

Analyse des interactions entre les caractéristiques agro-pédo-géologiques et la gestion durable des ressources pastorales du bassin versant du Zou à l'exutoire de Domé au Bénin

[Analysis of the interactions between agro-pedo-geological characteristics and sustainable management of pastoral resources in the Zou watershed at the outlet of Domé in Benin]

ADETONA Luc^{1,2}, AGOÏNON Norbert¹, VODOUNOU Jean Bosco Kpatindé¹, and GNELE José Edgard¹

¹Département de Géographie et Aménagement du Territoire, Université de Parakou, BP 123, Parakou, Benin

²Ecole Doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau (EDSAE), Université de Parakou, BP 123, Parakou, Benin

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The Zou watershed is a significant hydrographic unit located in a region with complex interactions between agro-pedo-geological components and pastoral resources. This study aims to analyze the agro-pedo-geological characteristics and sustainable management of pastoral resources in the Zou watershed at the outlet of Domé in Benin. The data used to describe these characteristics and their spatial distribution comprise climatological, planimetric, pedological, and geological data. The results reveal that the watershed is influenced by a Sudanian climate in the north and a subequatorial climate in the south, with an average annual precipitation of 1116 mm over the period 1991-2020. The classification of vegetation cover shows dominance of savanna (66.31%), plantations (15.61%), and fields and fallows (9.61%), with implications for forage availability and biodiversity. The soils in the watershed are diverse, with a predominance of tropical ferruginous soils, influencing water retention and vegetation production. The geology of the watershed indicates the presence of ancient Precambrian rocks such as granite, gneiss, granito-gneiss, embréchites, and quartzites. These findings underscore the importance of sustainable management of natural resources to ensure long-term availability of water and forage in the region.

KEYWORDS: Agro-pedo-geology, Sustainable management, Pastoral resources, Zou watershed, Domé.

RESUME: Le bassin versant du Zou est une unité hydrographique importante située dans une région aux interactions complexes entre les composantes agro-pédo-géologiques et les ressources pastorales. Cette étude vise à analyser les caractéristiques agro-pédo-géologiques et la gestion durable des ressources pastorales dans le bassin versant du Zou, à l'exutoire de Domé, au Bénin. Les données utilisées pour décrire les caractéristiques et leur distribution spatiale sont composées des données climatologiques, planimétriques, pédologiques et géologiques. Les résultats révèlent que le bassin est sous l'influence d'un climat soudanien au nord et subéquatorial au sud, avec une moyenne pluviométrique annuelle de 1116 mm sur la période 1991-2020. La classification de la couverture végétale montre une dominance de la savane (66,31%), des plantations (15,61%) et des champs et jachères (9,61%), avec des conséquences sur la disponibilité en fourrage et la biodiversité. Les sols du bassin sont divers, avec une prédominance des sols ferrugineux tropicaux, influençant la rétention d'eau et la production végétale. La géologie du bassin montre la présence de roches anciennes du précambrien, telles que les granites, les gneiss, les granito-gneiss, les embréchites et les quartzites. Ces résultats soulignent l'importance de la gestion durable des ressources naturelles pour assurer la disponibilité à long terme en eau et en fourrage dans la région.

MOTS-CLEFS: Agro-pédo-géologie, Gestion durable, Ressources pastorales, Bassin versant du Zou, Domé. **INTRODUCTION**

Les bassins versants sont des zones drainées par un système de cours d'eau et de rivières qui convergent vers une sortie particulière [1]. Ils constituent des unités essentielles pour l'étude et la gestion des ressources en eau, car ils déterminent la manière dont l'eau circule à travers le paysage, influençant la disponibilité des ressources pastorales. En effet, les caractéristiques biophysiques et les activités anthropiques sont des éléments clés qui influencent sur le fonctionnement hydrologique des bassins versants [2]. Elles impactent le processus de ruissellement en surface et conditionnent l'évapotranspiration ainsi que le bilan hydrique du bassin [3].

Le bassin versant du Zou, situé à l'exutoire de Domé au Bénin, présente un écosystème unique caractérisé par des interactions complexes entre ses composantes agro-pédo-géologiques et les ressources pastorales. Cependant, ce bassin est soumis à un processus de dégradation avancée, notamment par une avancée des zones de savane et de cultures en jachère [4]. Selon la référence [5], toute altération des conditions et de la configuration de la couverture végétale influence les ressources en eau de l'environnement. Devant ce contexte, depuis 1960, les initiatives de développement rural menées dans le département du Zou, au Bénin, visent à rétablir l'équilibre agro-écologique et à renforcer la productivité des sols [6].

