérats, des microconglomérats, des grès de bases et des arkoses. Au-dessus de cette séquence, se superposent en alternance des argilites, des silts, des marnes et des grès avec des surfaces structurales présentant des structures sédimentaires répétitives (Batupé et al. 1997)

Sur le plan paléo-environnemental, la présence des structures sédimentaires telles que les slumps, les couches convolutées, les olistolites, les micro plissements, les structures en assiettes, les structures d'échappements d'eau, etc. dans le Bassin de Babouri-Figuil témoigne d'une sédimentation rapide à tendance turbiditique en milieu peu profond de type lacustre (Ndjeng, 1992). La présence des figures telles que ripple marks, mud-cracks, hard grounds traduit la fréquence des phases d'émersion avec arrêt de sédimentation dans un environnement à caractère palustre (Ndjeng, 1992). Batupé et *al.* (1997) précise que l'environnement de dépôt des sédiments dans ce bassin est lacustre et/ou fluvio-lacustre avec une sédimentation rythmique, qui est une des manifestations de la sédimentation turbiditique qui a dû être favorisée par une activité tectonique répétitive, associé à un climat à saisons très contrastées.

## **II.2.2. Lithologie**

La zone d'étude appartient au domaine Nord-Ouest Cameroun de la chaîne Panafricaine (Toteu *et al.*, 2006 ; Penaye *et al.*, 2004). Elle est marquée par un socle constitué de roches plutoniques, métamorphiques, sédimentaires.

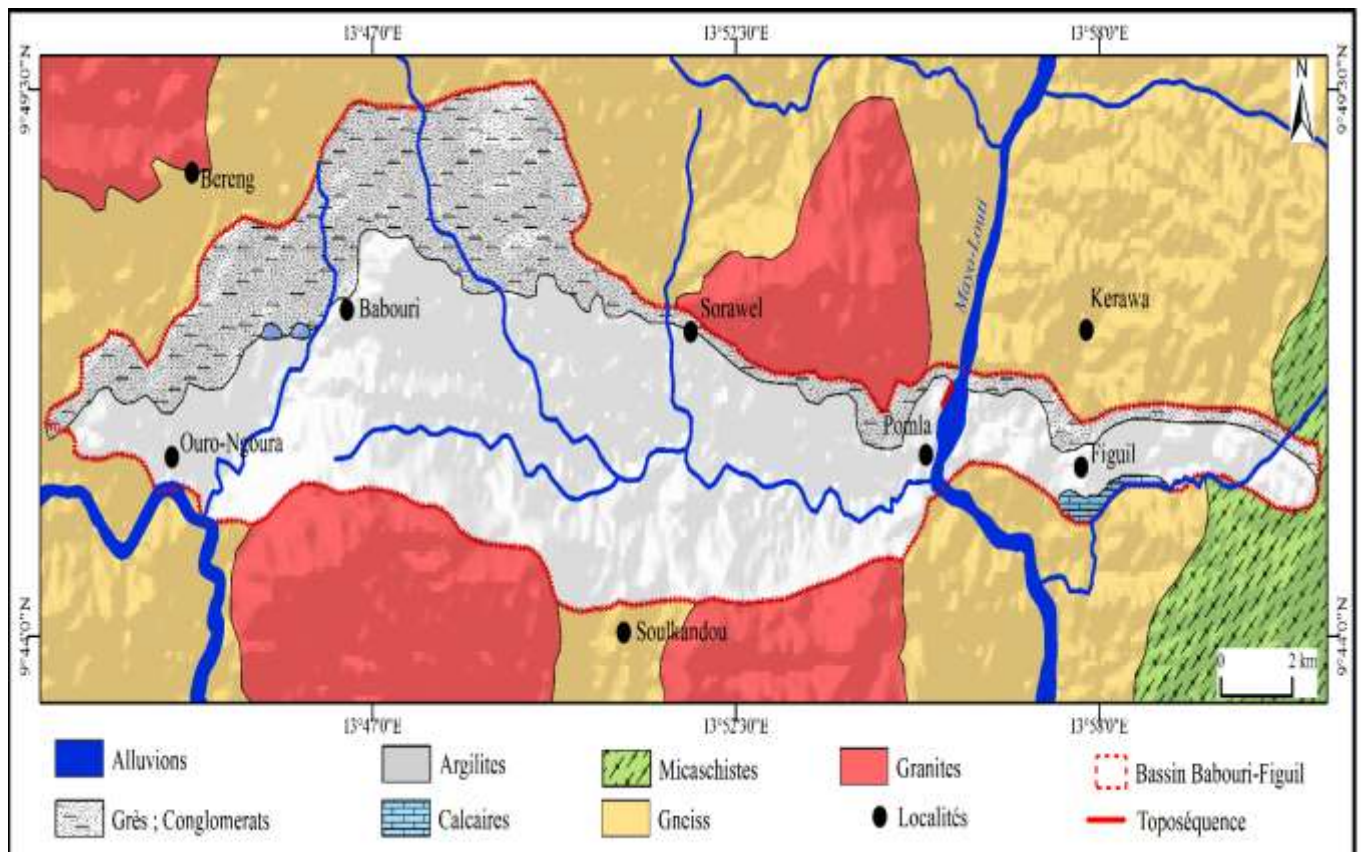
### **II.2.2.1. Roches plutoniques et métamorphiques**

Les roches plutoniques et métamorphiques sont liées de manière générale à l'orogénèse panafricaine (Tchameni *et al.*, 2006). Ils sont constitués de granitoïdes pré, syn et

tardi-tectonique, de gneiss et de schiste (Ngako, 1986 ; 1999 ; Nzenti *et al.*, 1992 ; Toteu *et al.*, 2004 ; 2006). Les granitoïdes sont abondant dans la région et sont plus ou moins affectés par des phases de déformation (Toteu *et al.*, 2006). Dans le secteur d'étude on note la présence de trois facies (Fig. 7) parmi lesquels le gneiss qui est présent tout autour du bassin et occupe une grande superficie ; les granites quant à eux sont situés aux extrémités Nord et Sud du bassin. Les micaschistes sont très peu représentés et se situent à l'extrémité droite de la zone.

### II.2.2.2. Roches sédimentaires

Les études sédimentologiques de Ndjeng (1992), Ndjeng et Brunet (1998), sur les bassins de Babouri-Figuil et de Mayo Oulo-Lere ont permis de caractériser les formations géologiques comme principalement sédimentaires constituées par les conglomérats et les grès grossiers à la base suivis d'une alternance de bancs de grès fins avec des argilites formés dans des environnements lacustres. Le secteur d'étude est caractérisé par des formations géologiques constituées des formations sédimentaires dont la nature des couches est composée par des formations quaternaires (formations récentes) ; des argilites présentes dans tout le bassin et occupant la majeure partie inférieure du bassin ; les grès et les conglomérats sont présents également tout le long supérieur du bassin ; des calcaires quant à eux sont très peu présent et se situent tout juste aux environs du Mayo Figuil (Fig. 7).



**Figure 7.** Carte géologique de la zone d'étude

### **II.2.3. Sols**

L'étude des sols du secteur d'étude a permis de mettre en exergue cinq classes de sols (Fig. 8) à savoir les planosols, les lithosols, les vertisols, les sols ferrugineux, les sols fersialitiques (Brabant et Gavaud, 1985).

#### **II.2.3.1. Sols ferrugineux**

Les sols ferrugineux représentent le premier groupe de sols sur le plan de la superficie. On les rencontre au centre du bassin où ils sont associés de part et d'autre par les lithosols, les planosols et les sols ferrugineux. On les distingue des autres groupes par leur couleur ocre, rouge ou rouille (Brabant et Gavaud 1985).

#### **II.2.3.2. Vertisols**

Les vertisols constituent le deuxième groupe de sols en termes de leur extension géographique et sont localisés au Sud et dans la plaine inondable au Nord (Fig. 9). Ce sont des sols argileux, foncés, affectés par des mouvements internes de retrait et gonflement (Dudal, 1967).

#### **II.2.3.3. Sols fersialitiques**

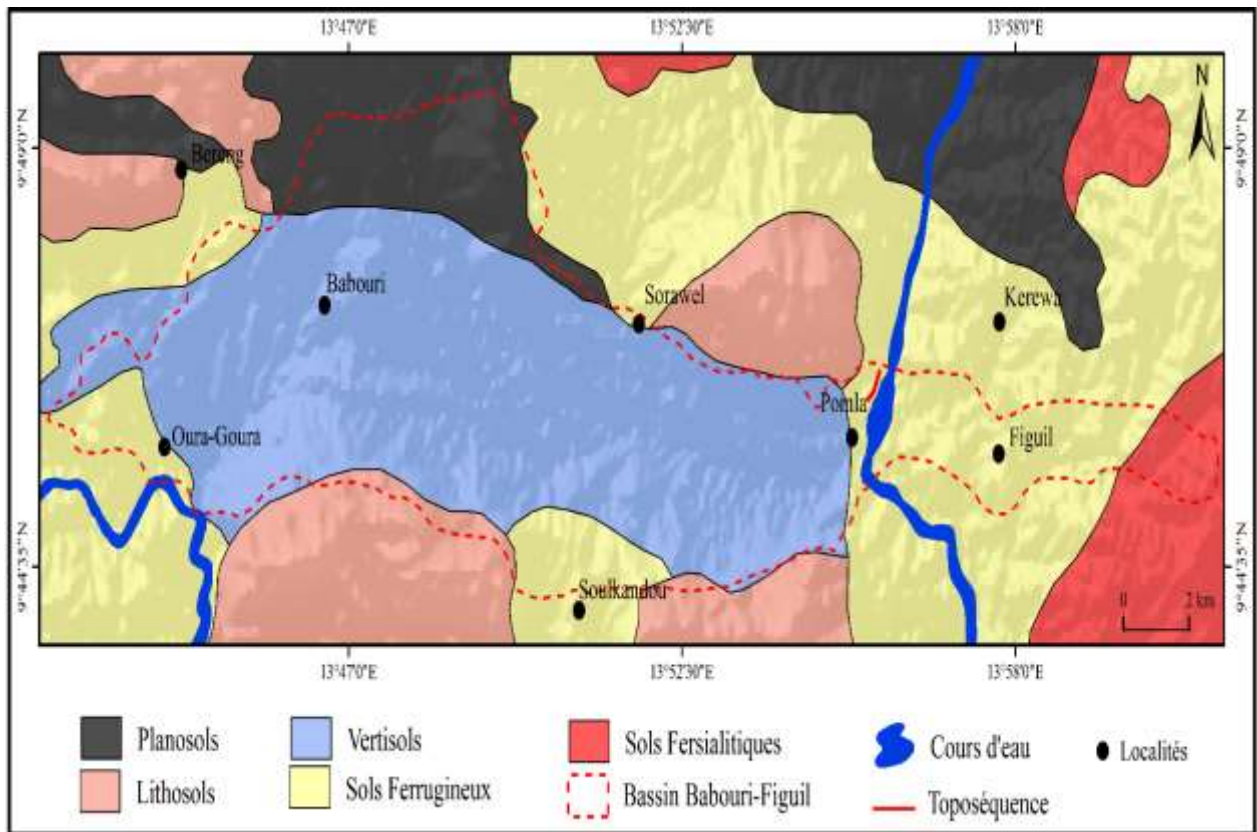
Les sols fersialitiques représentent le dernier groupe de sol sur le plan de la superficie. Ils se trouvent à l'extrême droite du bassin où ils sont en contact avec les planosols et les sols ferrugineux. Ces sols présentent divers faciès ainsi, suivant le cas, ils peuvent soit être cuirassés ou de simples horizons indurés (ils peuvent être peu ou non lessivés en fer) (Brabant et Gavaud, 1985).

#### **II.2.3.4. Planosols**

Les planosols halomorphes sont localisés au Nord des vertisols et sont associés aux lithosols, aux sols fersialitiques et aux sols ferrugineux. Ces sols sont caractérisés par un horizon sableux surmontant des horizons argileux, compacts et peu perméables (Brabant et Gavaud 1985).

### II.2.3.5. Lithosols

Les lithosols occupent le troisième rang tout juste après les sols ferrugineux et les vertisols. Ils se situent au bord inférieur et supérieur des vertisols en association avec les sols planosols et sols ferrugineux. Ces sols sont caractéristiques des paysages montagnards à forêt claire variablement dégradée (Brabant et Gavaud, 1985).



**Figure 8.** Carte pédologique de la zone d'étude

La région du Nord Cameroun est constituée de plusieurs bassins parmi lesquels le Bassin de Babouri-Figuil, le bassin du Mayo Oulo-Lere, le bassin de Hamakoussou, le bassin de Garoua, le bassin de Kontcha, le bassin de Mayo-Rey et le bassin de Bouan. Le Bassin de Babouri-Figuil qui fait l'objet de la présente étude se situe dans la région du Nord-Cameroun, sur le tronçon routier Garoua - Maroua. Le climat qui y règne est de type soudano-sahélienne et est caractérisé par une saison sèche qui va de Novembre à Avril et une saison de pluies qui va de Juin à Septembre. La température moyenne est d'environ 28°C. Les formations sédimentaires rencontrées dans ce milieu comme, les argilites, les grès, les conglomérats, les calcaires et les alluvions, sont entourées par des massifs cristallins altitudes variables traversées par des activités volcaniques et la présence des formations métamorphiques et

plutoniques tels que les gneiss, les micaschistes et les granites est également observé. Le plus grand collecteur de la zone est le Mayo Louti qui coule en direction du Sud pour se mélanger au Mayo Kébi et au Mayo Oulo. Puis, il grossit et prend le nom de Mayo Kébi où il va finalement se jeter dans la Bénoué. Dans cette zone, on y rencontre des planosols, des lithosols, les vertisols, sols ferrugineux et les sols fersialitiques.

Cette diversité de sols résulte de l'action conjuguée d'un certain nombre de facteurs tels que le climat, la végétation, la topographie, la nature de la roche-mère et l'action anthropique. Pour comprendre l'influence des conditions du milieu sur la nature et les caractères des sols, le présent travail s'est donné pour but d'étudier les sols formés dans un écosystème dominé par les formations sédimentaires sous un climat tropical à saison contrastée. L'étude porte donc sur la caractérisation des sols formés sur grés dans le bassin de Babouri-Figuil.

