
Les unités morphostructurales et pédologiques des monts Mandara face à la rétention en eau de surface

Nathalie ANNAVAÏ^{1*}, Anselme WAKPONOU², Moussa IYA³

¹ Université de Maroua, École Normale Supérieure, Département de Géographie, Maroua, Cameroun

² Université de Ngaoundéré, École Normale Supérieure, Département de Géographie, Bertoua, Cameroun

³ Université de Ngaoundéré, Département de Géographie, Ngaoundéré, Cameroun

Received 01 October 2021; Revised 16 December 2021; Accepted 16 December 2021

*Correspondence to: Nathalie ANNAVAÏ, e-mail: nannavai@yahoo.fr

RÉSUMÉ

Les monts Mandara constituent une unité morphologique particulière à l'Ouest de la région de l'Extrême-Nord du Cameroun. Cette singularité par rapport aux plaines bordières est liée à ses spécificités altitudinales, géologiques, géomorphologiques et pédologiques. Semblable à un ensemble de bourrelets rocheux enrochés aux formations superficielles régosoliques et lithosoliques minces et inexistantes par endroit, ce secteur est très souvent appréhendé comme un cadre hostile en matière de conservation d'eau, puisque les populations qui y vivent font face à un problème criard de son indigence en saison sèche. Ce problème d'eau ayant pour fondement les caractéristiques climatiques marquées par des sécheresses, les paramètres morpho-pédologiques caractérisés par la dissection du relief et la porosité des sols y sont très souvent associés. Son altitude surplombe toutes les plaines voisines avec une dénivellation de près de 500 m en moyenne. Cette partie caractérisée par des versants abrupts, des vallées compartimentant l'ensemble du paysage, la topographie à allure curviligne, le substrat rocheux à fleur de surface et des sols très poreux s'avèrent être des limites à la rétention naturelle (sans assistance) en eau de surface. Paradoxalement, grâce à cette forte dissection du relief avec des vallées importantes pour le socle du massif sain, peu recouvert par des altérites perméables et la présence des matériaux de base nécessaires à la construction des barrages, ce secteur pourrait offrir des possibilités d'aménagement de rétention artificielle d'eau de surface nécessaire dans ce milieu marqué par une saison sèche persistante (7 mois). Afin d'atteindre l'objectif qui est de montrer la capacité morphostructurale et pédologique des monts Mandara à retenir de l'eau en surface dans ce milieu semi-aride montagnard à substrat rocheux, la recherche des données secondaires, primaires et des analyses de laboratoire ont été effectuées. À l'issue de ces travaux, il ressort que les facteurs jadis contraignants sans intervention humaine revêtent un aspect positif pouvant se transformer en avantage pour la construction des ouvrages de rétention en eau de surface déjà très présents dans cette partie.

MOTS CLÉS barrage, eau, unité morphostructurale, rétention, pédologique, monts Mandara

ABSTRACT

The Mandara Mountains constitute a particular morphological unit in the west of the Far North region of Cameroon. This uniqueness compared to the border plains is linked to its altitudinal, geological, geomorphological and pedological specificities. Similar to a set of rocky ledges with thin regosolic and lithosolic surface formations that do not exist in places, this sector is very often apprehended as a hostile framework in terms of water conservation, since the populations who live there face a glaring problem of poverty in the dry season. As this water problem is based on the climatic characteristics marked by droughts, the morpho-pedological parameters characterized by the dissection of the relief and the porosity of the soils are very often associated with it. Its altitude overlooks all the neighboring plains with an average drop of nearly 500 m. This part characterized by steep slopes, valleys compartmentalizing the entire landscape, the curvilinear topography, the rocky substratum flush with the surface and very porous soils prove to be limits to natural retention (without assistance) in surface water. Paradoxically, thanks to this strong dissection of the relief with important valleys for the base of the healthy massif, little covered by permeable alterites and the presence of basic materials necessary for the construction of dams, this sector could offer possibilities for the development of artificial retention of surface water necessary in this environment marked by a persistent dry season (7 months). In order to achieve the objective which is to show the morphostructural and pedological capacity of the Mandara Mountains to retain surface water in this semi-arid mountainous environment with rocky substratum, the search for secondary and primary data and laboratory analyzes have been carried out. At the end of this work, it emerges that the previously restrictive factors without human intervention have a positive aspect that can turn into an advantage for the construction of surface water retention structures already very present in this part.

KEYWORDS dam, water, morphostructural unit, retention, pedological, Mandara Mountains

1. Introduction

Les monts Mandara, en raison de leur aspect massif, sont un ensemble découpé en trois unités morphostructurales : les bourrelets bordiers, les plateaux intramontagneux et les piémonts (Fig. 1). Il s'agit de la zone la plus assistée du Cameroun en matière d'aide et de projets de développement, c'est ce qui justifie d'ailleurs la mise sur pied par le Gouvernement de la MIDIMA¹. En fait, l'une des particularités de cet ensemble de hautes terres tient à sa population qui est parmi les plus pauvres, mais aussi l'une des plus denses du Cameroun (Gubry, 1988 ; 3e RGPH, 2010; MIDIMA, 2010).

Cette assistance est liée à de nombreux maux tels que la pauvreté, l'érosion des sols, l'amenuisement des ressources naturelles, l'insuffisance des équipements sociaux de base, le problème de divagation des bêtes et la question de l'accès à l'eau minent les populations de cette zone. De tous ces problèmes sus évoqués, celui de l'accès à l'eau se pose avec acuité ; pourtant ce secteur est le plus

pluvieux de l'Extrême-Nord. Le constat qui est fait dans ce milieu est qu'il y a un réel problème d'indigence en eau en saison sèche. Celui-ci se manifeste par l'accès difficile (longues distances, files d'attente interminables et promiscuité autour des points d'eau), la gestion compliquée de la ressource disponible et mobilisable, la surexploitation et la dispute de l'eau. Cette situation a poussé un riverain à dire que « *l'eau est plus rare à Mokolo² que l'argent* ».

Face à ce souci lié à une ressource incontournable à la survie et au bien-être des populations, de nombreuses stratégies d'adaptation face à ces difficultés d'accès à l'eau se sont développées et se multiplient encore afin de promouvoir le bien-être de la population. Cependant, le problème persiste et s'aggrave avec la population sans cesse croissante. Le climat en général et les paramètres géomorphologiques et pédologiques sont très souvent indexés comme facteurs premiers de cette vulnérabilité en eau (Beau-