Cependant, la gestion durable de cet écosystème est devenue un défi majeur en raison des pressions croissantes exercées par les activités agricoles et pastorales, ainsi que des effets du changement climatique. Comprendre les interactions entre les caractéristiques agro-pédo-géologiques du bassin versant et la gestion des ressources pastorales est donc essentiel pour promouvoir la durabilité environnementale et socio-économique dans la région.

Dans cette perspective, cette étude vise à analyser les caractéristiques agro-pédo-géologiques et la gestion durable des ressources pastorales du bassin versant du Zou à l'exutoire de Domé au Bénin.

Le bassin versant du Zou à l'exutoire de Domé est l'un des sous-bassins de l'ensemble hydrographique Ouémé-Yéwa [7] et est situé entre 1° 37'23" et 2° 27'30" de longitude Est, et entre 6°54'48" et 8° 34' 23" de latitude Nord (Figure 1).

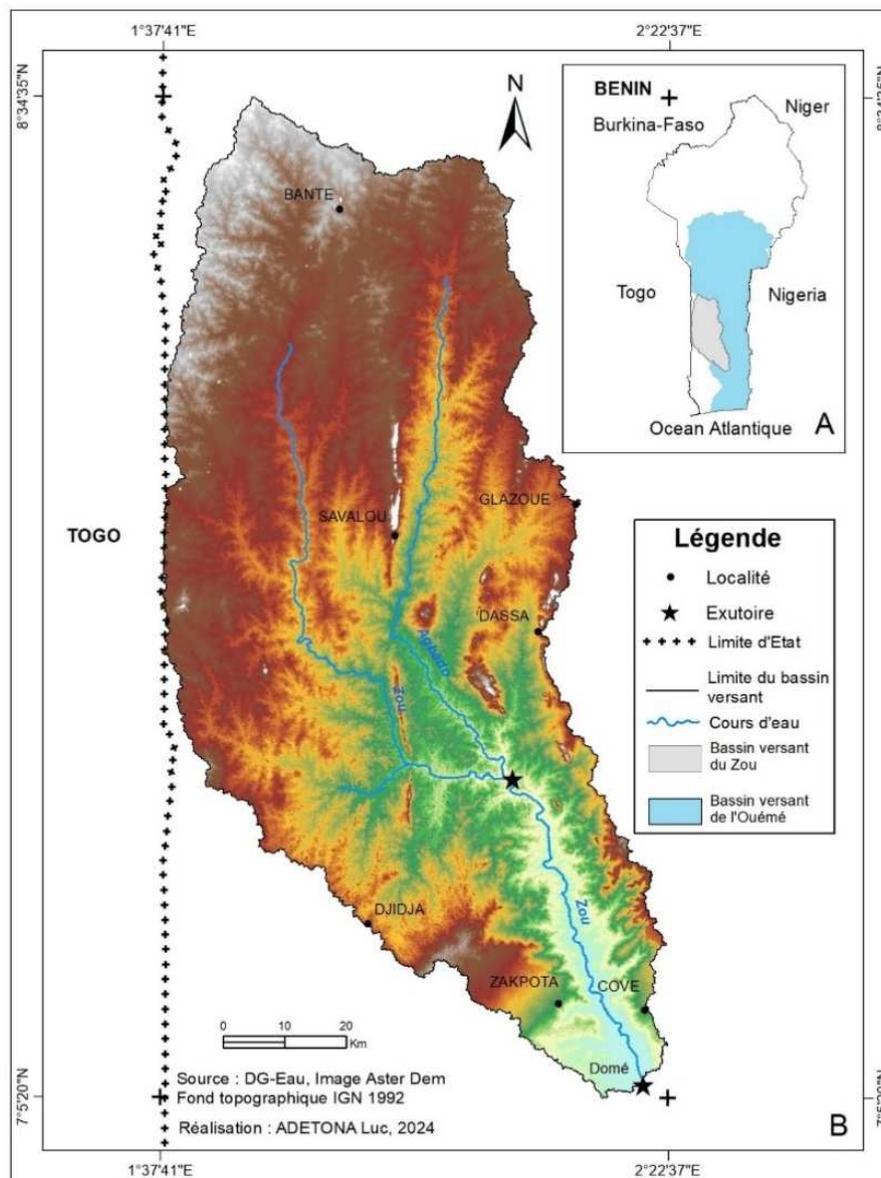


Fig. 1. Situation géographique du bassin versant du Zou à l'exutoire de Domé

2 DONNEES ET METHODES

Les données utilisées sont essentiellement celles climatologiques, pédologiques et géologiques.