## **CHAPITRE II : METHODE D'ETUDE**

Le présent chapitre se consacre aux méthodes d'étude qui rendent compte des choix méthodologiques menés tant sur le terrain qu'en laboratoire.

### **I. Travaux de terrain**

Les travaux de terrain ont consisté tout d'abord en une reconnaissance générale du secteur d'étude sur la base des cartes pédologiques du Cameroun oriental dressées par Segalen et Martin (1966) à l'échelle 1 /1 000 000, une prospection géologique et une étude détaillée des sols.

Ensuite, La prospection géologique a été faite de la manière suivante : recherche et description des affleurements rocheux, délimitation des différentes formations géologiques apparaissant à l'état sain et altéré et ensuite prélèvement de deux échantillons de roche pour la confection des lames minces en laboratoire.

Enfin, l'étude des sols a consisté à identifier les différentes unités pédologiques et à délimiter leur extension géographique en s'appuyant sur la carte de sols du Nord Cameroun (Brabant et *al.*, 1985). La prospection s'est poursuivie par l'exploitation des tranchées existant au bord de Mayo-Louti à l'entrée de la ville de Figuil et deux profils de sol ont été délimité suivant une toposéquence de 500m environ. Après avoir rafraichi les bords, la description de ces différents profils a permis de différencier les horizons. Pour chaque horizon, l'épaisseur, la texture, la structure, la porosité, la compacité ont pu être déterminer selon le Guide simplifié pour la description des sols (Delaunois, 2006). Après une description détaillée de ces sols, sept échantillons ont été prélevés pour des analyses en laboratoire.

### **II. Analyses en laboratoire**

Les analyses en laboratoire ont porté sur la confection des lames minces et la détermination des propriétés physico-chimiques des sols étudiés.

#### **II.1 Confection des lames minces de roche**

Les lames minces ont été confectionnées à l'annexe de l'Université de Yaoundé I et ont concerné une lame de roche saine de grès et une lame de roche de grès altérée. L'étude

péetrographique s'est faite à l'aide du microscope polarisant de marque Leica au laboratoire de péetrologie de l'Université de Yaoundé I.

## **I.2 Analyses physico-chimiques des sols**

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées à l'Unité de Recherche d'Analyse des Sols et de Chimie de l'Environnement (URASCE) de la Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles (FASA) de l'Université de Dschang. Elles ont porté sur sept échantillons de sols prélevés sur le terrain. Ces paramètres physico-chimiques ont été déterminés par les méthodes préconisées par Pauwels et *al.* (1992).

### **II.1.2 Granulométrie**

L'analyse granulométrique a permis de déterminer la répartition des particules du sol en trois classes distinctes selon leur taille : le sable (de 2 à 0,05 mm), le limon (de 0,05 à 0,002 mm) et l'argile (< 0,002 mm). La méthode de la pipette de Robinson est utilisée. Elle consiste à introduire 7g ( $\pm 1$  mg près) de terre fine dans un bécher de 600 ml ainsi que 25 ml d'eau oxygénée (eau de javel) à 130 ml. Ceci pour détruire la matière organique (pendant 24h), d'abord à froid, puis à chaud à l'étuve à 105°C.

La fraction fine obtenue après destruction de la matière organique est dispersée à l'aide de 50 ml du métaphosphate de sodium ou hexa métaphosphate de sodium à 25g/l. L'ensemble est porté sur un agitateur rotatif pendant 4 heures dans des allonges, puis déposé sur la paillasse. Après dissolution à un litre d'eau distillée, les allonges sont laissées au repos et les prélèvements peuvent se faire à l'aide d'une pipette.

Ces prélèvements sont basés sur le principe selon lequel les particules mises en suspension, tombent avec une vitesse constante en fonction de leur diamètre. Cette vitesse peut être calculée d'après la formule de Stokes :

$$V = gd^2 \frac{(D - D_w)}{18\eta}$$

Avec : V = Vitesse de chute de la particule (cm. s<sup>-1</sup>) ; g = Accélération due à la pesanteur (cm.s<sup>-2</sup>) ; d= Diamètre de la particule (cm) ; D = Densité de la particule D = Densité de la particule (g cm<sup>-3</sup>) ; D<sub>w</sub> = Densité de l'eau (g cm<sup>-3</sup>) ;  $\eta$  = Viscosité du fluide (poise).

Le premier pipetage de 20 ml se fait à 10 cm de profondeur et la même opération est reprise après 2 minutes et 45 secondes. Le dernier pipetage se fait entre 8 et 23 heures. Les volumes pipetés sont mis dans des boîtes et portés à l'étuve à 105°C pendant 24 heures puis pesés ( $\pm 0,1$  mg près). Le reste de la solution est siphonné ; le sable lavé, transvasé dans des boîtes est tamisé pour l'obtention des différentes fractions.

### **II.2.2 Acidité du sol ou pH**

Le pH est déterminé par la méthode potentiométrique à l'aide des électrodes. Sa mesure s'effectue au pH-mètre sur une suspension de terre fine tamisée à 2mm. 5g de terre fine séchée à l'air est recueillie et introduite dans une boîte et 25 ml, soit d'eau distillée (dans le cas de la détermination du pHeau), soit du chlorure de potassium (dans le cas de la détermination du pHKCl) sont ajoutés.

La terre est brassée énergiquement de manière à obtenir une suspension avec un agitateur durant une heure. Le contenu des boîtes est laissé au repos pendant une heure. Le rapport poids terre/liquide est de 1/2,5. La concentration de KCl utilisée est de 1N.

### **II.2.3 Matière organique**

Le dosage de la matière organique (MO) est réalisé à partir du dosage de l'un de ses constituants : le carbone organique (CO). La MO contient en moyenne 58 % de CO. La teneur en matière organique a été déterminée par la méthode de Walkley et Black. 0,3 g de sol est introduit dans un erlen de 500 ml, puis 10 ml de  $K_2Cr_2O_7$  (1N) et 20 ml de  $H_2SO_4$  concentré y sont ajoutés (sous hotte). Après agitation, les erlens contenant les mélanges sont laissés au repos pendant 30 minutes. On y Ajoute par la suite et de manière successive 150 ml d'eau, 10 ml  $H_3PO_4$  et 1 ml d'indicateur et qu'on met sous agitation magnétique. Le titrage se fait ensuite avec le  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  jusqu'à l'obtention d'un vert brillant. La teneur en CO peut être calculée par la formule suivante :

$$\%CO = \frac{40(a - b)}{a \times p}$$

Avec a : volume de  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  ajouté au témoin ; b : volume de  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  ajouté à l'échantillon ; p : prise d'essai en gramme. Et pour la matière organique on a :

$$MO (\%) = \%CO \times 1,724.$$

## II.2.4 Azote total

L'échantillon est traité à chaud avec un mélange d'acide sulfurique concentré et l'acide salicylique. L'acide sulfurique détruit, par son action oxydante, les matières organiques et libère ainsi l'azote sous forme d'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) qui est aussitôt fixé sous forme de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Les nitrates et les traces de nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) présents dans l'échantillon sont d'abord fixés par l'acide salicylique puis réduites en ammoniacque par le sodium thiosulfate. Pour déterminer la teneur en azote, 2g (à  $\pm 0,2$  mg) (P) de sol broyé est tamisé à 0,2 mm et séché à l'air. Ensuite, la prise est introduite dans un matras dans lequel est ajouté 0,2 g de catalyseur puis, 10 ml de mélange sulfosalicylique. L'ensemble est placé dans un bloc chauffant allumé pendant sept minutes au préalable, puis réglé à la puissance maximale. Le capteur de fumée fixé sur la série de matras et placé dans le bloc chauffant est chauffé à douce ébullition (en réduisant de moitié environ la puissance de chauffe), pendant 1 h 30 afin de faire un blanc par série. Le contenu des matras est refroidi à l'aide d'un réfrigérant, puis distillé. Le distillat est recueilli dans un bécher de 250 ml contenant 20 ml d'acide borique, puis le bécher est retiré. Après avoir étalonné le titroprocesseur (à pH 7,0 et 4,0), un titrage est effectué à l'aide de l'acide sulfurique à 0,025 mol.l<sup>-1</sup> ou N/20. En effectuant plusieurs mesures, celles-ci ont permis de déterminer la précision du dosage (avec un écart type relatif inférieur à 1%). La formule suivante permet de déterminer la teneur en azote pour mille (g/Kg ou mg/g) :

$$\text{Teneur en N} = \frac{14(V - V_0)t}{pg \text{ terre}}$$

Avec : V = volume  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (HCl) ajouté à l'échantillon ;  $V_0$  = volume  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (HCl) ajouté au témoin ; t = normalité de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (t = 0,01n) ; P = prise d'essai de terre en gramme [= 2g].

## II.2.5 Phosphore assimilable

L'échantillon est traité à chaud avec un mélange d'acide sulfurique concentré et l'acide salicylique. L'acide sulfurique détruit, par son action oxydante, les matières organiques et libère ainsi l'azote sous forme d'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) qui est aussitôt fixé sous forme de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Les nitrates et les traces de nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) présents dans l'échantillon sont d'abord fixés par l'acide salicylique puis réduite en ammoniacque par le sodium thiosulfate. Pour déterminer la teneur en azote, 2g (à  $\pm 0,2$  mg) (P) de sol broyé est tamisé à 0,2 mm et séché à l'air. Ensuite, la prise est introduite dans un matras dans lequel est ajouté

0,2 g de catalyseur puis, 10 ml de mélange sulfosalicylique. L'ensemble est placé dans un bloc chauffant allumé pendant sept minutes au préalable, puis réglé à la puissance maximale. Le capteur de fumée fixé sur la série de matras et placé dans le bloc chauffant est chauffé à douce ébullition (en réduisant de moitié environ la puissance de chauffe), pendant 1 h 30 afin de faire un blanc par série. Le contenu des matras est refroidi à l'aide d'un réfrigérant, puis distillé. Le distillat est recueilli dans un bécher de 250 ml contenant 20 ml d'acide borique, puis le bécher est retiré. Après avoir étalonné le titroprocesseur (à pH 7,0 et 4,0), un titrage est effectué à l'aide de l'acide sulfurique à 0,025 mol.l<sup>-1</sup> ou N/20. En effectuant plusieurs mesures, celles-ci ont permis de déterminer la précision du dosage (avec un écart type relatif inférieur à 1%). La formule suivante permet de déterminer la teneur en azote pour mille (g/Kg ou mg/g) :

$$\text{Teneur en N} = \frac{14(V - V_0)t}{pg \text{ terre}}$$

Avec : V = volume H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (HCl) ajouté à l'échantillon ; V<sub>0</sub> = volume H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (HCl) ajouté au témoin ; t = normalité de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (t = 0,01n) ; P = prise d'essai de terre en gramme [= 2g].

### II.2.6 Capacité d'échange cationique (CEC) et bases échangeables (S)

La détermination de la CEC avec l'acétate d'ammonium tamponnée à pH=7 se fait en trois phases, notamment :

- Le rinçage à l'éthanol dans le but d'éliminer la solution saturante NH<sub>4</sub><sup>+</sup> remplissant les porosités ;
- La saturation du complexe absorbant et l'extraction des ions ammoniums par le chlorure de potassium à 1N ;
- Le lavage de la terre à l'alcool, la distillation et dosage à l'acide sulfurique à 0,01N.

La formule suivante permet de calculer la CEC : CEC = (V-V<sub>0</sub>) x 1,6

Avec V = volume H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (HCl) ajouté à l'échantillon ; V<sub>0</sub> = volume H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (HCl) ajouté au témoin.

La détermination des bases échangeables est faite par la méthode de la percolation dont le principe est basé sur le déplacement d'un cation par un autre. Ce sont généralement Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> et Na<sup>+</sup>. La détermination se fait par percolation de 1g de terre tamisée à 2 mm

par une solution d'acétate d'ammonium 1N à pH = 7 sur l'échantillon total. Le percolât obtenu contient les cations libérés. Les concentrations en  $K^+$  et en  $Na^+$  sont déterminées au photomètre à flamme et  $Ca^{2+}$  et  $Mg^{2+}$  par complexométrie.

## CHAPITRE 3 : ETUDE PETROGRAPHIQUE DE LA ROCHE

Ce chapitre présente les caractères pétrographiques la roche tant sur le plan macroscopique que microscopique.

### I. ETUDE MACROSCOPIQUE

#### I.1 Présentation de l'affleurement

Les grès de la zone d'étude affleurent sous forme de bloc le long du lit et en bordures du Mayo Louti. L'affleurement est bordé et recouvert à certains endroits de sa surface par des herbes et dans le lit du cours d'eau par des sables (Fig. 9).



**Figure 9.** Affleurement de grès du secteur d'étude

#### I.2 Description des différents échantillons de roche

Deux échantillons de roche ont été prélevés, à savoir une roche de grès l'état sain et une autre à l'état altéré présentant chacune des caractères spécifiques. A l'échelle macroscopique, la roche présente une couleur grise claire. On observe la présence de quelques minéraux visibles et reconnaissables, liés par un ciment. Ce sont entre autres le quartz qui se présente sous forme angulaire à sub-angulaire des dimensions millimétriques. Les feldspaths ayant un aspect blanc laiteux, ont une forme anguleuse à subanguleuse et la roche présente également quelques golfes. Son test positif à HCl montre ainsi la nature carbonatée de son ciment (Fig. 10).

A l'état altérée, la roche est de couleur brunâtre et présente une sorte d'alternance des lits claires et sombre à sa surface. Bien que l'observation des minéraux n'est pas très bien visible, on note tout de même la présence de quelques grains de quartz et de feldspaths colorés par des oxydes de fer (Fig. 11).