¹ Mission de Développement Intégré des monts Mandara

² Ville des monts Mandara, chef-lieu de Département du Mayo-Tsanaga

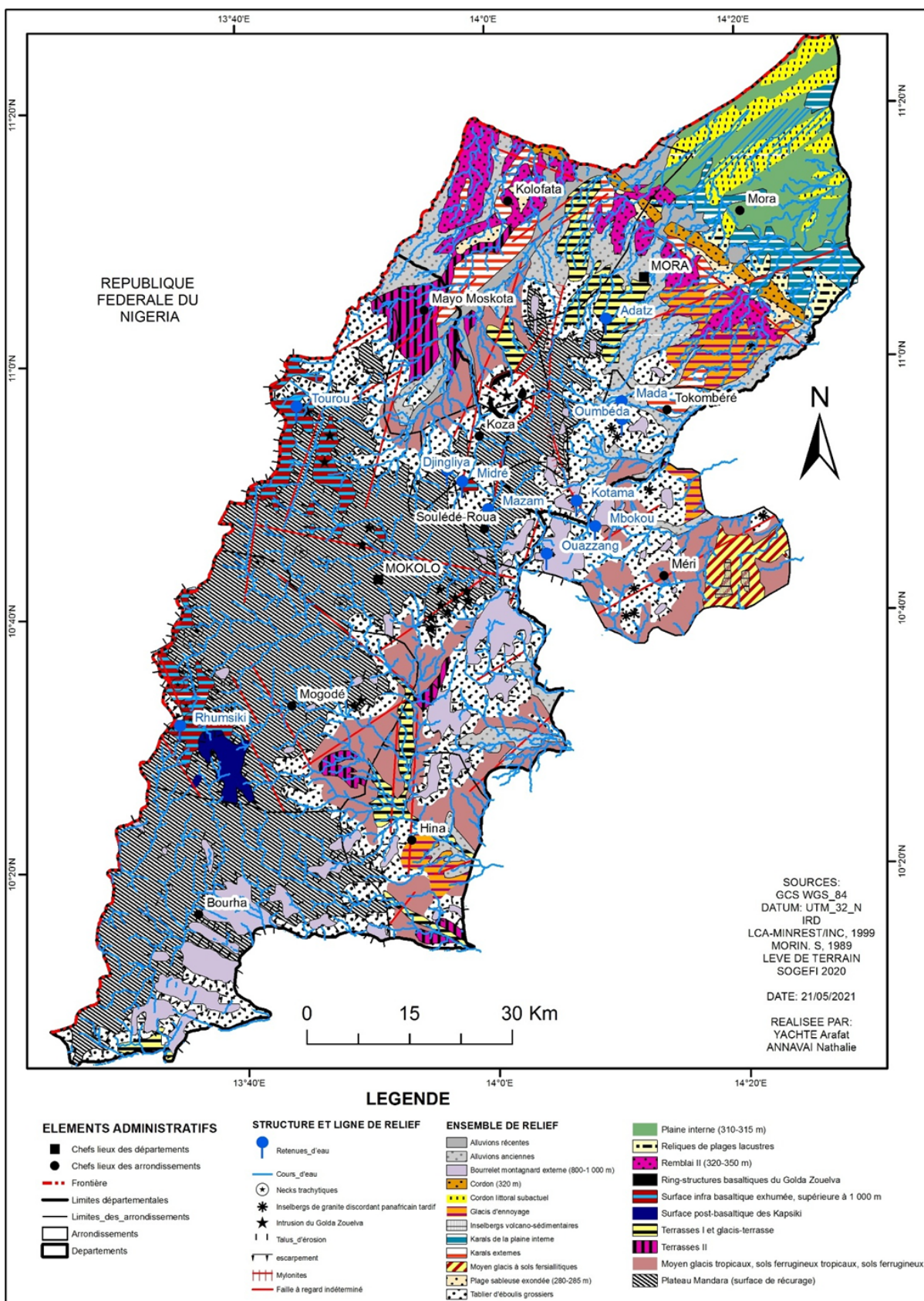


Figure 1 Géomorphologie des monts Mandara

vilain, 1989).

Par ailleurs, certains voient plutôt dans ce type de milieu d'autres avantages pour la valorisation des ouvrages de mobilisation des eaux de surface. Raison pour laquelle, le bureau d'étude français SOGREAH³ en 1976 a dressé une liste des sites de barrages à divers usages dans ce domaine, avec comme objectif de réduire la vulnérabilité naturelle. Cette idée est partagée par bon nombre d'auteurs (Hoogmoed et al., 1991; Critchley et al., 1991 et Wakponou, 2005) qui précisent que la conservation de l'eau dans de milieux pareils passe par la construction de petits barrages dans les vallées et la création des mares qui seront les lieux d'approvisionnement pour les hommes et d'abreuvement pour le bétail en saison sèche lorsque les puits et forages seront asséchés.

À travers ces 2 idées, on comprend qu'en dehors du climat, le relief est l'un des facteurs de vulnérabilité de rétention non assistée en eau de surface dans ce milieu. Toutefois, celui-ci peut se transformer en un avantage si l'on met des aménagements adaptés. Ainsi, il est question de répondre à la préoccupation de savoir : en quoi les caractéristiques géomorphologiques et pédologiques des monts Mandara présentent des avantages en matière de rétention en eau de surface ? Pour répondre à cette question, le présent travail a été structuré en 2 parties. D'une part, il s'agira d'analyser les éléments morphostructuraux favorables à la rétention en eau de surface. D'autre part, il s'agira de ressortir les prédispositions pédologiques qui concourent à la possibilité d'aménagement des ouvrages de rétention d'eau en surface et la description de ceux qui sont existants.

2. Matériels et Méthodes

2.1. Les données secondaires

Les ouvrages, les articles, les communications, les thèses, les mémoires, les rapports et les archives ont été utilisés dans le cadre de ce travail. Nous avons fait recours aux bibliothèques des universités de Ngaoundéré (FALSH), de Maroua (centre de documentation de l'ENS de l'université de Maroua, le

département de climatologie hydrologie et pédologie) et de la MIDIMA.

2.2 Les données primaires

2.2.1 Les observations directes et les levés de terrain

La collecte des informations directes par les observations de terrains a permis de découvrir le milieu naturel, de faire une mise au point sur le nombre de retenues d'eau construites dans les monts Mandara et de faire des levés de terrain pour mieux connaître la répartition spatiale des retenues d'eau.

2.2.2 Les prélèvements des échantillons de sol

Les prélèvements de 12 échantillons de sol pour des analyses de porosité, de la texture et de perméabilité se sont effectués sur les 20 premiers centimètres (horizon A).

2.2.3 Les enquêtes par questionnaire et les entretiens

L'enquête par questionnaire visait essentiellement les ménages. Un échantillon de 250 ménages auxquels le questionnaire a été administré dans 25 localités. Les entretiens avec les agents de la MIDIMA, les chefs de village, les gestionnaires de ces retenues d'eau et d'une vingtaine de focus groups avec la population, ont permis d'avoir des informations générales sur les dates de mise en eau, leurs buts, les volumes et les profondeurs.

2.2.4 Outils de collectes et de traitement des données

Des matériels de collecte (GPS, appareil photo, pelle-bêche, plastiques), les logiciels de traitement de texte (Microsoft Word), de réalisation des graphiques (Microsoft Excel), de réalisation des cartes (QGIS 3.12.3 et global mapper 19), ainsi que la réalisation des profils topographiques (Google Earth) ont été utilisés. Les échantillons ont été analysés à l'IITA de Yaoundé, à la FASA⁴ de Dschang et au Laboratoire de Géographie de l'ENS de Maroua.

3. Résultats

3.1. Les facteurs de prédisposition des sols au ruissellement

3.1.1. Des sols aux minéraux facilement altérables

³ SOciété Grenobloise d'Études et d'Application Hydrauliques

⁴ Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles

Du point de vue structural, les monts Mandara se caractérisent, par un relief plissé, métamorphisé et granitisé depuis les orogénèses précambriennes (Gazel, 1958). Ils s'inclinent du SW vers le NE et du NW vers le SE pour une direction structurale NNE-SSW à N-S ou subméridienne (Wakponou, 2005).

Une structure appartenant à la zone de socle héritée de la tectonique de soulèvement, les monts Mandara sont un ensemble complexe constitué de plateaux centraux, de sommets (collines, petites et moyennes montagnes) et de piémonts (Fig. 1). C'est la rupture des pentes brutales des bourrelets bordiers avec les plaines du pourtour qui lui confère cet aspect d'un ensemble montagneux (Fig. 2). Ces ensembles aussi distincts les uns des autres sont séparés par les escarpements et les talus d'érosion. Les secteurs pouvant être des atouts pour la valorisation des barrages sont les parties sommitales et les plateaux.