- Les données climatiques relatives à la pluviométrie de 30 stations sont issues de la base de la Direction Nationale de la Météorologie (DNM) de l'Agence Nationale pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA) de Cotonou sur la période de 1991 à 2020, ainsi que de données téléchargées depuis le site de la NASA: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>.
- Les données planimétriques constituées de l'image satellitaire Landsat OLI 2020 avec une résolution spatiale de 30 mètres, ont été acquises par téléchargement sur le site <http://earthexplore.usgs.gov/>. La méthode utilisée pour classer les images est l'approche supervisée, mise en œuvre à travers l'algorithme du maximum de vraisemblance [8]. Une fois l'interprétation et la classification des images réalisées dans le logiciel ENVI 5.1, les fichiers raster résultants ont été converties en données vectorielles.
- Les données et informations sur les types de sols sont extraites de la feuille de Savè NC-31-II-Ed.1955-NC-31-III-Ed.1969 au 1/200000 [9] et leurs caractéristiques physiques et chimiques ont été obtenues sur le site de la FAO <http://www.fao.org/soils-portal>, qui est une base harmonisée des données des sols du monde [10].
- Les données géologiques ont été extraites de la base de OBRGM & DGM à partir des cartes géologiques au 1/200000.

L'ensemble de ces données a permis de décrire les caractéristiques agro-pédo-géologiques du bassin versant, tout en mettant en évidence leur distribution spatiale ainsi que leur dominance dans le bassin. Le logiciel ArcGIS 10.2 est l'outil utilisé pour la spatialisation des données.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 CARACTERISTIQUES AGRO-PEDO-GEOLOGIQUES DU BASSIN VERSANT DU ZOU A L'EXUTOIRE DE DOME

Les caractéristiques agro-pédo-géologiques ont été examinées pour comprendre les différentes composantes qui influencent la gestion des ressources naturelles du BVZD.

3.1.1 RYTHMES CLIMATIQUES DU BASSIN VERSANT DU ZOU A L'EXUTOIRE DE DOME

Le bassin versant du Zou est sous l'influence du climat de type soudanien dans sa partie nord et du climat subéquatorial dans sa partie sud. La moyenne pluviométrique annuelle est de 1314 mm sur la période 1991-2020. Cette précipitation varie dans l'espace et provient principalement de la côte guinéenne [11]. Elle s'accroît généralement du nord-est vers le sud-ouest du bassin et varie de 1200 mm à 1400 mm. Le bassin est caractérisé par un régime bimodal (Figure 2) et est composé de 8 mois plus arrosés qui représentent près de 94,77 % des précipitations, avec un pic en juillet (208,35 mm) et en septembre (220,27 mm) (Figure 3). Les Figures 2 et 3 présentent respectivement le régime pluviométrique moyen et le diagramme climatique du bassin du Zou à la station synoptique de Bohicon.