**Figure 10.** Réaction effervescente des grès grossiers à l'acide chlorhydrique

## II. ETUDE MICROSCOPIQUE

Les échantillons prélevés ont permis la confection de deux (02) lames minces de roche l'une à l'état sain et l'autre à l'état altéré. A l'état sain, l'observation microscopique de la lame mince de cette lame de roche (Fig. 11) a permis de distinguer des minéraux comme les quartz anguleux à sub arrondis en extinction roulante et ayant un pourcentage d'environ 35 à 40 %, des feldspaths (plagioclase seritisé c'est-à-dire ayant des inclusions de biotite en son sein) environ 15 à 20 %, des micas (muscovite) 2 % et des minéraux opaques 2 %. Les différentes particules sont liées par une matrice calcitique de 20 à 25 % qui sert de jonction entre tous ces minéraux. La présence des fragments de roche est également notée dans cette lame de roche 15 à 20 %. Par ailleurs, les éléments sont pour la plupart grossiers. Il s'agit d'un grès grossier à ciment carbonaté.

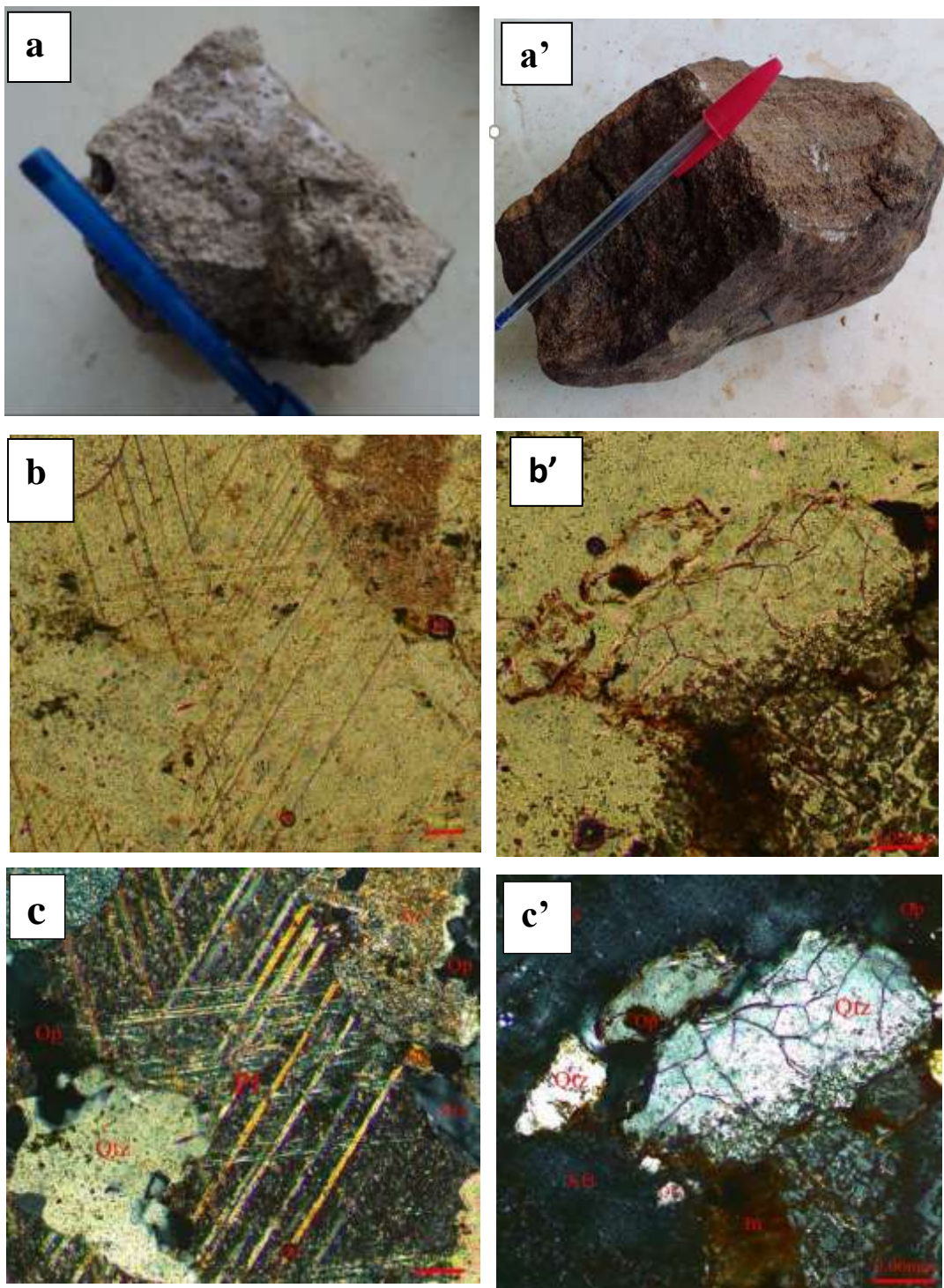
A l'état altéré, la lame montre un aspect sombre dans l'ensemble et des minéraux en cours d'altération pas très évident à identifier (Fig. 11). Cette lame de roche a permis d'identifier des différents minéraux tel que le quartz abondant de forme anguleux à sub

anguleux environ 70 % et est marqué par certaines micros fractures. Les feldspaths représentent 10 %, la biotite en début altération et représentant environ 3 %, minéraux opaques sont de formes variable et inégalement répartis et de couleur noire représentant environ 12 %. Le liant est un ciment argilo-ferrugineux de 12 % environs.

Les tableaux 2 et 3 ci-dessous présentent une description générale des différents minéraux rencontrés dans ces deux roches.

**Tableau 2.** Description des minéraux de grès grossier a l'état sain.

	Quartz	Micas ( muscovite)	Feldspaths ( Plagioclase)	Minéraux opaques	Liant
Forme et taille	Anguleux a sub arrondis de 0,5 à 1,5 mm	Forme allongée de 0,4 mm	Sub-rectangulaire a sub-automorphe de 1 à 2,2 mm	Sub-arrondis à arrondis de 0,5mm	Ciment calcitique
Couleur	Incolore	Incolore	Incolore	Noir	Brun
Teinte	Gris sombre	Vive ( jaune , orange )	Gris avec inclusion jaunâtre	Noir	Brun
Clivages	Non	Oui	Non	Non	-
Macles	Non	Non	Oui ( polysynthétique)	Non	-
Fractures	Oui	Non	Non	Non	-
Pourcentages relatifs	Environ 35 à 40%	Environ 2%	Environ 15 à 20%	Environ 3%	Environ 20 a 25%
Texture de la roche	Grossière heterogranulaire				
Structure de la roche	Massive				
Contact entre les minéraux	Parfois				
Nom de la roche	<b>Grès grossier à ciment carbonaté</b>				



**Figure 11.** Grès grossier : a) Echantillon macroscopique, b) LPNA, c) LPA ; Grès fin altéré : a') échantillon macroscopique, b') LPNA, c') LPA

**Tableau 3.** Description des minéraux de grès fin à l'état altéré.

	Quartz	Micas ( biotite)	Feldspaths (Kfs )	Minéraux opaques	Liant
Forme	Sub anguleux a anguleux	Sub - allongée et aplatie		Sub- arrondis	Ciment argilo- ferrugineux
Couleur	Incolore	Brun sombre	Incolore	Noir	Brun
Teinte	Gris sombre	Brun	Gris sombre	Noir	Brun
Clivages	Non	Oui	-	-	-
Macles	Non	Non	Non	-	-
Fractures	Oui certains	Non	Oui certains	-	-
Pourcentages relatifs	Environ 70%	Environ 2%	Environ 10%	Environ 5%	12%
Structure de la roche	Massive				
Texture de la roche	Hétérométrique				
Contact entre les minéraux	Oui				
Nom de la roche	<b>Grès fin altéré</b>				

En somme, les grès grossiers et fins affleurent le long du bassin de Babouri-Figuil plus précisément le long des bordures du Mayo-Louti. Ces grès ont une texture grossière hétérogranulaire à hétérométrique respectivement et présentent des minéraux tels que le quartz (40 %), micas (2 %), feldspaths (20 %), Minéraux opaques (3 %) pour le grès grossier à ciment carbonaté et de quartz (70 %), biotite (2 %), feldspath (10 %) et minéraux opaques (5 %) pour les grès fins. Tous ces minéraux baignant dans un ciment de couleur brun.

## **CHAPITRE 4 : CARACTERISATION MORPHOLOGIQUE ET PHYSICO-CHIMIQUE DES SOLS ETUDIES**

Le présent chapitre est organisé en deux grandes parties. La première partie traite de la description morphologique des différents profils observés sur le terrain et la deuxième partie s'intéresse aux résultats physico-chimiques obtenus en laboratoire.

### **I. Caractérisation morphologique des sols**

#### **I.1 Présentation de la toposéquence**

Le site choisi dans le cadre de cette étude présente un état de surface recouvert par une végétation herbacée et la présence de quelques arbres et arbustes caractérisant une transition entre la savane arbustive soudanienne et la steppe à épineux. On y rencontre des espèces botaniques telles que *tamarindus indica*, *ferdherbia*, *borassus*, *aethiopum*.

La toposéquence choisie a une longueur de 500m environ (Fig. 12), orientée NNE-SSW et se situe en bordure du Mayo-Louti. La caractérisation du manteau d'altération et le prélèvement des échantillons ont été possibles à la faveur d'une coupe de sol laissée par l'assèchement du Mayo pendant la saison sèche. Les études pédologiques ont été effectuées sur deux (02) profils de sols séparés l'un de l'autre d'environ 350m. La végétation est caractérisée d'une zone de transition entre la savane arbustive soudanienne et la steppe à épineux soudano-sahélienne.

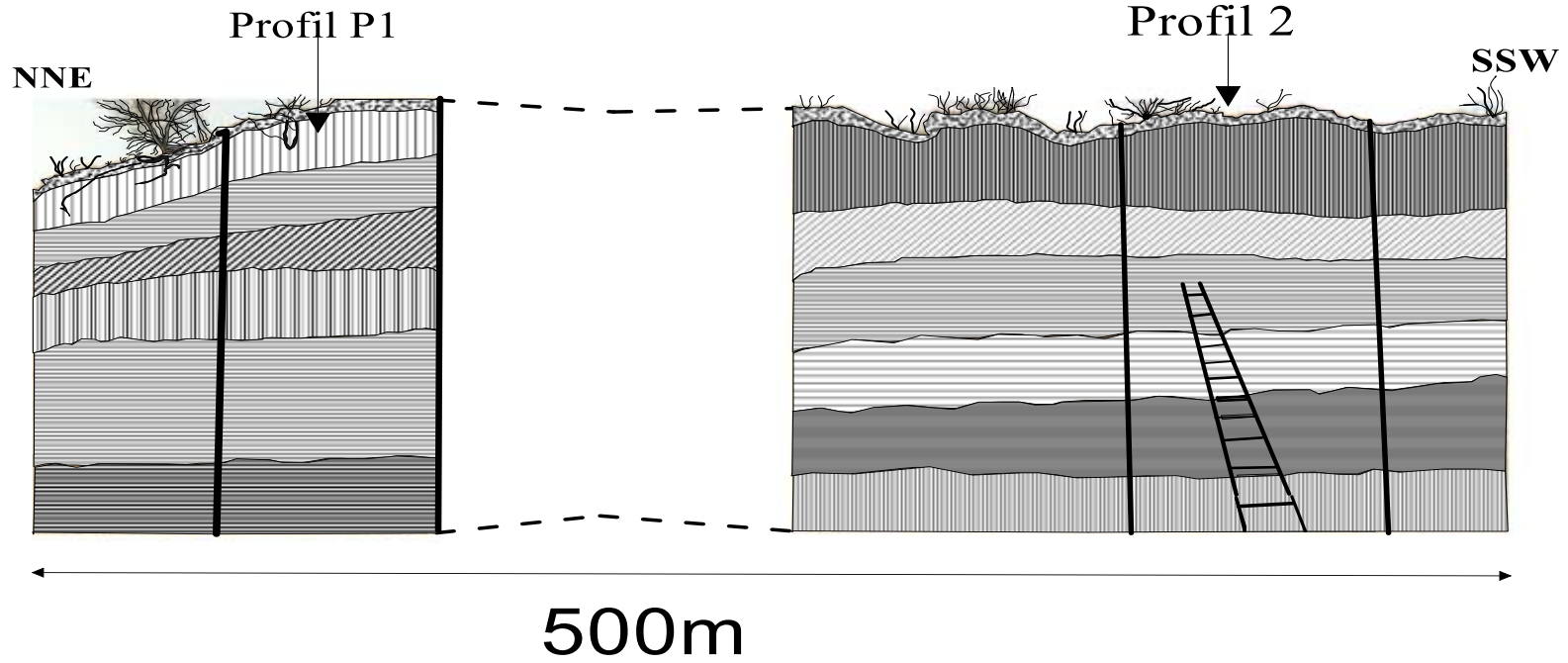


Figure 12. Présentation de la toposéquence

## I.2 Description des profils

### I.2.1. Profil P1

Le profil P1 localisé aux points de coordonnées N09°46'27.5'' et E013°55'45.33'' avec une altitude de 261m avec un sol recouvert par une fine litière constituée de tiges et herbes sèches (Fig. 13). D'une épaisseur de 1200cm, le profil est subdivisé en sept horizons sur la base de différence de couleurs. Du haut en bas, on observe :

- 0 – 30 cm : Horizon A<sub>1</sub> ; brun foncé (10YR4/2) ; sablo-limoneuse avec quelques graviers ; massif à débit polyédrique. C'est un matériau poreux à forte friabilité, une cohésion moyenne et contenant des fragments de quartz de forme arrondie à sub-arrondie et repartis de manière disproportionnée dans l'horizon. On note également la présence de nombreuses racines fines de taille millimétrique et de direction oblique et verticale. La transition avec le niveau inférieur est progressive.
- 30 – 150cm : Horizon A<sub>2</sub> ; Brun pâle (10YR5/6) ; argilo- sableuse et polyédrique. C'est un matériau poreux, friable et contenant des fragments de roche de forme sub-arrondie. On note encore la présence des racines de taille millimétrique peu abondante. Sa limite avec l'horizon inférieur est nette
- 150 – 300cm : Horizon A<sub>2g</sub> ; Brun (10YR7/6) ; polyédrique. Ce matériau est poreux et on note également la présence des tâches de couleur noires peu abondante. Ce matériau est facilement friable et la limite avec le niveau inférieur est nette.
- 300 – 450cm : Horizon B<sub>t</sub> ; Brun jaunâtre foncé (10YR4/4) ; argilo-limoneuse, polyédrique. C'est un matériau poreux, marqué par la présence des taches noires et rouille, également des fragments de quartz dur de forme arrondie à sub arrondie. La limite avec le niveau inférieur est graduelle.
- 450 – 600cm : Horizon B<sub>tg</sub> ; brun très pâle (10YR8/4) ; sablo-argileuse à structure polyédrique ; marqué par la présence d'abondance de pores et des fragments de quartz de taille millimétrique à centimétrique (45% environ), présence de feldspath friable à la main. La limite est nette.
- 600 – 1000cm : Horizon B ; gris brunâtre clair (10YR6/2), texture limoneuse et structure massive, on note la présence de fines racines peu abondantes de taille millimétrique ayant des directions obliques. Ce matériau est

poreux et contient des fragments de roches de forme arrondie à sub-arrondie avec une bordure rouille.