Les parties sommitales, encore appelés bourrelets bordiers (Wakponou, 2005), ils sont composés de roches granitiques et volcaniques (Wakponou, op cit) qui entourent les plateaux et dominent les plaines environnantes (Fig. 1). Ces sommets se composent de roches différentes aux altitudes différentes dont les plus hauts sont les hossérés Oupay et Ziver au Nord-Ouest de Mokolo; avec des altitudes respectives de 1492 et 1412 m. Ces parties sommitales aux allures différentes sont des zones au relief marqué avec des pentes abruptes (Fig. 2). Ce relief forme presque un cercle qui entoure les plateaux (Fig. 3).

Les plateaux intramontagneux, situés au cœur des montagnes, d'où leur appellation plateaux intramontagneux, sont constitués des roches métamorphiques (Wakponou, 2005) avec une altitude moyenne de 830 m (Fig. 4). Dans le détail, on y dénombre cinq plateaux. En fonction de l'altitude moyenne, du bas plateau au plus haut plateau, on distingue les plateaux de : Soulédé-Roua (750 m) ; de Bourrah (800 m) ; de Mokolo et de ses environs (800 m) ; Kapsiki (900 m) et de Mabourki (900 m).

Au sud de l'arrondissement de Bourra en passant par Mogodé-Mokolo-Roua en remontant par Kouron, se hisse un relief accidenté avec une altitude maximale de 1 030 m au neck de Rhumsiki et une minimale de 500 m au nord du plateau de Kouron

(Fig. 5). Soit une dénivellation d'environ 530 m. Ces chiffres attestent que nous sommes en présence d'un relief plutôt accidenté. Ces profils en travers des 5 plateaux des monts Mandara (Fig. 4), donnent un aperçu sur la déclivité des terrains constitués de creux et de sailli avec des vallées aux déclivités allant de 100 à 530 m au sein et entre les plateaux. Ces dépressions sont traversées par des mayos dans lesquels se collectent toutes les eaux de précipitation. Ces versants escarpés favoriseraient la rétention en eau de surface qui peut être retenue par une digue grâce à la forte dissection du terrain.

Globalement, le relief de la zone des monts Mandara forme un gigantesque ensemble qui se caractérise par ses aspects massifs en dents de scie. Cet ensemble marqué par des vallées qui entrecoupent ce bombement de socle lui confère un relief accidenté. Ces caractéristiques sont des atouts pour le blocage de l'eau dans les vallées.

La morphologie des monts Mandara se présente d'une manière générale comme une succession de montées et de descentes formant des continuités de vallées. Selon Carrère (1994), « un site de barrage, au sens topographique, se place sur un verrou, resserrement de la vallée situé juste en aval d'une cuvette naturelle susceptible, une fois fermée, de constituer un réservoir de volume suffisant ». Le relief de ce secteur est disséqué par les cours d'eau logés dans des vallées. Ces dernières, aussi nombreuses que diversifiées sont des atouts incontestables pour l'édification des barrages (Fig. 6).

Son relief comprenant de nombreuses vallées, constituent des obstacles naturels et facilitent l'implantation des digues. Ces vallées constituent naturellement des dépressions et des cuvettes pour la rétention des eaux qui devront être barrées par des digues. Ce type d'environnement à site étroit, précédé à l'amont par un élargissement de la vallée se localise partout dans les Monts Mandara (Fig. 7). Les vallées sont semblables aux entonnoirs dans lesquels les eaux se dirigent rapidement vers l'exutoire. En fait, ce type de vallées est idéal pour l'emplacement, économique et nécessite moins de temps et d'effort.

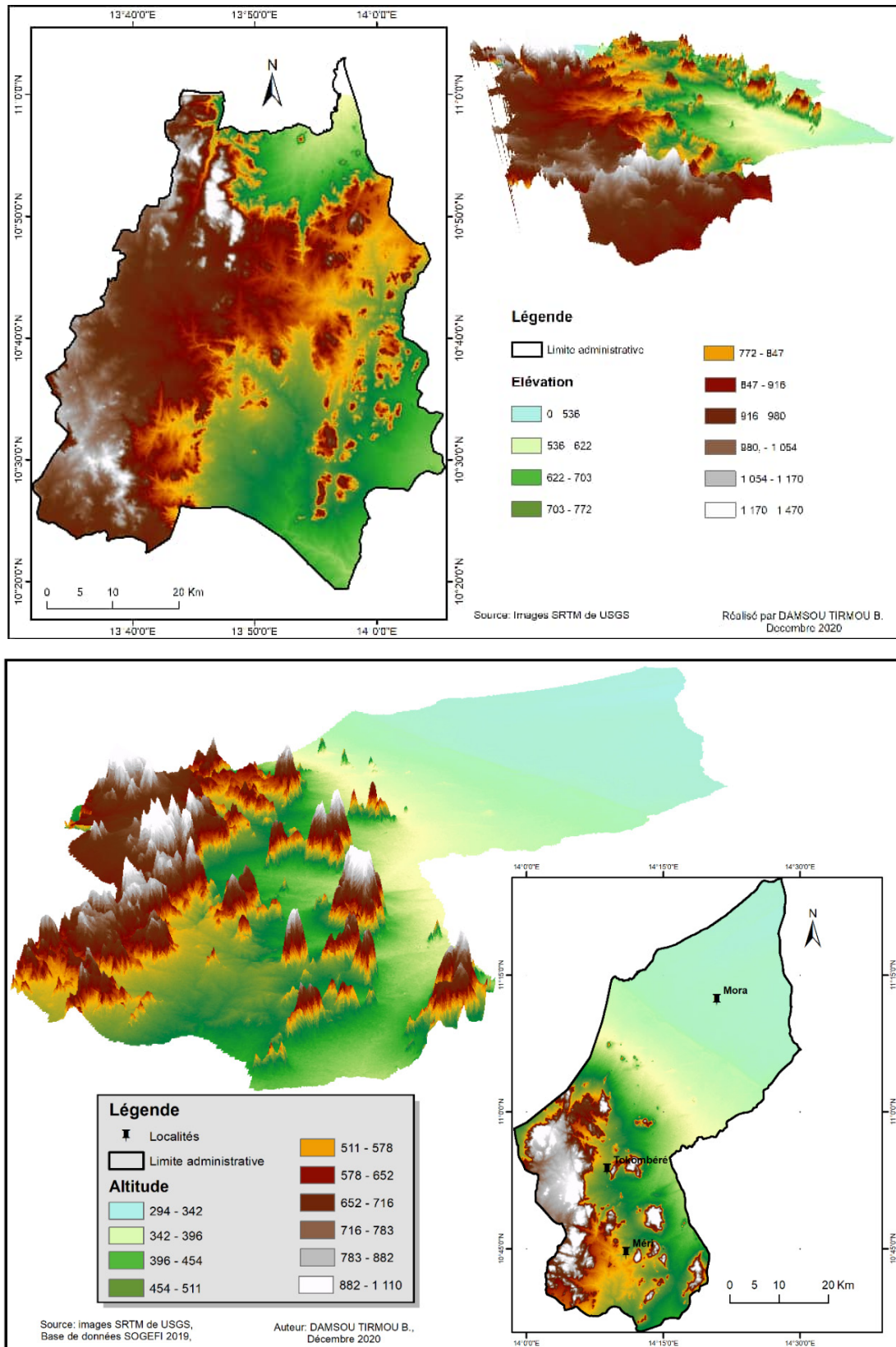


Figure 2 Modèle Numérique de Terrain (MNT) des secteurs des monts Mandara: haut le secteur du sud et bas le secteur du nord