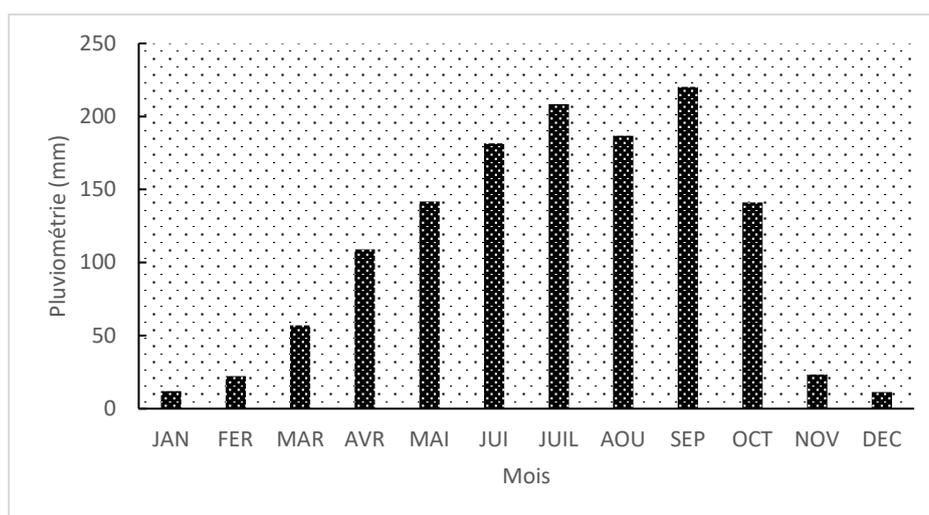


Fig. 2. Régime pluviométrique moyen du bassin versant du Zou à l'exutoire de Domé de la station de Bohicon (1991-2020)

Source: Données Météo Bénin, 2020

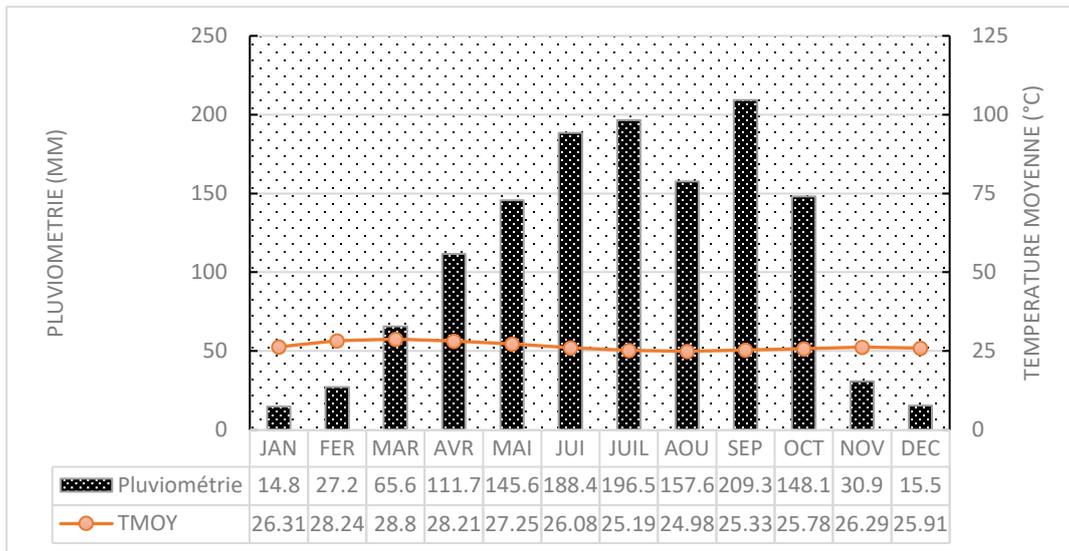


Fig. 3. Diagramme ombro-climatique du bassin versant du Zou à l'exutoire de Domé (1991-2020)

Source: Données Météo Bénin, 2020

On distingue une grande saison pluvieuse qui comprend trois (03) mois humides, de mai à juillet (531,75 mm), avec deux (02) mois intermédiaires, de mars à avril, et la grande saison sèche qui dure quatre (04) mois, de novembre à février, marquée par quelques averses (68,75 mm). La grande et la petite saison pluvieuse sont séparées par un mois (août) qualifié de petite saison sèche, mais il est tout de même bien arrosé (186,75 mm). En effet, les précipitations varient d'un mois à l'autre dans le bassin versant entre 1991 et 2020 (Figure 4).