1000 – 1200cm : Horizon B<sub>tg</sub>; gris (10YR5/1); Texture argileuse et structure polyédrique marqué par la présence des radicelles et de tâches rouilles et blanches et également des grains de quartz de formes arrondie à sub-arrondie.

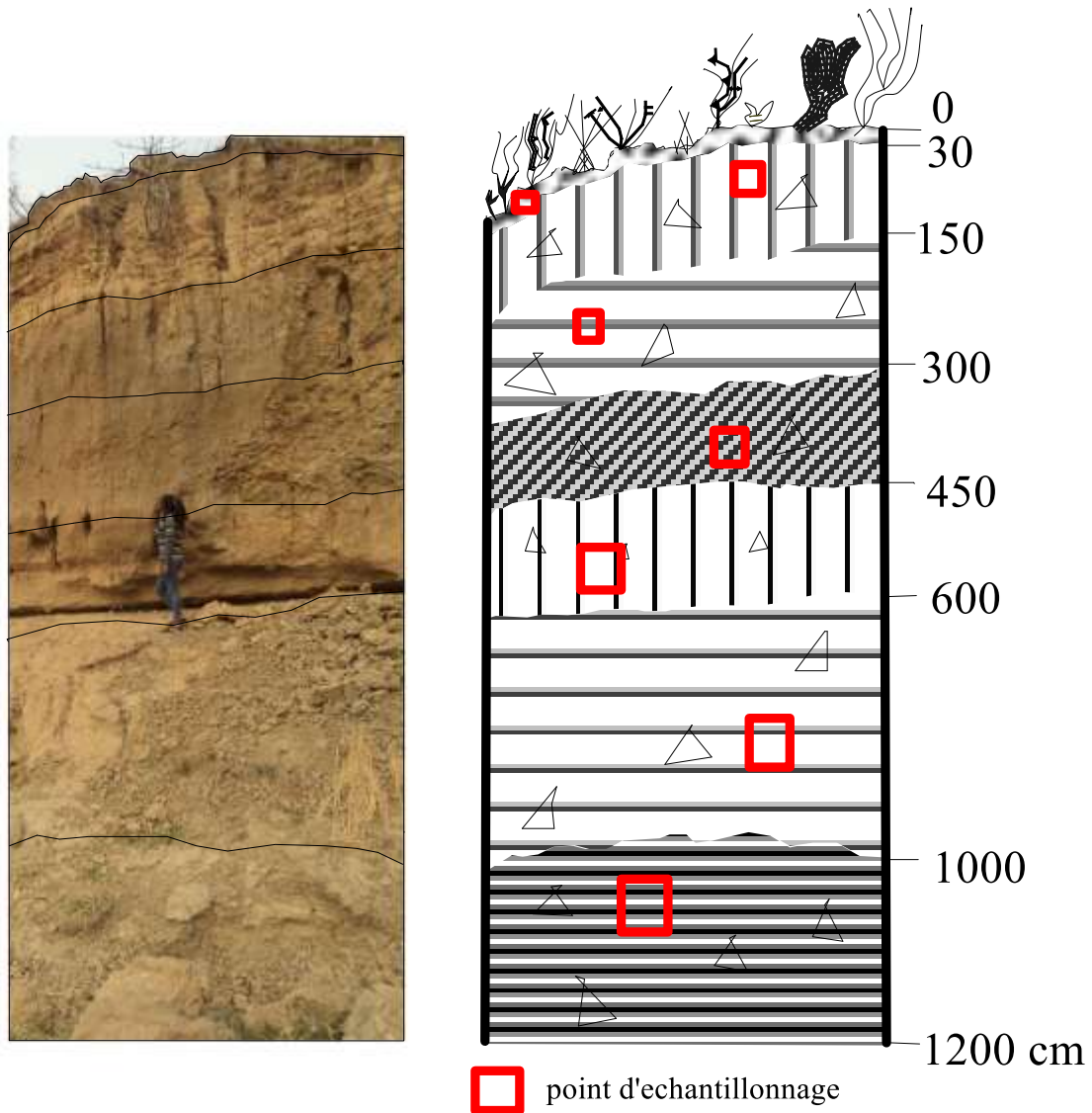


Figure 13. Organisation morphologique du profil P1

### I.2.1. Profil P2

Le profil P2, situé à environ 350 mètres du profil P1, se localise au point de coordonnées N09°46'27.5'' et E013°55'45.3'' et d'altitude 261m recouverte également par une litière et quelques herbes et arbustes (Fig. 14). La surface du sol est recouverte par une végétation herbacée et de quelques arbustes. Du haut en bas, on observe :

0-30cm : Horizon brun jaunâtre (10YR5/4) ; sablo-limoneuse ; de structure grumeleuse.

Ce matériau est très poreux et marqué par la présence des racines abondantes de taille millimétrique et de direction verticale à oblique, le matériau est friable et est marqué par la présence de fragments de roche de forme sub-arrondi, sa limite avec le niveau inférieur est progressive.

30-300cm : Horizon jaune (10YR8/6), de texture limono-sableuse, de structure massive.

Ce matériau est marqué par la présence des cavités très abondantes de diamètre variable laissées pour la plupart par des nids d'oiseaux et des tâches noires et reliques noires laissées par les racines de plante.

300-450cm : Horizon Jaune Rougeâtre (7,5YR6/6) ; argilo-sableuse ; polyédrique, on

note la présence de pores peu abondant et également des fragments de graviers quartzeux et feldspathique de forme arrondie à sub-arrondie et de taille millimétrique à centimétrique et également des tâches de couleur blanchâtre la limite avec l'horizon inférieur est nette.

450-650cm : Horizon brun très pâle (10YR7/3) ; sablo-argileuse ; polyédrique ;

présence de fragment de quartz peu abondant de forme sub-arrondie de taille millimétrique à centimétrique ; la limite avec l'horizon inférieur est progressive.

650-800cm : horizon de couleur gris foncé (10YR4/1) ayant une texture limono-

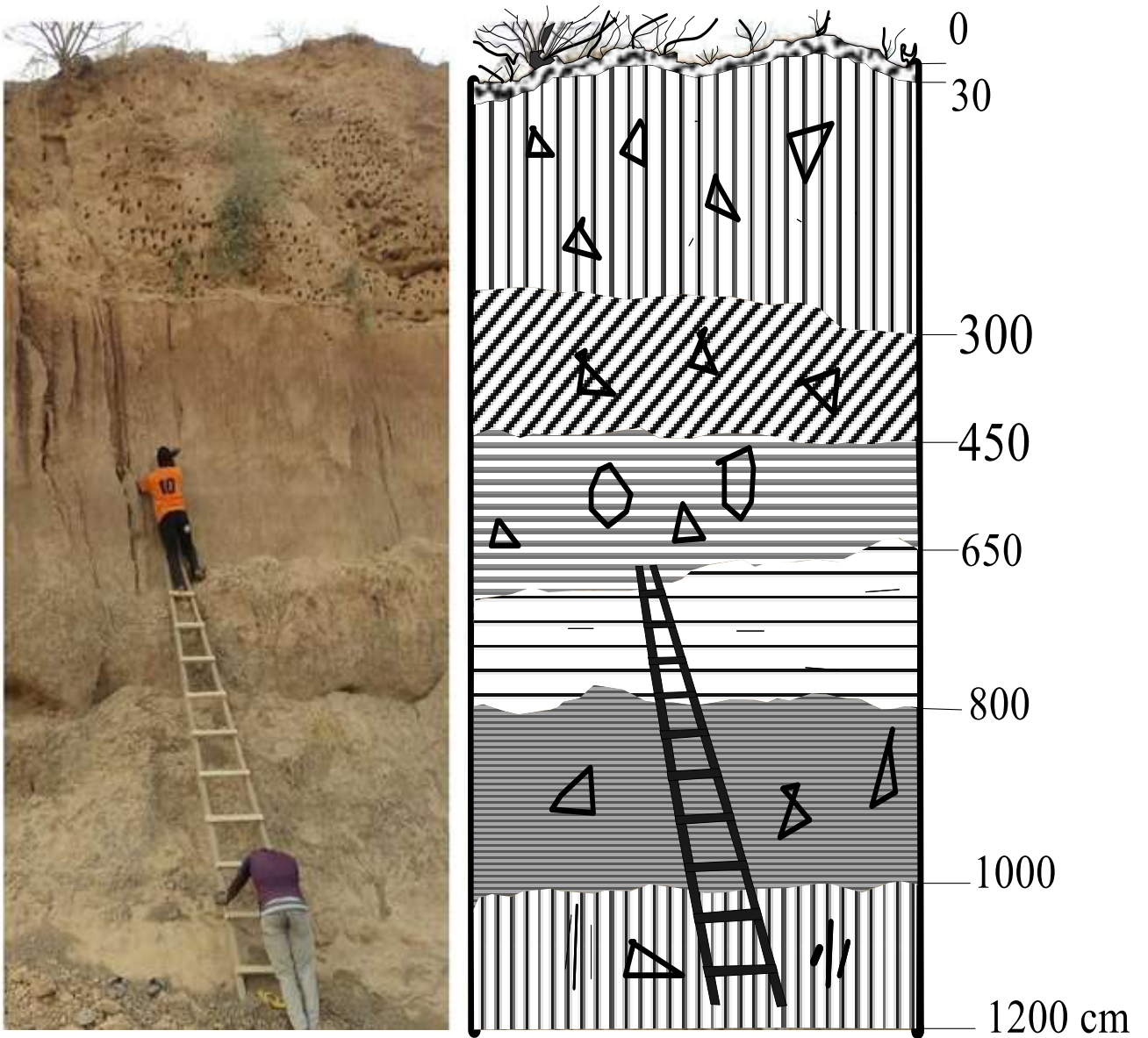
sableuse, de structure polyédrique, marqué par la présence des fragments de quartz et des tâches noires et rouille.

800-1000cm : Horizon brun jaunâtre (10YR5 /4) ; limono- sableuse, structure

polyédrique, présence des reliques sombres et des fragments de roche de forme sub-arrondie. La transition avec l'horizon sus-jacent est graduelle.

1000-1200cm : matériau jaune brunâtre (10YR6/8) texture sablo-limoneuse et de

structure massive marqué par la présence des pores de petite taille, des fragments de roche ainsi que de tâches noires et blanches.




 graviers quartzeux et feldspathique

**Figure 14.** Organisation morphologique du profil P2

## **II. Caractérisation physico-chimique des sols étudiés**

Le profil P1 a été choisi pour les analyses physico-chimiques parce qu'on observe l'évolution bien détaillée du profil et les horizons sont bien différenciés. Les caractères physico-chimiques du profil P1 étudiés ont porté sur la granulométrie, les mesures du pH, le dosage de la matière organique, de l'azote total, du phosphore, de la capacité d'échange cationique et des bases échangeables du profil. Le tableau 4 présente les caractères physico-chimiques des sols étudiés.

### **II.1 Granulométrie**

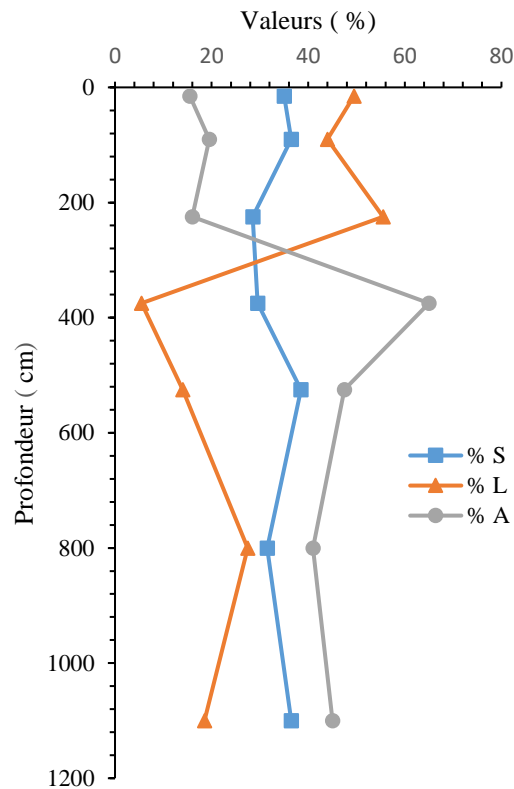
Les proportions relatives des particules argileuses (0-2 $\mu$ m), limoneuses (2-50 $\mu$ m) et sableuses (50-200 $\mu$ m) sont reportées dans le tableau 4. On observe que le taux de sable n'est pas standard le long du profil et oscille entre 28,5% et 38,5% avec le maximum atteint à l'horizon B<sub>tg</sub>. La variation des différentes teneurs en sable dans l'ensemble du profil n'est pas très considérable (Fig. 15).

Le taux de limon varie entre 5,5 % et 49,5 % le long du profil, il a une teneur élevée en surface à l'horizon A<sub>1</sub> et cette valeur chute considérablement au niveau de l'horizon intermédiaire B<sub>t</sub> où il atteint son minimum, qui est de 5,5 %. Cette teneur en limon diminue de la surface vers la profondeur dans l'ensemble du profil (Fig. 15).