Figure 3 Dôme rocheux à Tala Zoulgo

3.1.2 Le socle et des blocs rocheux offrant de nombreuses possibilités de points de construction des barrages

La constitution d'une retenue d'eau requiert du socle cristallin avec des propriétés minimales favorables en matière d'étanchéité naturelle. Dans les monts Mandara, l'étanchéité⁵ naturelle des roches du soubassement n'est pas à démontrer. En effet, le socle cristallin est formé essentiellement de gneiss associés aux granites dans les montagnes qui sont des roches imperméables. Les reliefs granitiques divers constituent le bourrelet montagneux bordier disposé tout autour des plateaux et les paysages métamorphiques sont ceux des plateaux intérieurs qui sont pour l'essentiel recouverts de roches métamorphiques et de quelques roches granitiques et volcaniques (Wakponou, 2005) (Fig. 5).

Tous ces plateaux dont les altitudes moyennes varient entre 750 et 900 m sont constitués de roches massives fracturées localement. Il en est de même pour les secteurs montagneux où parfois aucun manteau d'altérites ne recouvre les roches. Ce socle est un avantage pour la construction des barrages dont l'endiguement sera moins coûteux. Car, lorsque le substratum est sain (rocher ou terrain compact) comme c'est le cas dans les monts Mandara, cela ne nécessite pas de fouilles excessives qui s'avèrent

coûteuses et demandant assez de temps. De plus, ces roches sont utiles pour la construction des barrages et ouvrages annexes.

De nombreux versants des montagnes et collines se distinguent par des affleurements de blocs de granite. C'est la raison pour laquelle Morin (2000) a qualifié certains secteurs des monts Mandara de « monde de pierraille ». De blocs rocheux à perte de vue se font remarquer dès l'amorçement des monts Mandara qu'importe le chemin emprunté. Une citadelle de blocs grenus structure ce paysage pittoresque (Fig. 8). Ces blocs rocheux constituent des matériaux de construction des digues et les ouvrages annexes.

En effet, la disponibilité des matériaux nécessaires et utilisables pour la construction d'un barrage sur le site a une incidence considérable, voire prépondérante sur le choix du site d'implantation des retenues d'eau et du type de retenue d'eau. Des roches cristallines massives recouvrent toute la zone et peuvent être utilisables pour l'enrochement, le remblai ou protection des talus des digues. Les agrégats à béton comme les grains de quartz (sable) provenant de l'altération des roches grenues plutoniques et métamorphiques peuvent servir de

⁵ Étanchéité: L'imperméabilité des roches aux liquides, aux gaz

liant (ciment) pour former un béton afin de construire les digues et les ouvrages annexes.

Tous ces matériaux disponibles sont de véritables aubaines, qui pourront être utilisés pour la construction des retenues d'eau de ce secteur. La possibilité d'extraire ces matériaux de l'emprise de la retenue, permettra également d'accroître la capacité de stockage. Cela minimiserait les coûts de transport et d'achat des matériaux dans les zones d'emprunt. Puisque les matériaux locaux in situ seront disponibles et valorisés.

3.2 Les prédispositions pédologiques à la construction des retenues d'eau

3.2.1 Des formations superficielles très poreuses, mais peu profondes facilitant la réalimentation des nappes souterraines

Les sols des monts Mandara (Fig. 9), en raison de leurs textures sablo-limoneuse et sableuse et de leur structure peu compacte sont des sols très poreux. Cependant, ces sols peu profonds ne posent pas problème pour la rétention de l'eau en surface.

La composition texturale des sols des monts Mandara telle que présentée au Tableau 1 met en évidence les différents constituants minéraux des sols qui sont constitués entre 74,74 et 86,82 % de sable. Vu la proportion de sables, limons et argiles, il

Tableau 1 Les caractéristiques granulométriques des sols

Échantillon	Sable (%)	Limons (%)	Argile (%)	Classe texturale
Rhumsiki	74.74	13.42	11.83	Sablo-limoneux
Mada	74.82	15.35	9.83	
Oumbeda	78.67	15.42	5.9	
Tourou	80.74	11.42	7.83	
Kotama	80.96	13.21	5.83	
Adatz	81.03	13.28	5.69	
Mazam	81.03	11.14	7.83	
Mbokou	82.89	9.28	7.83	Sableux
Djingliya	82.96	11.21	5.83	
Ouazzang	86.67	9.42	3.9	
Midré	86.82	9.28	3.9	Sablo-limoneux
Moyenne	81.03	12.03	6.92	

Source : Analyse de laboratoire IITA Yaoundé.

s'agit majoritairement des sols à texture sablo-limoneuse pour une moyenne de 81,03 % de sables, 6,92 % d'argiles et de 12,03 % de limons.

La porosité texturale des sols des monts Mandara a été mise en évidence grâce aux travaux de Bédard (2014) (Tableau 2). Ce qui a permis de ressortir les classes texturales auxquelles appartiennent les sols des monts Mandara. Ces sols sont de granulométrie moyenne (0,465 - 2 mm). De ce fait, les sols à granulométrie moyenne ont une porosité utile qui est importante (27,5 - 32,5 %) ce qui témoigne du taux de vide significatif entre les matériaux. Ils sont caractérisés par une porosité comprise entre 36 et 59 % pour une moyenne de 49,09 % des proportions de vide entre les particules. Ceci est réel puisque la porosité de rétention en eau est faible (15-10 %). La structure de ses sols lui confère une bonne capacité d'infiltration.

La perméabilité tout comme la porosité sont fonction de la texture et de la structure des sols. On constate que la vitesse de perméabilité diminue avec la taille des matériaux, il y a donc une forte corrélation positive entre la taille des grains et la vitesse de perméabilité. Les sols des monts Mandara appartenant aux 2 classes texturales (sableux et sablo-limoneux), ont de ce fait les valeurs les plus élevées comprises entre 210 et 61 mm/h. Ce qui dénote d'une bonne perméabilité.

Pour mieux mettre en exergue cette perméabilité, 100 mg de tous les sols des monts Mandara et 50 ml d'eau ont été analysés afin de vérifier. La masse volumique (densité apparente) moyenne d'un solide est de 2,65 g/cm³. Les valeurs plus élevées de la densité apparente signifient que les vides sont réduits et que les particules sont fortement compactées et participent au ralentissement du processus d'infiltration. Par contre, les valeurs plus basses signifient une abondance des vides, les particules moins compactées et il y a une bonne infiltration (Tableau 3). Ceux des monts Mandara ont des valeurs basses ce qui signifie qu'ils retiennent moins d'eau. À l'issue des analyses, il apparaît que l'eau des échantillons de sols des sites des monts Mandara qui sont sablo-limoneux et sableux se filtrent rapidement par rapport à celui de la terre de Karal qui est argileuse. Car il y a un écart de plus de 2 h de temps entre les écoulements d'eau des sols sablo-limoneux et sableux et ceux issus des sols argileux. D'où la plus ou moins grande perméabilité des sols des monts Mandara.