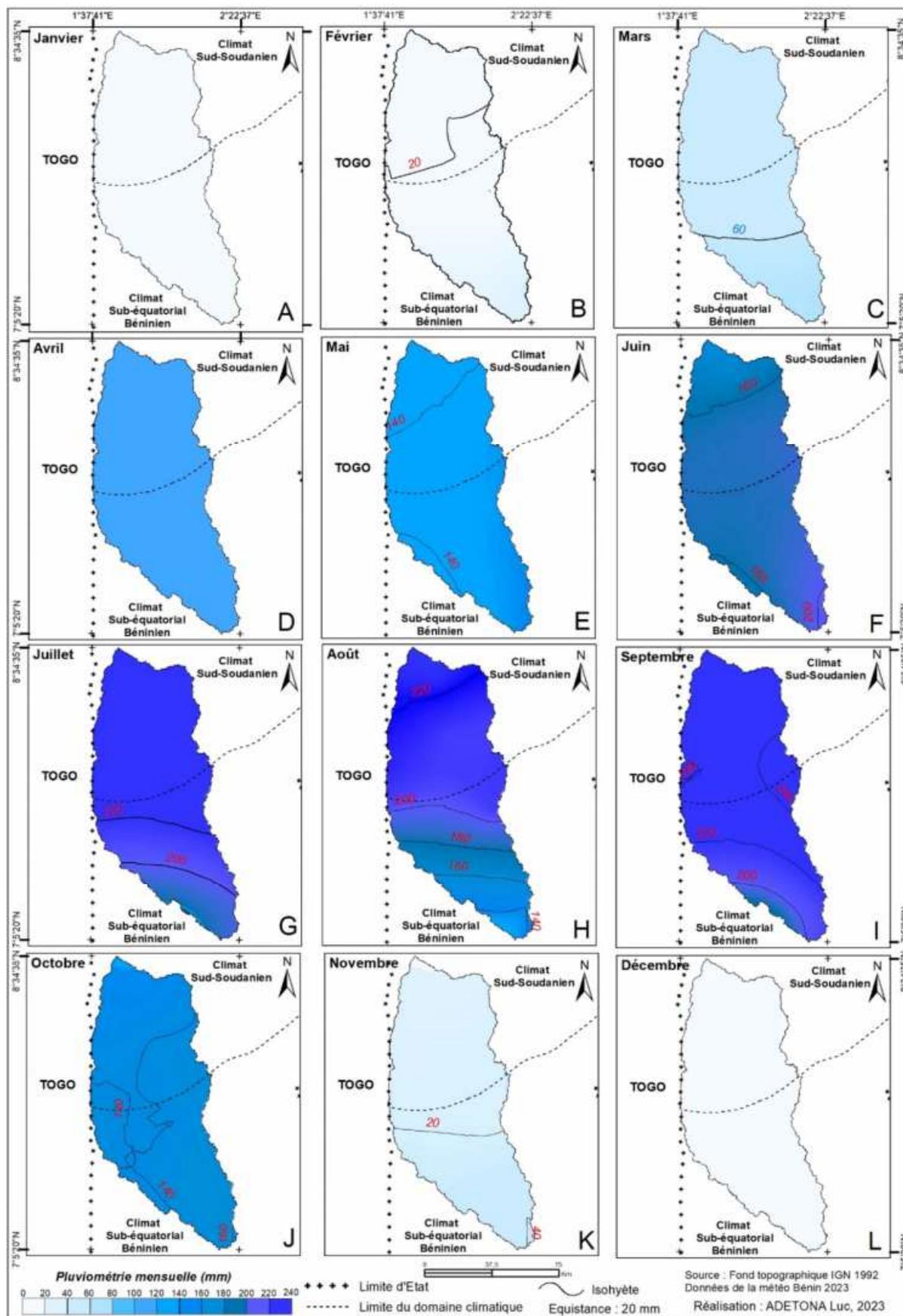


Fig. 4. Répartition spatiale des précipitations moyennes mensuelles du bassin versant du Zou à l'exutoire de Domé (1991-2020)

De novembre à mars, la pluviométrie est insignifiante, avec des valeurs inférieures à 60 mm dans l'ensemble du bassin. Elle atteint 80 mm durant le mois de mars dans la partie sud-ouest, marquant ainsi le début des précipitations dans cette région du bassin. Cette pluviométrie évolue progressivement et atteint son maximum en juin (200 mm) dans la partie sud du bassin, et 180 mm dans la partie nord du bassin. En août la pluviométrie baisse \pm 160 mm dans la partie sud qui constitue l'installation de la petite saison sèche. Par contre, la partie nord est bien arrosée durant le mois d'août (\pm 200 mm). Durant les mois de la saison sèche, on note que la partie sud présente plus d'humidité que la partie nord avec la possibilité des averses qui peuvent atteindre \pm 40 mm.

Les caractéristiques climatiques du bassin du Zou offrent de très bonnes conditions pour l'activité pastorale, car il présente une longue période humide, contrairement à la zone climatique à régime unimodal du nord du Bénin.