Contrairement à la teneur en limon, la teneur en argile quant à elle est moins élevée en surface et varie entre 15,5% et 65 % avec un maximum atteint à l'horizon B<sub>t</sub>. Cette teneur en argile augmente globalement de la surface vers la profondeur dans tout l'ensemble du profil (Fig. 15).

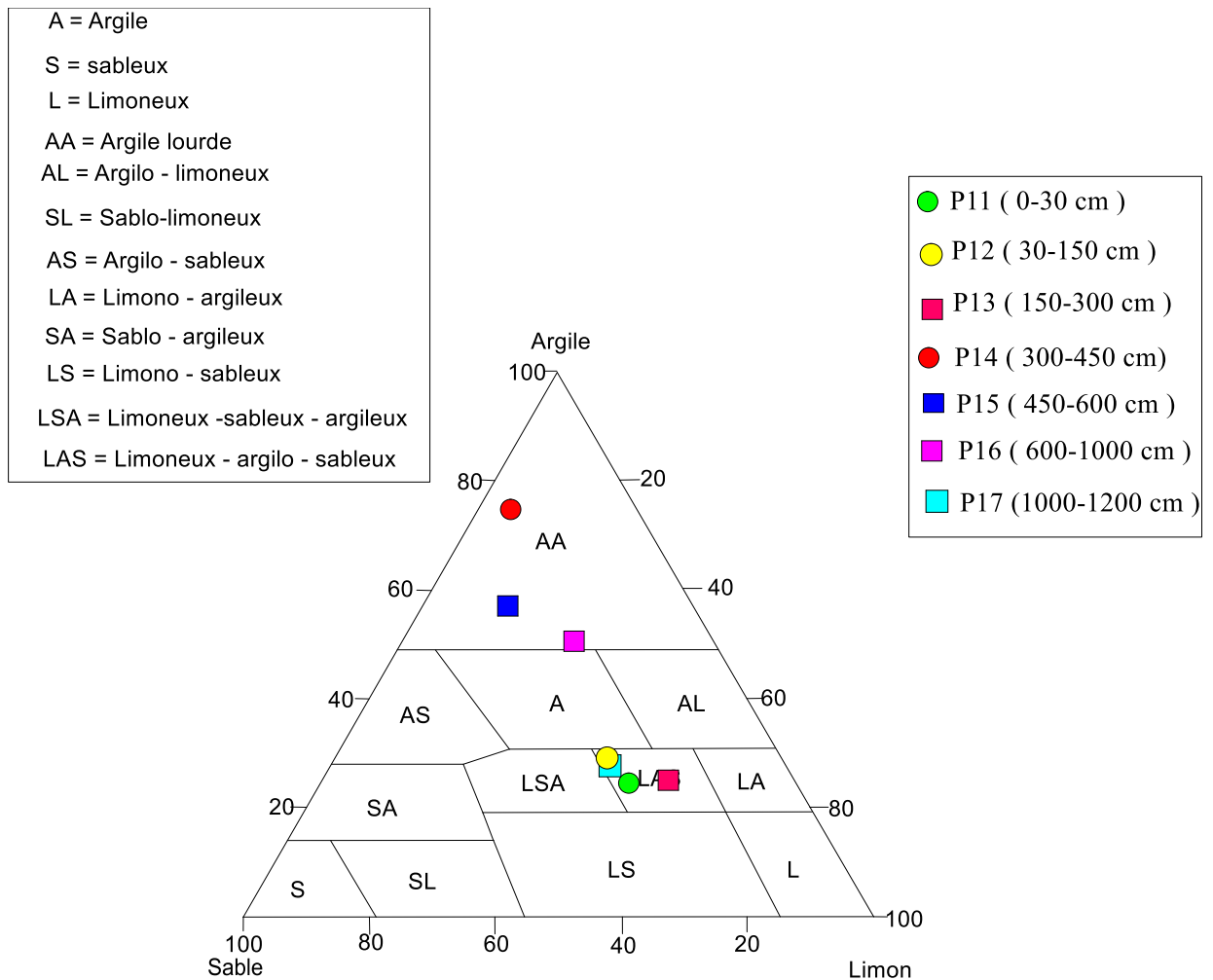
**Tableau 4.** Caractéristiques physico-chimiques du sol étudié.

<b>Echantillons</b>	<b>P11</b>	<b>P12</b>	<b>P13</b>	<b>P14</b>	<b>P15</b>	<b>P16</b>	<b>P17</b>
<b>Profondeurs(cm)</b>	0-30	30-150	150-300	300-450	450-600	600-1000	1000-1200
<b>Granulométrie (%)</b>							
Sable	35	36,5	28,5	29,5	38,5	31,5	36,5
Limon	49	44	55,5	5,5	14	27,5	18,5
Argile	16	19,5	16	65	47,5	41	45
Total	100	100	100	100	100	100	100
<b>Acidité</b>							
pH <sub>eau</sub>	7,2	7,6	8,4	8,2	8,4	7,5	8,1
pH <sub>Kcl</sub>	5,9	6,8	7,1	6,9	7,1	6,4	7
ΔpH	1,3	0,8	1,3	1,3	1,3	1,1	1,1
<b>Matière organique (%)</b>							
CO	2,20	1,76	0,09	0,18	0,79	0,26	0,79
MO	3,79	3,03	0,15	0,30	1,36	0,45	1,36
N	0,05	0,04	0,005	0,02	0,02	0,09	0,02
C/N	42	45	2	10	43	3	46
∑CEC	16,08	29,76	20,8	40,32	21,98	10,8	44,24
<b>Bases échangeables (méq/100g)</b>							
Ca <sup>2+</sup>	2,88	14,56	8,88	15,76	11,28	4,48	16,96
Mg <sup>2+</sup>	6,08	2,64	3,2	14,8	1,2	1,36	20,8
K <sup>+</sup>	0,13	0,27	0,27	0,43	0,13	0,13	0,61
Na <sup>+</sup>	0,08	0,20	0,20	0,20	0,08	0,20	0,20
S	9,17	17,68	12,56	31,19	12,69	6,18	38,57
S/T	57,02	59,40	60,38	77,35	57,89	57,22	87,18
∑CEC	16,08	29,76	20,8	40,32	21,98	10,8	44,24
P	13,66	31,17	5,98	7,69	5,55	7,69	0,85



**Figure 15.** Evolution des fractions de sable, limon, argile dans le profil.

D'après le diagramme textural de Jamagne (1967), les matériaux du sol étudiés sont rangés globalement dans les classes texturales limoneux-argilo-sableux en surface et passe a argile lourde en profondeur (Fig. 16).

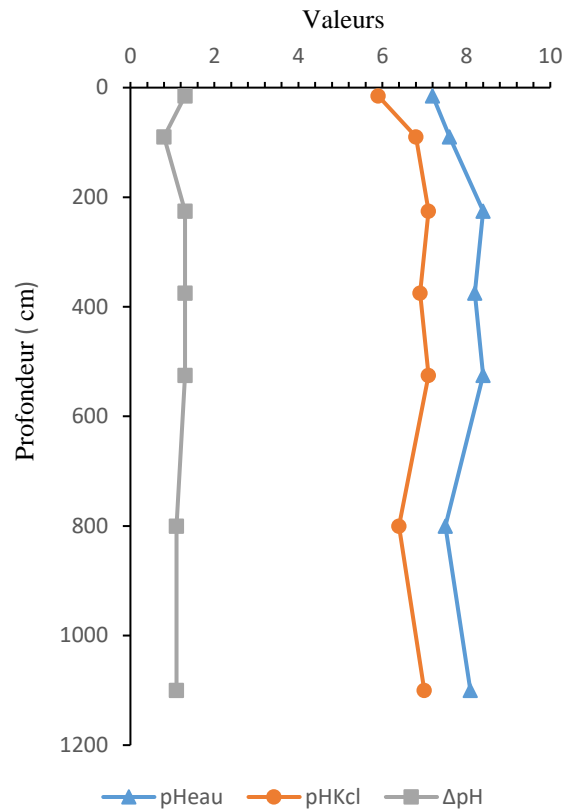


**Figure 16.** Distribution des différents échantillons des sols dans le triangle textural de Jamagne (1967).

## II.2. Acidité du sol ou pH

Les valeurs de pH sont réunies dans le tableau 4. Le  $pH_{eau}$  (acidité actuelle) des sols étudiés varie entre 7,2 et 8,4 tandis que l'acidité total ( $pH_{kcl}$ ) varie entre 5,9 et 7,1. La variation de l'acidité potentielle ( $\Delta pH$ ) est comprise entre 0,8 et 1,3.

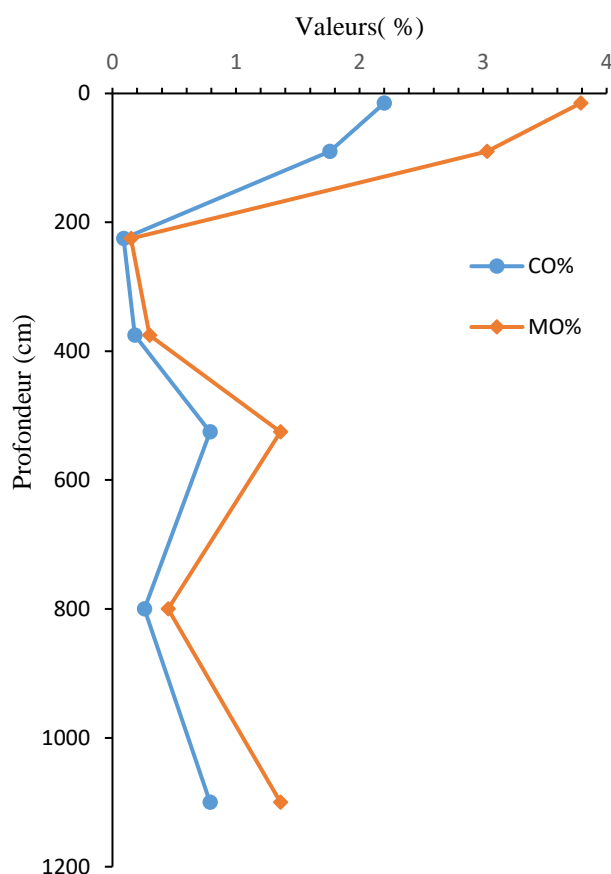
Globalement, l'acidité actuelle et l'acidité totale augmentent avec la profondeur et leur teneur ne varie pas trop tout au long du profil. Tandis que l'acidité potentielle évolue dans le sens inverse c'est-à-dire qu'elle diminue avec la profondeur avec un minimum atteint à l'horizon  $A_2$  d'une valeur de 0,8 (Fig. 17) .



**Figure 17.** Evolution du pH dans le profil de sol.

### II.3 Matière organique (MO) et carbone organique (CO)

La teneur en matière organique varie entre 0,15 % et 3,8 % Au niveau de l'horizon A<sub>2g</sub> elle passe de 3,03 % à 0,15 % dans l'horizon de profondeur B<sub>tg</sub>. L'horizon contenant le plus de matière organique est l'horizon de surface A<sub>1</sub>. Globalement, elle diminue avec la profondeur. (Fig. 18). Le carbone organique est le principal constituant des matières organiques (résidus de matière vivante animale ou végétale). Il varie entre 0,09% et 2,20% et évolue dans le même sens que la matière organique donc diminue avec la profondeur ; leurs valeurs passent de 2,20% en surface à 0,79% en profondeur. L'horizon contenant le carbone organique le plus élevé est l'horizon de surface A<sub>1</sub> ayant une profondeur de 30 cm (Fig.18).

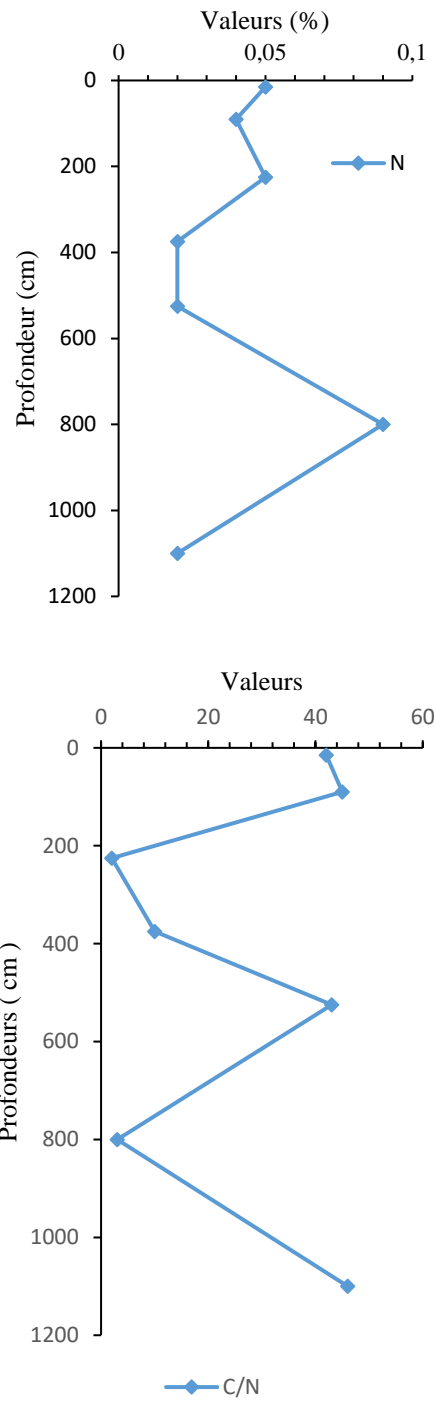


**Figure 18.** Evolution de la MO et CO dans le profil de sol.

#### II.4 Azote total (N) et rapport C/N

C'est l'ensemble de toutes les formes de l'azote minéral et organique présent dans un échantillon de sol. On remarque que La teneur en azote total est très basse et diminue de la surface du profil vers la profondeur avec des valeurs oscillant entre 0,02 % et 0,05 % et la teneur en azote la plus élevée est rencontre en profondeur dans l'horizon B (0,09 %) (Fig. 19).