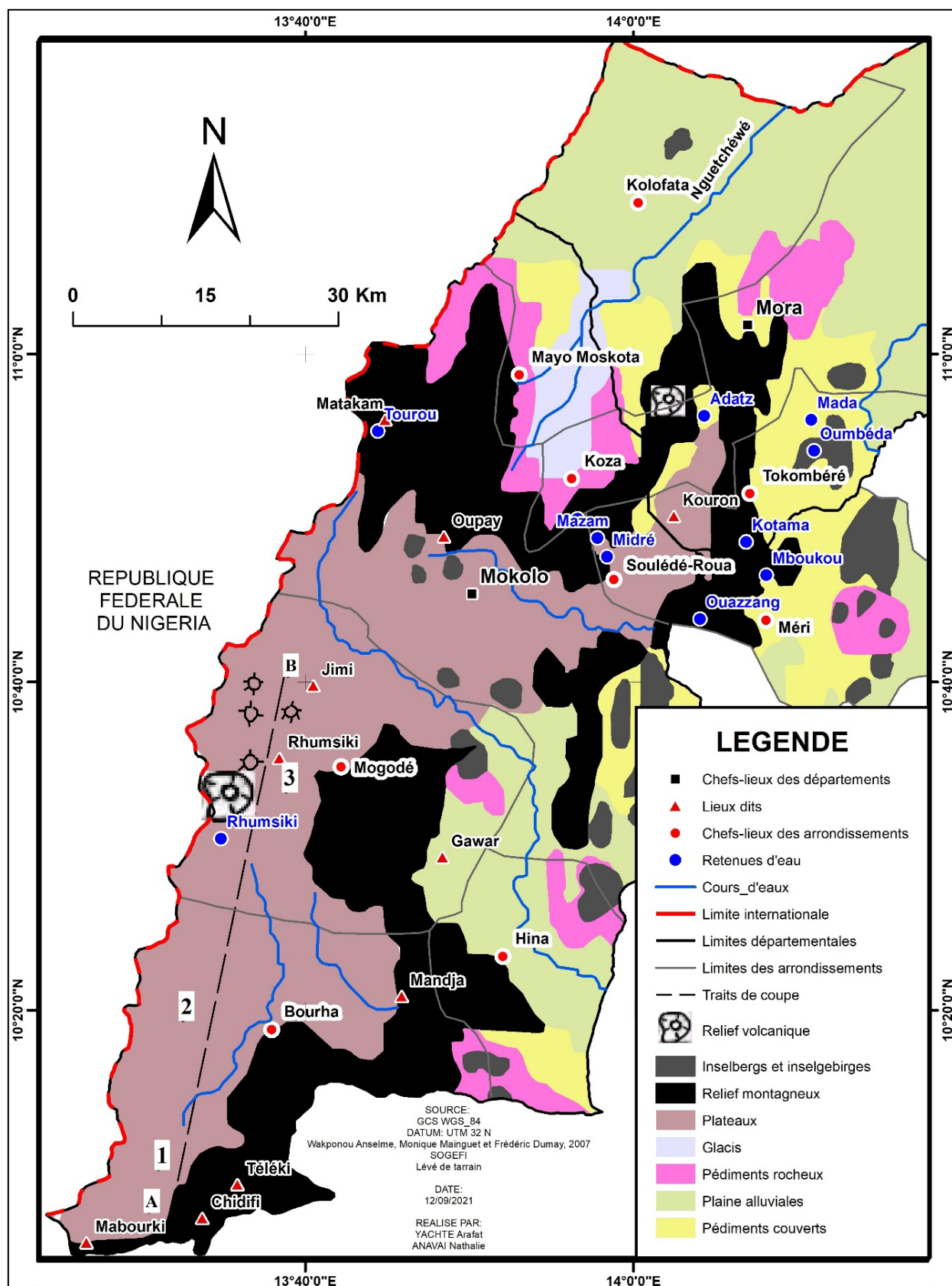
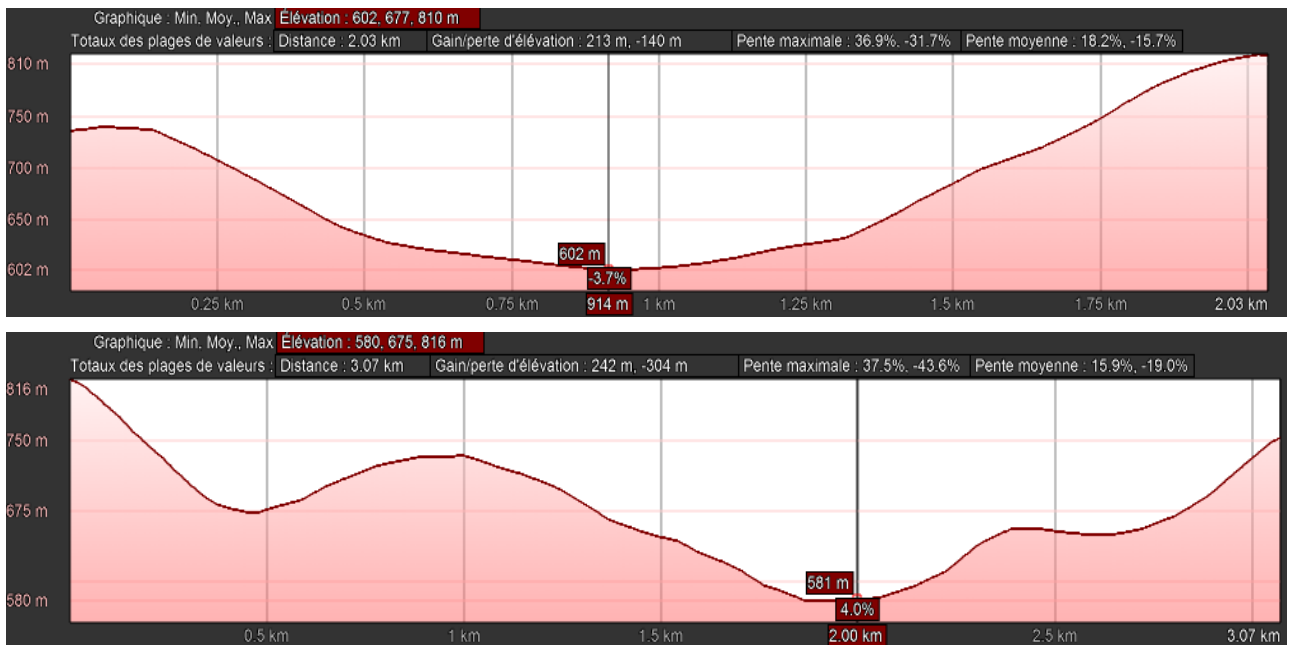
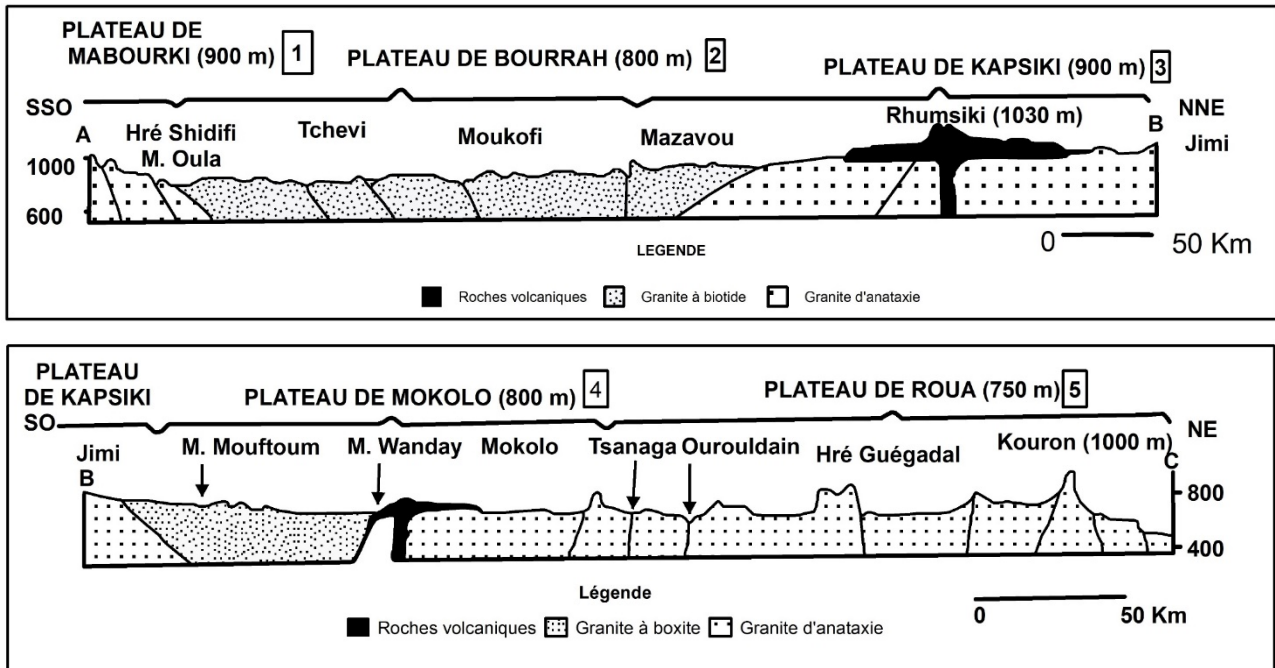