3.1.2 COUVERTURE VEGETALE DU BASSIN VERSANT DU ZOU A L'EXUTOIRE DE DOME

L'examen de la matrice de l'indice Kappa et de la précision globale, évalués à 82,27% et 87,77% respectivement, indique une classification de bonne qualité. L'analyse physionomique et statistique révèle que la savane (66,31%), les plantations (15,08%) et les champs et jachères (9,61%) dominent le paysage du bassin (Tableau 1).

Tableau 1. Unité d'occupation du sol du bassin versant du Zou à l'exutoire de Domé en 2020

Unité d'occupation du sol	Superficie	
	Km	%
Forêt galerie	83,47	1,02
Forêt claire et savane boisée	480,42	5,89
Savane arborée et arbustive	5407,77	66,31
Plantation	1230,08	15,08
Forêt et savane marécageuse	114,17	1,40
Champs et jachères	783,38	9,61
Plan d'eau	7,88	0,10
Agglomération	47,75	0,59
Total général	8154,92	100,00

Source: Image landsat OLI 2020

La Figure 5 présente la carte d'occupation du sol du BVZD en 2020.

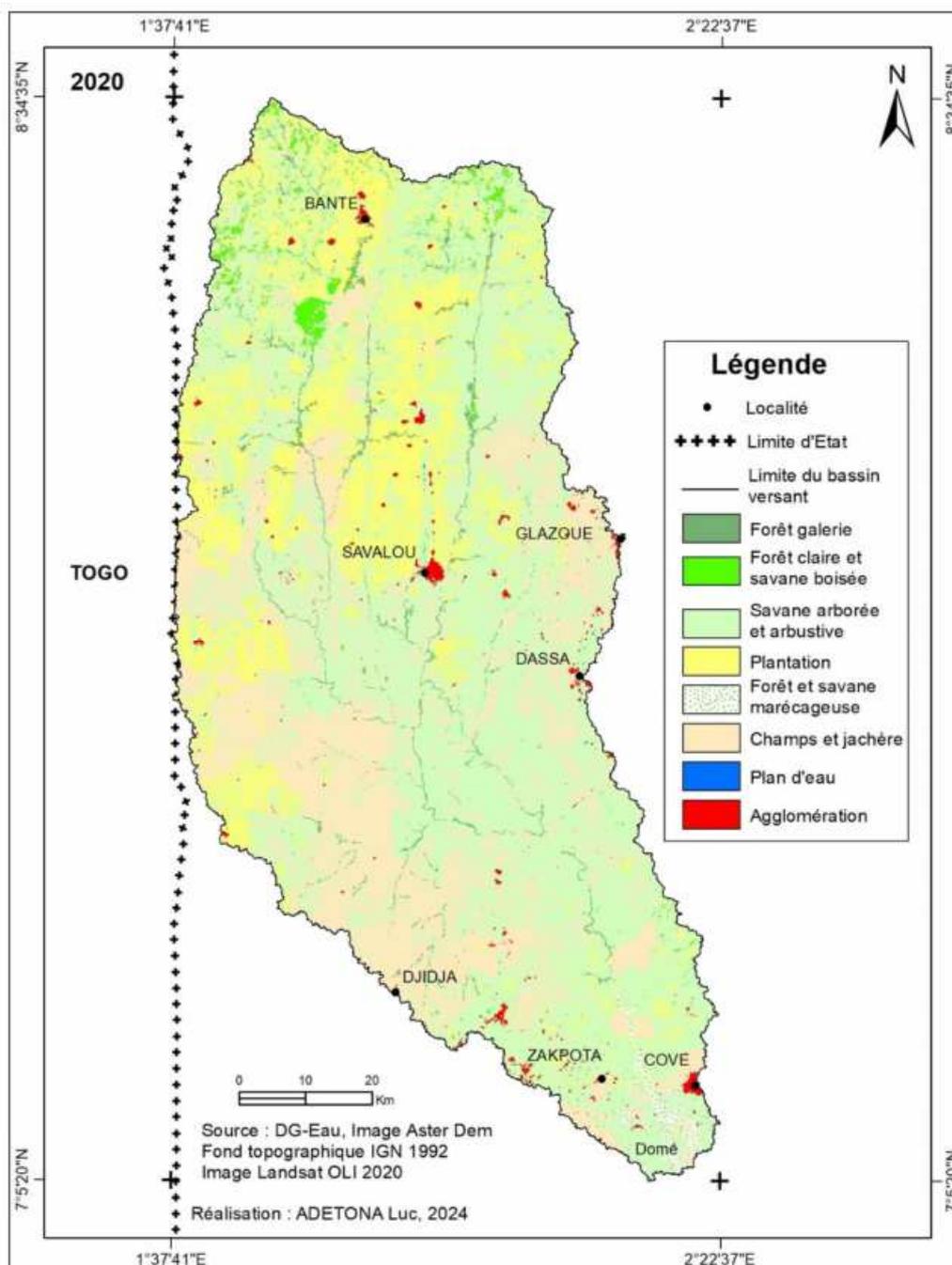


Fig. 5. Occupation du sol du bassin versant du Zou à l'exutoire de Domé en 2020

Le paysage du bassin est constitué de plusieurs formations végétales, composées par endroits de galeries forestières, de forêts denses, de forêts claires, de savanes boisées, de savanes arbustives et de savanes arbustives. Selon les travaux de [12] et de [13], cinq formations végétales assez nettement différenciées sont recensées dans le bassin. Il s'agit des champs de cultures annuelles ou pérennes, des jachères arbustives couvertes d'une végétation irrégulière, de la savane arbustive et arborée avec une densité d'arbustes assez élevée, de la savane arborée composée d'une strate arborée avec des secteurs arbustifs, et des forêts galeries, assez fermées, avec un tapis herbacé inexistant et de grands arbres. La couverture végétale constituée de ces formations naturelles est responsable de la production de biomasse végétale. Cette biomasse sert de source de nourriture pour les animaux (bovins). La Figure 6 présente la savane marécageuse et l'aire de pâturage de Tchetti dans la commune de Savalou.



Fig. 6. Formations Végétales et Aires de Pâturage dans le Bassin Versant du Zou

Localisation: 350321 longitude Est et 865293 latitude Nord (basfond Adédé, village de Tchétti dans la commune de Savalou)

Prise de vue: Luc ADETONA, 03/11/2023