Le rapport C/N permet d'apprécier le niveau de décomposition de la matière organique. C'est l'un des principaux indicateurs de la fertilité et de la qualité physico-chimique des sols. Dans le profil, ce rapport C/N à des valeurs qui oscillent entre 2 et 46 %. De manière globale le rapport augmente avec la profondeur. (Fig. 19)

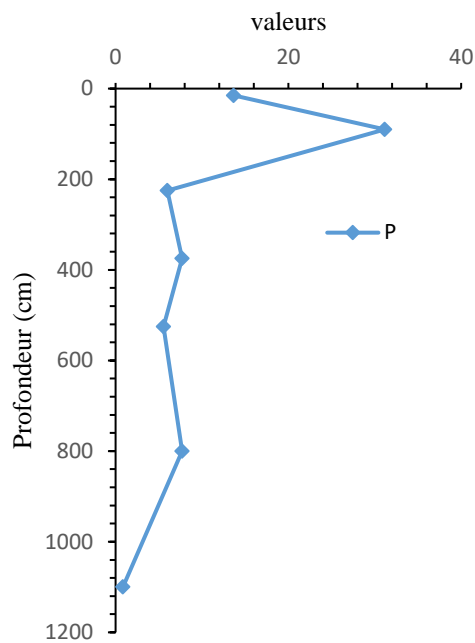


**Figure 19.** Evolution de L'Azote N et C/N dans le profil de sol.

## II.5 Phosphore assimilables (P)

La valeur du phosphore assimilable qui représente la fraction du phosphore totale accessible à la plante varie entre 0,85 et 31,1 méq /100 g il est plus élevé dans les horizons de surface A<sub>1</sub>

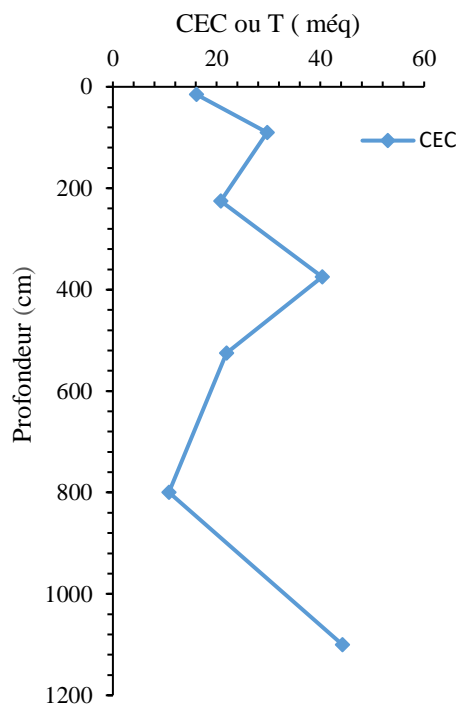
et  $A_2$  et atteint son minimum dans l'horizon de profondeur  $B_{tg}$ . Elle diminue dans l'ensemble de la surface a la base du profil (Fig. 20).



**Figure 20.** Evolution de P dans le profil de sol

## II.6 Capacité d'échange cationique (CEC) ou (T)

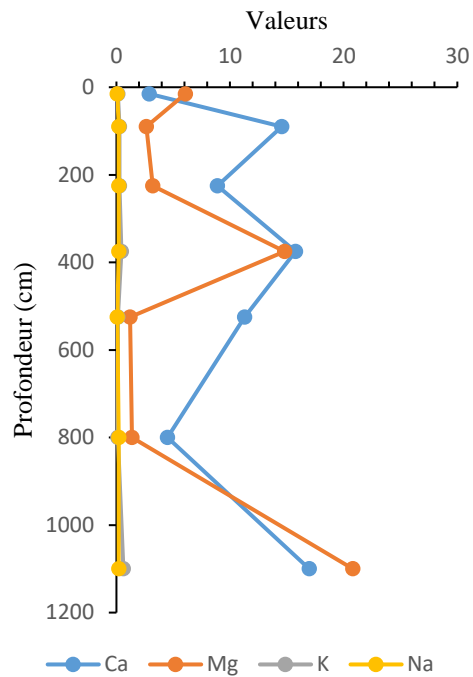
Les résultats obtenus montrent que la capacité d'échange cationique varie entre 10,8mécq/100 et 44,24 méq/100 et est plus élevée dans l'horizon de surface et dans l'ensemble augmente globalement de la surface vers la base du profil (Fig. 21).



**Figure 21.** Evolution de CEC ou T dans le profil de sol.

## II.7 Bases échangeables

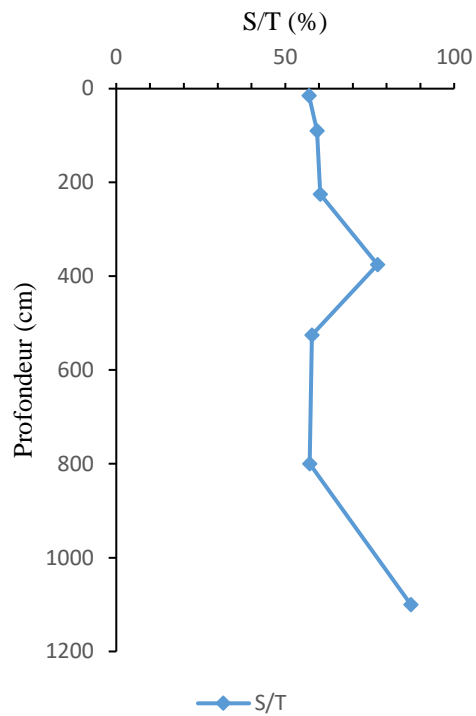
Les bases échangeables sont dominées dans le profil par le calcium (2,88 à 19,96 még/100g) et le magnésium (1,2 à 20,8 még/100g) (Tab. 4). Ces teneurs augmentent globalement de la surface vers la profondeur du profil (Fig. 22). Les ions potassium ( $K^+$ ) varient de 0,13 à 0,61még/100g et augmentent globalement avec la profondeur. Les ions  $Na^+$  quant à eux varient très peu dans le profil et sont compris entre 0,08 et 0,20 még/100g (Fig. 22).



**Figure 22.** Evolution des bases échangeables dans le profil de sol.

## II.8 Taux de saturation

Le taux de saturation désigne le ratio entre la somme des bases échangeables notée S et la capacité d'échange cationique notée T ou CEC, ou encore c'est la proportion de cations basiques qui sont adsorbés sur les colloïdes. Sa teneur dans le sol étudié varie entre 57,02 et 87,18 méq /100g (Tab. 4). Elle augmente globalement de la surface vers la profondeur dans l'ensemble du profil (Fig. 23).



**Figure 23.** Evolution de S/T dans le profil de sol.

Au regard des résultats obtenus, il en ressort que la profondeur des profils est de 1200cm. Sur la base de la couleur, les deux profils présentent sept horizons chacun. L'analyse granulométrique a mis en exergue des sols à texture limono-argilo-sableux en surface à argile lourde en profondeur. Ce sont des sols neutres à moyennement alcalin avec une capacité d'échange cationique moyenne à très forte. Ces sols sont caractérisés par un rapport C/N très bas à très élevé traduisant une mauvaise minéralisation de la matière organique et de l'azote.

## **CHAPITRE 5 : DISCUSSION ET ESSAI D'INTERPRETATION**

Ce chapitre présente les discussions et interprétations des différents résultats morphologiques et physico-chimiques obtenus pour les sols développés sur grès dans le bassin de Babouri-Figuil. La première partie est consacrée aux caractères des sols formés sur grès, la deuxième permet de comparer les sols formés sur grès étudiés de Babouri-Figuil avec ceux des autres régions.

### **I. Pétrographie de la roche**

Les grès observés et étudiés dans le bassin de Babouri-Figuil sont les faciès les plus dominant dans la région de Babouri-Figuil. Ils sont issus des dépôts de sable provenant directement d'un flux en suspension (Miall 1996 ; 2010) ou des dépôts rapides de sables directement d'un courant de suspension turbulent (Lowe, 1982). Ces différents grès présentent différents aspects ; du point de macroscopique des grès grossiers et des grès fins. Ils présentent une couleur gris clair à gris sombre, présentant des litages pour certains grès fins et ceux grossiers montrent certains minéraux reconnaissables tels que le quartz et des feldspaths et la réaction au test HCl est positif pour certains. Des observations similaires ont été faite par Bitakette (2014) et Touotsap (2015) qui ont observé des grès présentant un litage, des tests positifs au test au HCl et des minéraux identiques visibles à l'œil nu lors de leur travail dans le même bassin.

Sur le plan microscopique, les minéraux observés sont le quartz, les feldspaths, les muscovites et des minéraux opaques. Des minéraux identiques ont également été observés par plusieurs dans ce même bassin de Babouri-Figuil (Fosso,2018 ; Chougong, 2014 ; Gatsi 2014).

### **II. Caractères généraux des sols étudiés**

#### **II.1. Caractères morphologiques**

Les sols étudiés se distinguent par leur couleur, leur épaisseur et leur profil type. Les sols étudiés sont de type ABC à différenciation marquée par la couleur. L'ensemble des couleurs dominante des horizons différenciés sont brun et brun jaunâtre avec des gammes qui varient de 7,5YR a 10YR. Cette couleur brune est due à la teinte prise par les argiles complexées avec les oxydes de fer hydratés (AFES, 2008). Cette gamme est caractéristique des sols ferrugineux tropicaux du Nord Cameroun (Brabant et Gavaud, 1985).

Les sols étudiés ont une épaisseur de 1200cm. cette épaisseur élevée de ces sols résulterait d'une topographie plus basse par rapport à la géomorphologie de la zone d'étude. Les sols de la zone d'étude sont différents de ceux étudiés sur des matériaux similaires à Madagascar (Nalovic, 1969, Nalovic et *al.*, 1970) qui ont rencontré des profils ayant des basses épaisseurs. Ceci pourrait s'expliquer non seulement par les mécanismes d'altération de la roche-mère peu résistant à l'altération (Goldish, 1938).

## **II.2. Caractères physico-chimiques**

Parmi, les caractères physico-chimiques les plus marquants des sols étudiés, on peut noter la texture, le pH, la matière organique, la capacité d'échange cationique et les bases échangeable.

La texture des sols étudiés est limono-argilo-sableux à argile lourde avec des proportions comprises entre 16 et 65 % d'argile contre 5,5 et 55,5 %, et 28,5 et 36,5 % respectivement pour les teneurs en limon et en sable. Des résultats similaires ont été obtenus sur des sols ferrallitiques formés sur grès à galet de quartz au Burkina Faso (Kissou, 2002) et sur sols ferrugineux tropicaux à Madagascar (Nalovic, 1969). Ce mélange de particules fines (limons, argiles et sables) pourrait favoriser une perméabilité et une porosité dans le profil.

Le pH des sols étudiés varie de 7,2 à 8,4 d'après le memento de l'agronome (1993), ces valeurs sont neutres à moyennement alcalin. Ces résultats sont différents de ceux obtenus sur matériaux gréseux à Madagascar (Nalovic, 1969) et sur grès quartzeux dans le Nord Cameroun (Brabant et Gavaud, 1985) qui ont obtenu des pH moyennement acide. L'alcalinité de ces sols serait tributaire d'une concentration élevée en carbonate de calcium, souvent associée au carbonate de magnésium (Brady et Weil, 2008). Il y aura un impact sur l'évolution des plantes, notamment la perte et /ou la fixation de l'azote, la réduction de la solubilité, la disponibilité du phosphore et du potassium (Brady et Weil 2008). En effet, tous les éléments du sol sont plus assimilables à des pH qui s'approchent de la neutralité (Memento de l'agronome, 1993).

Les proportions en carbone organique obtenues dans les différents horizons varient de 0,09 à 2,20%. D'après Euroconsult (1989), ces valeurs en carbone organique sont très basses à moyens dans le profil, conférant aux sols des teneurs très basses à moyennes en matière organique (0,15 à 3,79 %). Ces résultats sont similaires à ceux obtenues sur les sols

ferrugineux sur grès de la Bénoué (Martin, 1962) et sur les sols ferrugineux tropicaux sur calcaire de Madagascar (Nalovic, 1969).

D'après Euroconsult (1989), le taux d'azote est très bas dans le profil (0,01 à 0,09 %). Ce qui est similaire aux travaux de Kissou et al. (2014) et Traoré et al. (2015) avec des valeurs de 0,02% et 0,09% respectivement. Cette faible teneur en azote est tributaire d'une part à la faible proportion en matière organique qui constitue la principale réserve en azote (Scheiner, 2005) et à la présence des pH alcalin (Brady et Weil, 2008). Un apport en matière organique et en engrais azoté au sol paraît important pour ressourcer le sol en cet élément. Ceci peut être confirmé le rapport C/N compris entre 2 et 46% dans le profil. Cette teneur élevée traduisant une mauvaise minéralisation de la matière organique et surtout de l'azote (Duchaufour, 1988).

Les bases échangeables sont des cations métalliques ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ). D'après les normes d'interprétation du Mémento de l'agronome (1993), la somme des bases échangeables (S) est moyen à très fort dans tout le profil (6,18 à 38,57) et est dominée par le calcium et le magnésium. Ceci pourrait être liée à la nature de la roche et justifierait le caractère alcalin de ces sols (Meyim, 2000).

La capacité d'échange cationique varie de 10,8 à 44,24 méq/100g. D'après le mémento de l'agronome (1993), ces valeurs sont moyennes à très fortes et seraient dues à des concentrations élevées de carbonates de calcium (Brady et Weil 2008). Les résultats obtenus ne confirment pas ceux déterminés sur sols formés sur grès quartzeux dans le Nord Cameroun (Brabant et Gavaud, 1985) et similaires à ceux obtenus sur des sols ferrugineux tropicaux formés sur roche basique à Madagascar (Nalovic, 1969).

Le taux de saturation varie entre 57,02 et 87,18 % et apparaît moyen à fort dans le profil. Ces teneurs sont sensiblement égales à celles trouvées sur les sols ferrugineux tropicaux sur grès de Madagascar avec un taux de saturation de 60 à 96% (Novice, 1969).