Figure 4 Carte géologique des monts Mandara



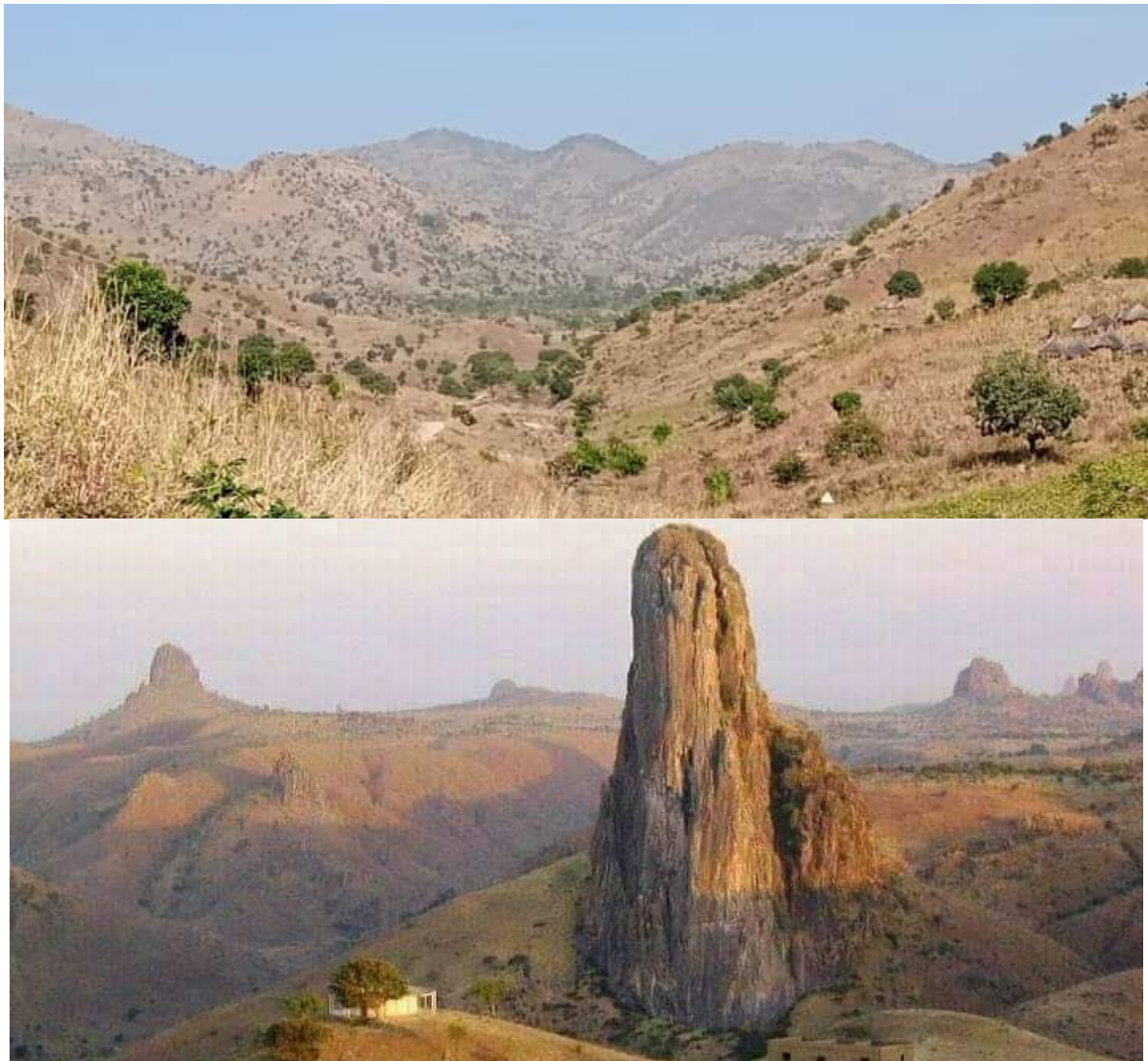


Figure 7 Les traits morphologiques des monts Mandara

Les sols des monts Mandara étant perméables (Tableaux 3 et 4), sont un avantage pour la recharge des nappes qui réalimenteront les puits et forages majoritairement asséchés en saison sèche. En effet, selon les enquêtes de terrain, la population utilise à 80 % les ouvrages de mobilisation des eaux souterraines pour la satisfaction de leur besoin. Cette capacité de recharge des nappes via des sols poreux serait un avantage incontestable pour ces secteurs, puisque ses barrages très souvent construits ne sont toujours pas accompagnés de stations de potabilisation (Tableau 5).

Les sols des monts Mandara, bien qu'étant poreux et perméables ne sont pas des freins à la construction des barrages et à la rétention de l'eau

en surface puisqu'ils sont peu profonds. Pour Westphal et al. (1981), ces sols sont sur alluvions présentant des caractéristiques suivantes : bien drainés, peu profonds, forte pente, caillouteux, recouverts de minéraux bruts squelettiques ou uniquement de rochers nus et d'arènes (Fig. 4). Ils sont caractérisés par un horizon A avec une profondeur de 0-20 cm, un horizon B très souvent absent et un horizon C de 20-50 cm (Brabant et Gravaud, 1985) qui repose sur la roche mère. En effet, ces sols sont minces (50 cm d'épaisseur), et cette épaisseur réduite ne pose pas véritablement problème pour l'emmagasinement de l'eau en surface via les barrages puisqu'ils se gorgent rapidement d'eau ce qui permettrait leur maintien en

Tableau 2 La porosité des sols des monts Mandara par rapport à leur classe granulométrique

Classe granulométrique	Dimension (mm)	Sites	Porosité utile (%)	Porosité de rétention (%)
Argile	<0.02		< 10	> 40
Limon	<0.062		10-15	30-35
Sable fin	0.062 – 0.465	Adatz Mazam Rhumsiki Ouazzang Kotama	15-30	315-30
Sable moyen	0.465 - 2	Midré Tourou Djingliya Mbokou	27.5-32.5	10-15
Sable grossier	2 – 4.75	Mada Oumbéda	30-32	7.5-10

Source : Bédard (2014) adapté par Annavaï Nathalie.