### **III. Essai de classification et comparaison des sols étudiés et ceux d'autres régions : influence du climat et de la roche mère.**

#### **III.1. Essai de classification des sols étudiés**

La classification des sols est basée sur des caractéristiques de sol définies en termes d'horizons diagnostiques, propriétés diagnostiques et matériaux diagnostiques, qui doivent

autant que possible être mesurables et observables sur le terrain. Elle vise la disposition systématique des sols en groupes ou catégories en fonction de leurs caractéristiques (Soil Survey Staff, 1975).

Il est à noter que de nombreux systèmes de classification des sols existent et le système utilisé ici est la World Reference Base for Soil Resources (WRB) pour les ressources en sols (WRB, 2015). Selon ce système, la classification se fait en trois étapes : d'abord l'identification des horizons, propriétés et matériaux diagnostiques, ensuite l'attribution du sol à un groupe de sols de référence et enfin, l'attribution des qualificatifs.

Suite aux différentes observations et des différentes analyses physico-chimiques faites en laboratoire, les sols étudiés montrent une augmentation du taux d'argile, des actions échangeables, de la capacité d'échange cationique (CEC) et du taux de saturation dans l'horizon Bt, et la présence d'éléments quartzeux, grossiers à la base des horizons A ou au sommet des horizons B caractéristiques des Luvisols. Ces Luvisols correspondant aux sols ferrugineux tropicaux (CPCS, 1967) ou ferroginosols d'après le référentiel pédologique (2008). Des travaux similaires ont été observés sur la classification des sols ferrugineux tropicaux (Brabant et Humbel, 1974 ; Duchaufour, 1983).

### **III.2. Comparaison des sols étudiés et ceux d'autres régions : influence du climat et de la roche mère**

Le tableau 5 présente les caractéristiques générales des sols étudiés à Babouri-Figuil dans le Nord Cameroun en zone intertropicale dans des conditions généralement identiques des autres sols étudiés à l'exception du climat et de la roche mère. La comparaison de ces données permet de dégager l'influence du climat et de la roche mère.

#### **III.2.1. Influence du climat**

Le climat, défini principalement par la pluviométrie et la température, est un facteur indispensable à la formation des sols. Dans la zone d'étude, il est de type soudano-sahélienne à deux saisons contrastées avec une pluviométrie et une température annuelle de 809,3mm et 28°C respectivement. La pluviométrie apporte l'eau indispensable aux processus d'hydrolyse. Donc, plus les précipitations sont élevées, plus l'hydrolyse est importante (Duchaufour, 1988). Plus, il y a migration notable des bases en solution, on observe une grande dynamique et production d'argile dans le sol. Ceci explique la teneur élevée en éléments fins notamment des argiles et des limons dans les sols étudiés. Ceci serait probablement dû à la position de la

toposéquence située en bordure du Mayo Louti. C'est donc le climat qui est à l'origine de l'épaississement du profil et des différenciations des horizons observés dans ces sols (Strakhov, 1967 ; Brabant, 1968 ; Sieffermann ,1973 ; Boyer, 1978).

### **III.2.2. Influence de la roche mère**

Pour mieux appréhender l'influence de la roche-mère sur la formation des sols, il est important de rappeler le terme "altération" qui désigne, l'ensemble des modifications qui font qu'un minéral se transforme en un autre sous l'influence des facteurs climatiques et biologiques à la surface de l'écorce terrestre (Duchauffour, 1983). En comparant des sols formés dans des conditions générales similaires, mais sur des roches-mères de nature différente, certains paramètres apparaissent également modifiés. C'est ainsi que l'on peut comparer les sols ferrugineux sur granite de Garoua à ceux sur grès de Babouri-Figuil. Il apparaît que ceux sur grès ont des épaisseurs largement supérieures à ceux sur granite (1200cm contre 200cm). Cette épaisseur plus élevée serait due à la nature de la roche-mère et probablement au temps d'évolution des sols relativement plus vieux que sur ceux sur granite

On observe également un pH plus élevée (7,2-8,4) contre un pH acide (5,8-6,6) des sols formés sur granite (Brabant et Gavaud, 1985). Ce pH basique serait en relation avec la concentration élevée en carbonate de calcium, souvent associé au carbonate de magnésium (Brady et Weil, 2008).

**Tableau 5.** Comparaison des sols étudiés et ceux d'autres régions

Régions		Babouri-Figuil ( nord Cameroun)	Garoua ( Nord Cameroun)	Manja (Madagascar)	Bobo-Dioulasso (Burkina –Faso)	Garoua (Nord Cameroun)
Climat	Type	Soudano-sahélienne a deux saisons	Soudano- sahélienne à deux saisons	Tropical sec a deux saisons	Sud – soudanien a deux saisons	Soudano- sahélienne à deux saisons
	P(mm)	809,3	1038,4	720	1047	1038,4
	T°C	28	26,1	24,5	24	26
Roche mère		Grès	Grès quartzeux	Grès	Grès	Granite
Végétation		Savane arbustive et arborée	Savane arborée	Savane	Savane boisée, arborée, et arbustive	Savane arborée
Epaisseur ( cm)		1200	80	250	210	155
Organisation		ABC	ABC ou ABR	ABR	ABC	ABC
Couleur		Brun a brun jaunâtre	Gris clair	Brun rouge a rouge	Brun a rouge	Brun jaunâtre
Classification		Sol ferrugineux tropicaux	Sol ferrugineux tropicaux	Sol ferrugineux tropicaux	Sol ferrallitiques	Sol ferrugineux tropicaux
Texture		LAS, AA	S,SA	S	LAS	AS
pH		7,2-8,4	5,5-7	5,6-6	5,50-6,70	5,8-6,6
S (meq /100g)		6,18-38,57	3	Bien pourvu	1,16-2,86	05-14
T ou CEC (meq/100g)		10,8-44,24	05-07	07-13	1,16-2,86	05-15
Mo (%)		0,15-3,8	0,8-1,2	1%	1,48	0,8-2,8

## CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Le présent travail, basé sur l'étude des sols formés sur grès en milieu tropical sec, avait pour but d'étudier les caractéristiques morphologiques et physico-chimiques de ces sols puis, de dégager l'influence du climat et de la roche mère sur ces caractères. L'étude a nécessité l'observation des lames minces de roches et la description de deux profils le long d'une toposéquence, suivie en laboratoire des analyses physico-chimiques des échantillons des sols. Les principaux résultats obtenus montrent que :

Sur le plan pétrographique, les grès affleurent sous forme de bloc en bordure et dans le lit du cours d'eau. Leurs observations macro et microscopiques ont révélé un cortège minéralogique constitué de quartz, muscovite, plagioclases, des minéraux opaques. Ces minéraux sont assemblés par un ciment de nature calcitique ou argilo-ferrugineux.

Du point de vue morphologique, deux profils ont été identifiés suivant une toposéquence. Les descriptions ont mis en évidence des sols avec des épaisseurs de 12m et organisés en cinq (05) horizons avec une coloration d'ensemble brunâtre dans la gamme 7,5YR à 10YR. Ces horizons présentent des textures limoneux-argilo-sableux en surface à argile lourde en profondeur.

Sur le plan physico-chimique, les sols étudiés sont caractérisés par une texture fine avec des taux compris entre 16 et 65% d'argile contre 5,5 et 55,5 % de limon et 28,5 et 36,5 % de sable. Le pH est neutre en surface à moyennement alcalin en profondeur (7,2 à 8,4) avec des teneurs en matières organiques très basse à moyen (0,15 à 3,79%) et un taux en azote (0,01 et 0,09%) relativement très faible. La somme de bases échangeables est élevée et dominée par le magnésium et le calcium. La capacité d'échange cationique est moyenne à très forte.

En comparant les sols étudiés avec ceux d'autres régions intertropicales formés sur des roches différentes et identiques et dans les conditions climatiques différentes, il en ressort que le climat a une influence sur la teneur en argile, donc sur la texture. La roche-mère quant à elle influence sur la différenciation des profils pédologiques et le pH.

En perspective , le travail mené doit être complété par des études minéralogiques et géochimiques dans le but de déterminer les minéraux constitutifs, les teneurs en éléments majeurs, traces et terres rares en vue d'étudier leur genèse. Aussi, une étude plus détaillée et approfondie des caractéristiques morpho-pédologiques et physicochimiques doit être complétée afin de dégager les potentialités agronomiques de ces sols.

## BIBLIOGRAPHIE

- Bagnouls, F., Gaussen, H., 1957.** Les climats biologiques et leur classification. Annales de Géographie, 66<sup>e</sup> année, 335 : 193-220.
- Batupe, M., Abolo, G. M., Loule, J.P., Angoua, S. E., Ndjeng, E. 1997.** Guide-
- Bekoa, E., 1994.** Etude pétrologique et géochimique d'une couverture pédologique sur gneiss en zone forestière de l'extrême Sud- Cameroun : relation avec la dynamique du fer. Th. Doct. 3<sup>ème</sup> cycle, Univ. Yaoundé I, 187p.
- Bénoué, implications paléogéographiques. Actes Colloques Angers 1994, 145-173, 5 fig., 4 pl., *Pau. June 29*. ISSN : 0181-0901, - ISBN : 2-901026-419.
- Bessong, M., 2012.** Paléoenvironnements et diagenèse dans un réservoir gréseux d'âge crétacé du fossé de la Bénoué au Nord Cameroun : les grès de Garoua. *Thèse de Doctorat*,
- Betremieux, R., 1949.** Les sols du moyen logone et de la zone de capture. *Bul.agri. congo belge* 193-208.
- Bilong, P., 1998.** Genèse et développement des sols ferrallitiques sur syénite alcaline potassique en milieu forestier du Centre-sud Cameroun. Comparaison avec les sols ferrallitiques développés sur roches basiques. Th. Doct. Sci. Nat., Univ. Yaoundé I, 367p.
- book field trip ≠ Mesozoic synrift deposits of the Campo Region in the Douala/Kribi-Campo basin. / Livret guide pour l'excursion du grand Nord-Cameroun. 13<sup>ème</sup> colloque Africain de micropaléontologie, 3<sup>ème</sup> colloque de stratigraphie et de paléogéographie de l'Atlantique Sud, 2<sup>ème</sup> réunion annuelle du projet PICG, n°381, 66p.
- Boyer, J., 1978.** Calcium et magnésium dans les sols des régions tropicales humides et subhumides. *Initiation-doc. tech. (35)*, ORSTOM, ISBN: 2.7099-0494-2, 173p.
- Brabant, P., Gavaud, M., 1985.** Les sols et les ressources en terres du Nord-Cameroun (province du Nord et de l'Extrême-Nord). 46 cartes, ORSTOM-MESRES-IRA., Paris, 103, 285p.

- Brabant, P., Humbel. F. X., 1974.** Notice explicative N°51. Carte pédologique du Cameroun poli à 1/200000. Section de pédologie Yaoundé.
- Brady, N. C., Weil, R. R., 2008.** The nature and properties of soils. 14 ed. Pearson-Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. 990 PP. ISBN: 13-978-0-13-227938-3.
- Brunet, M., Coppens, Y., Dejax, J., Flynn, L., Heintz, E., Hell, J., Jacobs, L., Jehenne, Y., Mouchelin, G., Pilbeam, D., et Sudre, J., 1990.** Nouveaux mammifères du Crétacé inférieur du Cameroun, Afrique de l'Ouest. *C.R Acad. Sci. Paris*, 310, Sér. II, 1139-1146.
- Burke, K., Dessauvage, T., Whiteman, A., 1970.** Geological history of the valley and adjacent areas. In: Dessauvage T., Whiteman A (ed.), *African Geology, Ibadan University*
- Chougong Tchatchouang, D., 2014.** Etude sédimentologique et paleo-environnementale suivant la coupe du Mayo Tafal dans le bassin de Babouri-Figuil, nord-Cameroun. Mem, Fac., Univ. Yaoundé I, 52p.
- Colin, J.P., Brunet, M., Congleton J.D., Dejax, J., Flynn, L. J., 1992.** Ostracodes lacustres des bassins d'âge crétacé inférieur du Nord Cameroun : Hamakoussou, Koum et Babouri Figuil. *Revue paleobiol.*, 11, 2, 357-372.
- CPCS, 1967.** Classification des sols. Labo.Géolo. Pédolo. E.N.S.A. Grignon. France. Miméo, 87 p.
- Dejax, J., Brunet, M., 1996.** Les flores fossiles du bassin d'Hama-koussou, Crétacé inférieur du Nord-Cameroun : corrélations biostratigraphiques avec le fossé de la Bénoué, implications paléogéographiques. Actes Colloques Angers 1994, 145-173, 5 fig., 4 pl., Pau. June 29. ISSN : 0181-0901, - ISBN : 2-901026-419.
- Dejax, J., Michard, J. G., Brunet, M., Hell, J., 1989.** Empreintes de pas de Dinosauriens datées du Crétacé inférieur dans le bassin de Babouri-Figuil (fossé de la Bénoué, Cameroun).
- Delaunois, 2006.** Guide simplifié pour la description des sols. Chambre d'agriculture du Tarn, 200 p.

- Duchaufour, Ph., 1983.** Pédogenèse et classification des sols. 2<sup>e</sup>édition. Masson, Paris – New-York Barcelone - Milan, 491p.
- Duchaufour, Ph., 1988.** Pédogenèse et classification des sols. 2<sup>e</sup>édition revue et complétée avec 2 planches couleurs. Masson, Paris Milan Barcelone Mexico, 224p.
- Dudal R., 1967.** Sols argileux foncés des régions tropicales et sub-tropicales. Coll. F.A.O., Cah. N°83, 172 p.
- Ebot Manga, V., 2009.** Geochemistry and minéralogy of soils developed along a toposequence of Mt Cameroon, West African. Th. Doct. Ph/D Univ. Buea, 251 p.
- Ekodeck, G.E., 1984.** L'altération des roches métamorphiques du Sud Cameroun et ses aspects géotechniques. Th. Doct. d'Etat ès Sci. Nat. IRIGM, Univ. Scientif. et Médic., Grenoble I, France, 368 p.
- Euroconsult, 1989.** Agricultural compendium. For rural développement in the tropics and subtropics. Ed. Euroconsult, 740 p.
- Fosso Menkem, E., 2018.** Evolution tectono-sédimentaire et paleoenvironnement des Bassins crétacés de Babouri-Figuil et Mayo Oulo-Lere (Nord- Cameroun). Thèse de doctorat / Ph.D, Fac. Sci., Univ. Yaoundé I, 233 p.
- Gatsi Chounna, G.V.T., 2015.** Sédimentologie et paléoenvironnement des corps sédimentaires du bassin de Babouri-Figuil (selon la coupe du Mayo Figuil). Mem, Fac. Sci., Univ. Yaoundé I, 50p.
- Gobat, J.M., Aragno, M., Matthey, W., 2003.** Le sol vivant- Bases de pédologie, biologie des sols. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 568p.
- Goldich, S.S., 1938.** A study on rock weathering. J. Geol., 44, 17-58.
- Jamagne, M., 1967.** Bases et techniques d'une cartographie des sols. Ann. Agr., (18), n° hors-séries, INRA, Versailles, 271- 414.
- Kissou, R., 2002.** La base mondiale de donnees sur les sols, avantages et faiblesses pour la connaissance et l'utilisation des milieux edatiques au Burkina Faso, 115p.

- Kissou, R., Traore, E., Gnakambary, Z., Nacro, H. B., Sedogo, MP., 2014.** Connaissance endogène de la classification et de la fertilité des sols en zone Sud Soudanienne du Burkina Faso. *Vertigo*, 14 (1) 17p, Doi : 10.4000/vertigo. 14616.
- Koch, P., 1959.** Carte géologique de reconnaissance à l'échelle du 1/500 000. Notice explicative sur la feuille Garoua-Ouest. *Direction des Mines et de la Géologie du Cameroun (éd), Yaoundé*, 48p.
- Letouzey, R., 1985.** Carte phytogéographique du Cameroun au 1 : 500 000. Institut nationale agronomique, Institut de la carte internationale de la végétation, Yaoundé-Toulouse.
- Lowe, D.R., 1982.** Sediment gravity flows: II. Depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents. *Journal of Sedimentary Petrology*, 52, 279–297.
- Martin, D., 1962.** Sols ferrugineux tropicaux lessivés : reconnaissance pédologique dans le département de la Bénoué. I.R.CAM., 128p.
- Meyim dayombo, S.L., 2000.** Effet de diverses jachères sur l'évolution de la fertilité d'un sol ferrallitique des environs de Yaoundé (Cameroun). Application à l'évaluation des terres pour les principales cultures pratiquées dans la région : Arachide, Banane plantain, Maïs, Manioc. *Mém. D.E.A. Fac.Sci. Univ. Yaoundé I*, 60 p.
- Miall, A. D., 2010.** The geology of stratigraphic sequences. Second edition: Springer-Verlag, Berlin, 522p.
- Miall, A.D., 1996.** The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis, and Petroleum Geology. Springer-Verlag, 582 p.
- Munsell Color, Ed., 2009.** The Munsell Soil Color Charts with genuine Munsell color chips. Revised edition. *Florida.N. Jb. Geol. Palaeont. Abh.*, 178, 85-108.
- Nalovic, L., 1969.** Etude spectrométrique des éléments traces et leur distribution dans quelques types de sols de Madagascar. *Cab. O.R.S.T.O.M., ser. Pedol., vol. VII, n° 2*
- Nalovic, L., Pinta, M., 1970.** Recherches sur les éléments traces dans les sols tropicaux : étude de quelques sols du Cameroun. *Geoderma - Elsevier Publishing Company*, 3, 117-132.

- Ngako, V., 1986.** Evolution métamorphique et structurale de la bordure sud-ouest de la série de Poli, segment camerounais de la chaîne panafricaine. Doctorat de 3<sup>ème</sup> Cycle, Centre américain d'études structurales des socles, Rennes (France), 185 p.
- Ngako, V., 1999.** Les Déformations Continentales Panafricaines en Afrique Centrale : Résultat d'un Poinçonnement de Type Himalayen. Thèse de Doctorat d'Etat, University of Yaoundé I, 301 p.
- Ndjigui, P.-D., Badinane, M.F.B., Nyeck, B., Nandjip, H.P.K., Bilong, P., 2013.** Mineralogical and geochemical features of the coarse sapolite developed on orthogneiss in the SW of Yaoundé, South Cameroon. *J. Afr. Earth Sci.*, 79, 125-142.
- Ndjeng, E., 1992.** Etudes de la sédimentation et du modèle géodynamique de deux bassins du Crétacé inférieur du Cameroun : Babouri-Figuil et Mayo Oulo-Léré. *Thèse Doctorat ès*
- Ndjeng, E., Brunet, M., 1998.** Modèles d'évolution géodynamique de deux bassins de l'Hauterivien-Barrémien du Nord-Cameroun : Les bassins de Babouri-Figuil et du Mayo Oulo-Léré (Fossé de la Bénoué). *GEOCAM*, presse Univ. Yaoundé I, 163-165.
- Ndome Effoudou, P. E., 2010.** Minéralogie, géochimie et applications géotechniques des produits d'altération sur roches sédimentaires de Douala. Th. Doc. Ph. D Fac. Sc. Univ. Yaoundé I, 210p.
- Nguetnkam, J.P., Yongeu Fouateu, R., Bitom, D., Bilong, P., Volkoff, B., 2006.** Etude pétrologique d'une formation latéritique sur granite en milieu tropical forestier Sud-Cameroun (Afrique central) : mise en évidence de son caractère polyphasé. *Etude et gestion des sols*, 13 (2), 89-102.
- Nyangono Abolo, A., 2017.** Evaluation du potentiel pétrolier du Bassin de Babouri-Figuil qui appartient aux bassins intracontinentaux du septentrion Camerounais et l'estimation des réserves de schistes bitumineux en place dans le Bassin de Babouri-Figuil. Ph/D Univ. Yaoundé, 267p.
- Nyeck, B., 2005.** Organisation de la couverture ferrallitique du bassin versant de Nsimi-Zoétété dans le plateau Sud camerounais forestier d'Afrique centrale : rôle de l'espace poral et de la dynamique hydrique dans sa transformation. Th. Doct. Etat, Fac. Sci. Univ. Yaoundé I (Cameroun), 434p.

- Nzenti, J. P., Bertrand, J. M., Macaudière, J., 1992.** La chaîne panafricaine au Cameroun : cherchons une suture et modèle. In S.G.F. Edition 15<sup>e</sup> Réunion des Sciences de la terre, Nancy, France, 99 p.
- Ossah Nna, H., 1976.** L'altération des roches volcaniques dans les mmonts Bamenda, Cameroun : Géologie, Minéralogie, Géochimie. Th. Doct. 3<sup>ème</sup> Cycle, Univ. Paris VI, 109p.
- Pauwels, J.M., Van Ranst, E., Verloo, M., Mvondo Ze, A., 1992.** Manuel de laboratoire de pédologie. Méthodes d'analyses de sols et de plantes, Equipement, Gestion de Stocks de Verrerie et de Produits Chimiques. Publication Agricoles-28. Administration Générale de la Coopération au Développement. Bruxelles. 255 p.
- Penaye, J., Toteu, S.F., Tchameni, R., Van Schmus, W.R., Tchakounté, J., Ganwa, A., Minyem, D., Nsifa, E.N., 2004.** The 2.1 Ga West Central African belt in Cameroun: extension and evolution. Journal of African Earth Sciences 39, 159 – 164.
- Porteres, R., 1948.** Esquisse géologique et agro pédologiques des hauts plateaux de Dschang-Foumban au Cameroun français. Agron. Trop., 153-173.
- Roch, E., 1953.** Itinéraires géologiques dans le Nord du Cameroun et le Sud-Ouest du territoire du Tchad. Bull. serv. Mines Cameroun. 1, 1-110.
- Scheiner, J.D., 2005.** Spéciation du Carbone, d'azote et du Phosphore de différentes boues de stations d'épuration au cours de leurs incubations contrôlées dans deux types de sol. Thèse de Doctorat. Institut National Polytechnique de Toulouse, 218p.
- Schwoerer, P., 1965.** Carte de reconnaissance à l'échelle du 1/500 000. Notice explicative sur la feuille Garoua-Est. Direction des Mines et de la Géologie du Cameroun (éd) Yaoundé, 49 p. Sciences. Univ. Yaoundé, 311p.
- Segalen, P., 1967.** Les sols et la géomorphologie du Cameroun. Cah.ORSTOM, sér.Pédol., 2, 137-187.
- Segalen P., Martin D., 1966.** Carte pédologique du Cameroun Oriental à l'échelle de 1/1 000 000. Serv.ORSTOM.

- Sieffermann, G., 1973.** Les sols de quelques regions volcaniques du Cameroun, variation pédologique et minéralogiques du milieu équatorial au milieu tropical. Mém. ORSTOM 66, Paris, 183p.
- Sieffermann, G., 1973.** Les sols de quelques régions volcaniques du Cameroun : Variations pédologiques et minéralogiques du milieu équatorial au milieu tropical. Mémoires ORSTOM (66), 51-150.
- Soil Survey, Staff., 1975.** Soil Taxonomy. A basic system of classification for making and interpreting soil surveys. USDA Soil Conservation Service. Agriculture Handbook No. 436, USA.
- Strakhov, N. M., 1967.** Principles of lithogenesis. Oliver and Boyd. London, (1), 131.
- Suchel, J.B., 1987.** Les climats du Cameroun. Th. Doc. D'Etat, Uni. Bordeaux III, 1186p.
- Tchameni, R., Pouclet, A., Penaye, J., Ganwa, A., Toteu, S.F., 2006.** Petrography and geochemistry of the Ngaoundéré Pan-African granitoids in central north Cameroon: Implications for their sources and geological setting. *J. Afr. Earth Sci.*, 44, 511-529.
- Tillement, B., 1971.** Hydrogéologie du Cameroun. *Bull. Dir. Mines. Géol. Cameroun*, 5, 294 p.
- Toteu, S.F., Penaye, J., Deloule, E., Van Schmus, W.R., Tchameni, R., 2006.** Diachronous evolution of volcano-sedimentary basins north of the Congo craton: Insights from U-Pb ion microprobe dating of Zircons from Poli, Lom and Yaoundé Group (Cameroun). *Journal of African Earth Sciences*, 44, 428 - 442.
- Toteu, S.F., Penaye, J., Poudjom Djomani, Y., 2004.** Geodynamic evolution of the Pan-African belt in central Africa with special reference to Cameroon. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 41, 73 – 85.
- Touotsap Kauffmann, W., 2015.** Etude sédimentologique et paléoenvironnementale le long de la coupe du Mayo Sorawel dans le bassin de Babouri-Figuil, Nord-Cameroun. *Mem, Fac. Sci., Univ. Yaoundé I*, 52p.
- Traoré, A., Traoré, K., Bado, B.V., Traoré, O., Nacro, B.H., Sedogo, M.P., 2015.** Effet des précédents culturaux et de différents niveaux d'azote sur la productivité du riz

pluvial strict sur sols ferrugineux tropicaux de la zone soudanaise du Burkina Faso. International Journal of Biological and Chemical Sciences 9/6, 2847-2858.

**Vaillant, A., 1949.** L'érosion du sol dans le massif du mandara. Conf. afriq. Sols 1948, bull.agric.congo belge, 1243-1262.

**Vaillant, A., 1956.** Contribution à l'étude agricole des sols du diamare. Agron.trop, 448-477.

**WRB, 2015.** Base de référence mondiale pour les ressources en sols 2014, Mise à jour 2015. Système international de classification des sols pour nommer les sols et élaborer des légendes de cartes pédologiques. Rapport sur les ressources en sols du monde N° 106. FAO, Rome.

## ANNEXES

### Annexes 1. Normes d'interprétation du pH des sols (Mémento de l'Agronome, 1993)

pH	< 4,5 : extrêmement acide
	4,6 – 5 : très fortement acide
	5,1 – 5,5 : fortement acide
	5,6 – 6 : moyennement acide
	6,1 – 6,5 : faiblement acide
	6,6 – 7,3 : neutre
	7,4 – 7,8 : légèrement alcalin
	7,9 – 8,4 : moyennement alcalin
	8,5 – 9 : fortement alcalin
	> 9,1 : très fortement alcalin

### Annexes 2. Norme d'interprétation des bases échangeables (Mémento de l'Agronome, 1993)

Base échangeable	Très faible	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée
$\text{Ca}^{2+}$	<1.0	1.0 – 2.3	2.3 – 3.5	3.5 – 7.0	>7.0
$\text{Mg}^{2+}$	<0.4	0.4 – 1.0	1.0 – 1.5	1.5 – 3.0	>3.0
$\text{K}^+$	<0.1	0.1 – 0.2	0.2 – 0.4	0.4 – 0.8	>0.8

### Annexes 3. Taux de fertilité relatif au phosphore assimilable d'après Euroconsult (1989)

Taux de fertilité	Méthode Olsen
Très bas	
Bas	0 – 5
Moyen	5 -10
Elevé	10 - 15
Très élevé	15 - 20
Extrêmement élevé	>20

**Annexes 4.** Taux de matière organique et de ses différents constituants d'après Euroconsult (1989)

Taux de fertilité	Matière Organique (%)	Carbone organique (%)	Azote total (%)	C/N
Très bas	<1,0	<0,6	<0,050	<8
Bas	1,0-2,0	0,6-1,25	0,050-0,125	8-10
Moyen	2,1-4,2	1,26-2,50	0,126-0,225	11-15
Elevé	4,3-6,0	2,51-3,50	0,226-0.300	16-25
Très élevé	>6,0	>3,50	>0,300	>25

**Annexes 5.** Norme d'interprétation de la CEC, S et S/T (Mémento de l'agronome, 1993)

Variable/Norme	Très faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte
CEC (meq/100g)	<5	5 - 10	10 - 25	25 - 40	>40
S (meq/100g)	<2	2 - 5	5 - 10	10 - 15	>15
S/T(%)	<15	15 - 40	40 - 60	60 - 90	90 - 100