Tableau 3 La densité apparente des sols et capacité d'infiltration

Grand secteur	Site de prélèvement	Da (g/cm ³)	Temps de filtration et d'écoulement (minutes)	Quantité d'eau filtrée sur 50 ml
Monts Mandara	Adatz	1.09	45	30
	Rhumsiki	1.12		
	Midré	1.12		
	Oumbéda	1.21		
	Mazam	1.24		
	Mbokou	1.31		
	Tourou	1.41		
	Djingliya	1.56		
	Kotama	1.59		
	Mada	1.61		
Maroua	Ouazang	1.7	180	17
	Kongola	2.6		

Source : FASA, Unité de Recherche d'Analyse de Sols et de Chimie de l'Environnement (Université de Dschang) et Annavaï (2013).

Tableau 4 Taux d'infiltration détaillé en rapport avec le type de sol

Type de sol	Conductivité hydraulique saturée (mm/h)	Possibilité d'infiltration	Caractéristiques des sols des monts Mandara
Sableux	210	Bonne	Sableux
Sable limoneux	61	Bonne	Sablo-limoneux
Limon sablonneux	26	Moyenne	-
Limon	13	Moyenne	-
Limon silteux	6.8	Faible	-
Limon argilo-sablonneux	4.3	Faible	-
Limon argileux	2.3	Faible	-
Limon argilo-silteux	1.5	Faible	-
Argile sablonneuse	1.2	Faible	-
Argile silteuse	0.9	Nulle	-
Argile	0.6	Nulle	-

Source : Adapté de Ferguson, 1994 et Source. Musy et Soutter, 1991.

Tableau 5 Les caractéristiques des retenues d'eau réalisées dans les monts Mandara

Dénomination des retenues	Années de réalisation	Volume	Profondeur à la digue	Surface à plein de la retenue d'eau (ha)	Buts principaux	Type de barrage	Surface à plein de la retenue d'eau (ha)	Type et classe des barrages
Mokolo-Douvar	1978	5 000 000	25	85	Adduction en eau potable	Poids	85	Grand (A)
Chidifi	1984	5 000 000	25	100	Adduction en eau potable	Poids	100	Grand (A)
Tourou	1984/1990	900 000	12	6	Adduction en eau potable	Poids	6	Moyen (B)
Oumbéda	1980/1982	144 000	12	3.46	Adduction en eau potable	Poids	3.46	Petit (C)
Adatz	1983/1985	85 000	7	0.83	Stockage	Poids	0.83	Petit (C)
Ouazzang	1988/1990	75 000	9.5	1.09	Adduction en eau potable	Poids	1.09	Petit (C)
Mogodé	2012	75 000	10	2	Adduction en eau potable	Poids	2	Petit (C)
Kotama	1978/1980	47 000	8	1.76	Adduction en eau potable	Poids	1.76	Micro (D)
Hodogo	1988	45 000	8	1	Stockage	Poids	1	Micro (D)
Djingliya	1972	30 000	9.5	1.40	Stockage	Poids	1.40	Micro (D)
Mbokou	1978/1980	22 000	8.15	0.92	Adduction en eau potable	Poids	0.92	Micro (D)
Mazam	1987/1989	20 000	7.70	0.18	Adduction en eau potable	Poids	0.18	Micro (D)
Midré	1987/1989	15 000	6.50	0.17	Stockage	Poids	0.17	Micro (D)
Rhumsiki	1988/1989	10 000	9	0.6	Stockage	Contre-fort	0.6	Micro (D)
Mada	1988/1989	10 000	7.17	0.15	Stockage	Poids	0.15	Micro (D)

Source : Mission des barrages de la région des Monts Mandara (mai 1998) et travaux de terrain en 2016.



Figure 8 Affleurement des roches granitiques sur les versants des montagnes

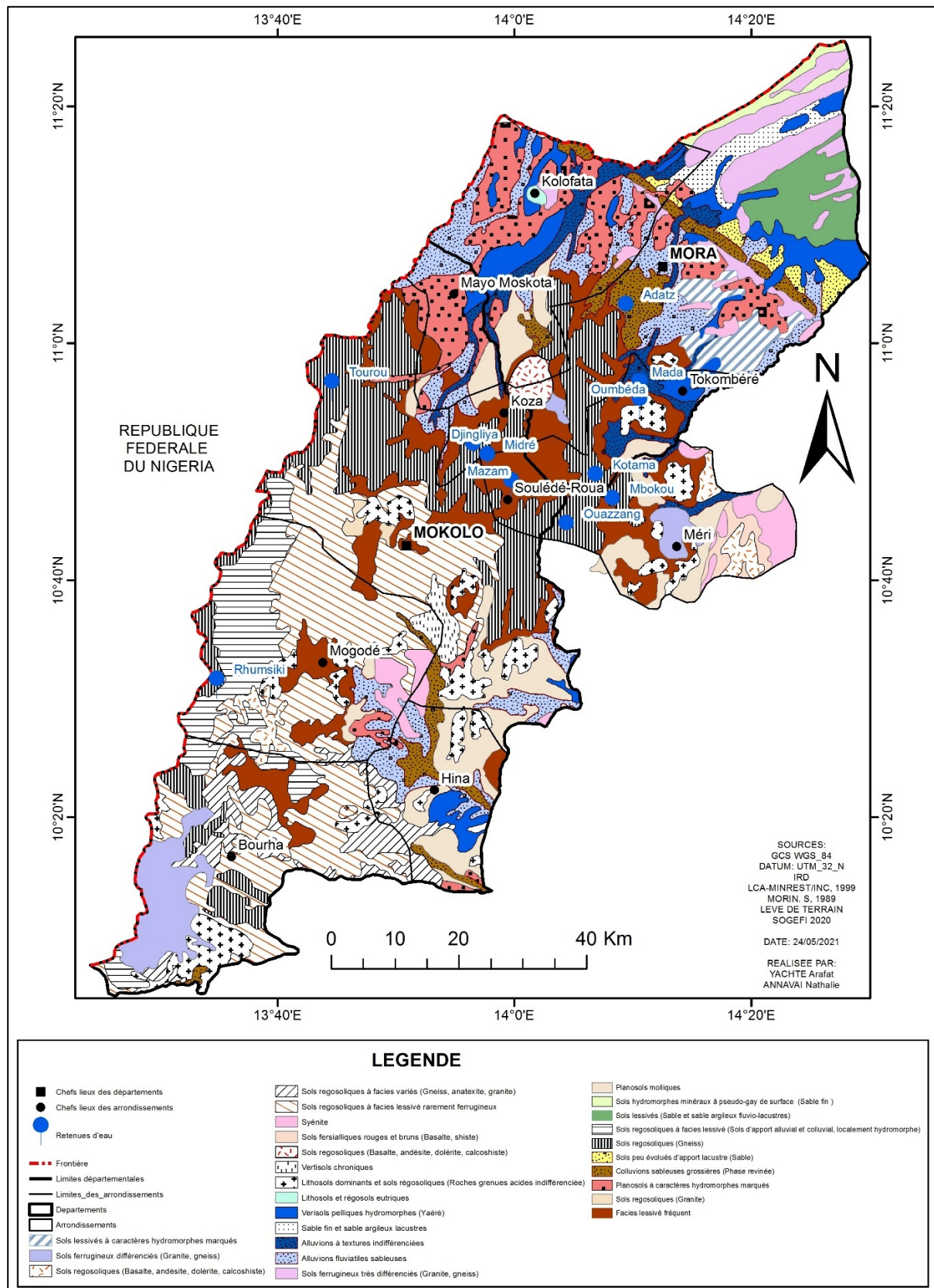


Figure 9 Carte pédologique des monts Mandara

surface après le blocage par des digues. De plus, ces sols sont très souvent absents et des dalles affleurant par endroit constituent déjà un soubassement stable pour les cuvettes des retenues d'eau.

Les possibilités à l'édification des barrages dans les monts Mandara sont déjà des réalités sur le terrain. En effet, ce secteur est la seule zone au Cameroun où l'on dénombre plus d'une dizaine de barrages.

3.2.2 Inventaire et caractéristiques des barrages des monts Mandara

Les avantages qu'offrent les monts Mandara en matière de construction des retenues d'eau avaient déjà été compris. En effet, les populations locales depuis les années 30 construisaient des retenues d'eau artificielles (Seignobos et Iyebi-Mandjeck,

2000). De nos jours, dans cet ensemble, on dénombre 15 barrages de retenues d'eau moderne avec des volumes compris entre 5 000 000 et 10 000 m³ d'eau (Tableau 5). Ils ont été construits entre 1972 à 2012 et se localisent entre 105 082 et 109 747 de latitude Nord et 135 837 et 141 318 de longitude Est dans 3 Départements et 9 Arrondissements (Fig. 1). Ils s'intègrent de façon naturelle dans l'environnement sans grand effort (Fig. 10). Constitués en majeure partie des barrages-poids dont les digues sont à béton cyclopéen⁶, ces ouvrages sont à usage multiples (Tableau 5). Les barrages permettent de redonner vie aux ouvrages comme les puits et les forages qui s'asséchaient complètement en saison sèche avant la construction de ceux-ci. Ils sont d'un avantage incontestable pour les populations et leur bétail.



Figure 10 Les barrages intégrés naturellement dans le paysage

⁶ Béton contenant de gros blocs de pierre, des moellons, des galets

4 Conclusion

Les monts Mandara, longtemps perçus comme une zone de frein pour la disponibilité en eau de surface du fait de ses paramètres morphostructuraux et de ses caractéristiques pédologiques. Ces mêmes caractéristiques analysées sous l'angle des aménagements anthropiques de rétention de ladite ressource, offrent des possibilités importantes à la rétention en eau de surface au niveau des vallées. Cet autre regard sur l'aspect de caractéristiques suscitées est lié à la transcendance de ces données stationnelles qui sans intervention humaine, demeure des facteurs contraignants à la disponibilité de la rétention en eau de surface. C'est alors que la solution de rétention artificielle de l'eau en surface, développée depuis la période coloniale par certaines populations s'est vue renaître et remise en surface depuis le début des années 70 jusqu'en 2012, et de nombreux projets de construction sont d'actualité pour le bien-être des populations. Cependant, ces ouvrages implantés dans cette zone réputée pour ses processus dynamiques accélérés, qu'en est-il de leur durabilité?

Remerciements

Notre gratitude va à l'endroit du Dr Zanmo qui n'a cessé de nous encourager et de nous mettre la pression jusqu'à la soumission de notre article. Nous n'oublions pas Tayamaouba Carolle, Yachté Arafat et Damsou qui nous ont donné un coup de main pour la réalisation des cartes.

Références bibliographiques

- 3^e RGPH 2010. La population du Cameroun en 2010, 3^e Recensement Général de la Population et de l'Habitat, 10 p. <http://www.bucrep.cm/index.php/fr/ressources-et-documentations/telechargement/category/20-presentation-des-rsultats?download=18:population-du-cameroun-en-2010>. Consulté le 16 décembre 2021
- Annavaï N. 2013. *Sédimentation dans la retenue d'eau du mayo Tsanaga (Mokolo): Extrême-Nord Cameroun*. Mémoire de Master, Université de Ngaoundéré, FALSH, Cameroun, 205 p.
- Beauvilain A. 1989. *Nord-Cameroun crises et peuplement*. deux vol., Édité par l'auteur, Bois d'Harcourt. 625 p.
- Bédard P. 2014. *Clef d'identification visuelle des grains de sable*. https://cours.polymtl.ca/PBedard/glg1100/Sables/identification_sable.html. Consulté le 16 décembre 2021
- Brabant P, Gavaud M. 1985. *Les sols et les ressources en Terre du Nord-Cameroun (Provinces du Nord et de l'Extrême-Nord). Cartes à : 1 : 500 000*. Collection Notice Explicative n° 103, Edition de l'ORSTOM, Paris. 369 p.
- Carrère A. 1994. *Barrages. Techniques de l'ingénieur, traité de construction*. <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/archives-th12/archives-travaux-publiques-et-infrastructures-tiace/archive-1/barrages-c5555/>. Consulté le 16 décembre 2021
- Critchley W, Siegert C, Chapman C. 1991. *Water Harvesting (AGL/MISC/17/91)*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. <https://www.fao.org/3/u3160e/u3160e00.htm>
- Ferguson B. 1994. *Stormwater infiltration*. CRC Press, Boca Raton. 288 p.
- Gazel J. 1958. *Carte géologique du Cameroun*. Bull. N° 2, Dir. Mines et Géol. Cameroun.
- Gubry P. 1988. *Rétention de la population et développement en milieu rural: à l'écoute des paysans mafa des Monts Mandara (Cameroun)*. Les Dossiers du CEPED, no. 5, Centre Français sur la population et le Développement (CEPED), Paris. 24 p.
- Hoogmoed WB, Klaij MC, Brouwer J. 1991. Infiltration, runoff and drainage in the sudano-sahélian zone. *Proceedings of the Niamey Workshop*, févr. 1991, I.A.H.S. Pub., 199: 85–98.
- MIDIMA 2010. *Schéma directeur d'aménagement et de développement durable de l'Extrême-Nord. Image et orientation stratégies à l'horizon 2035*. Rapport final, 200 p.
- Morin S. 2000. Géomorphologie. In: C. Seignobos, O. Iyébi-Mandjek (ed.), *Atlas de l'Extrême-Nord Cameroun*, pp 7–16.
- Musy A, Soutter M. 1991. *Physique des sols*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Paris. 335 p.
- Seignobos C, Iyébi-Mandjek O. 2000. *Atlas de la province Extrême-Nord Cameroun*, IRD Éditions Series, Marseille. 171 p.
- SOGREAH 1976. Inventaire des sites de barrages dans les monts Mandara. Études préliminaires en vue d'alimentation humaine et pastorale et du développement agricole. Grenoble, 150 p.
- Wakponou A. 2005. *Dynamique géomorphologique des basses terres soudano-sahéliennes dans l'Extrême-Nord Cameroun*. Thèse de Doctorat, Université de Reims Champagne-Ardenne, France, 229 p.

Westphal E, Embrechts J, Mbouemboue P, Boyomo M, Westphal-Stevens JMC. 1981. *L'agriculture autochtone au Cameroun. Les techniques culturales, les séquences de culture, les plantes alimentaires et leur*

consommation. Miscellaneous Papers, 20, Landbouwhogeschool Wageningen, The Netherlands, H. Veenman & Zonen BV, Wageningen. 175 p.