Il est important de noter que la dégradation de la couverture végétale entraîne une diminution de la disponibilité en fourrage, ce qui a des conséquences néfastes sur la biodiversité, l'élevage et l'équilibre écologique global. C'est pourquoi [5] affirme que toute modification des états et de la structure de la couverture végétale a des répercussions sur les ressources en eau et, par conséquent, sur la disponibilité fourragère du milieu. Une gestion durable des ressources naturelles et la conservation de la couverture végétale sont donc essentielles pour garantir la disponibilité de fourrage et d'eau à long terme.

3.1.3 FORMATIONS PEDO-GEOLOGIQUES DU BASSIN VERSANT DU ZOU A L'EXUTOIRE DE DOME

Les sols sont essentiels pour le cycle de l'eau et l'hydrologie globale, car ils agissent comme des réservoirs et des filtres d'eau capables de retenir une quantité variable d'eau [14], dont une partie est restituée pour le développement des espèces végétales dans les parcours de transhumance. Ils permettent de maintenir l'humidité dans les zones agricoles et pastorales pendant les périodes de sécheresse. Cependant, la capacité de rétention de l'eau par les sols et leur transmission aux espèces fourragères sont surtout liées à leur composition granulométrique [15]. Ainsi, les sols argileux, composés de matériaux fins, n'arrivent pas à transmettre l'eau retenue aux plantes. Dans les sols à matériaux sableux, l'eau est faiblement retenue et sa mobilité est généralement trop faible pour assurer une réserve hydrique durable pour les espèces fourragères. Le bassin versant présente des sols très variés, répartis en fonction des conditions topographiques et édaphiques du milieu. On distingue cinq (5) grandes classes de sols: les sols ferrugineux, les sols hydromorphes, les sols minéraux bruts, les sols ferralitiques et les sols bruns eutrophé hydromorphes occupant respectivement 80,84 %, 16,25 %, 1,35 %, 0,99 % et 0,56 % de l'espace du bassin (Figure 7).

En effet, dans les zones de basse altitude et les dépressions, se forment des sols hydromorphes en raison des excès d'eau temporaires ou permanents. Sur les versants moins pentus (inférieurs à 5 %), se développent des sols profonds sans gravillons ni cuirasse. Enfin, sur les versants très pentus (supérieurs à 5 %) et les sommets, se développent des sols minéraux sur des substrats de roches affleurantes, peu profonds et gravillonnaires [13].

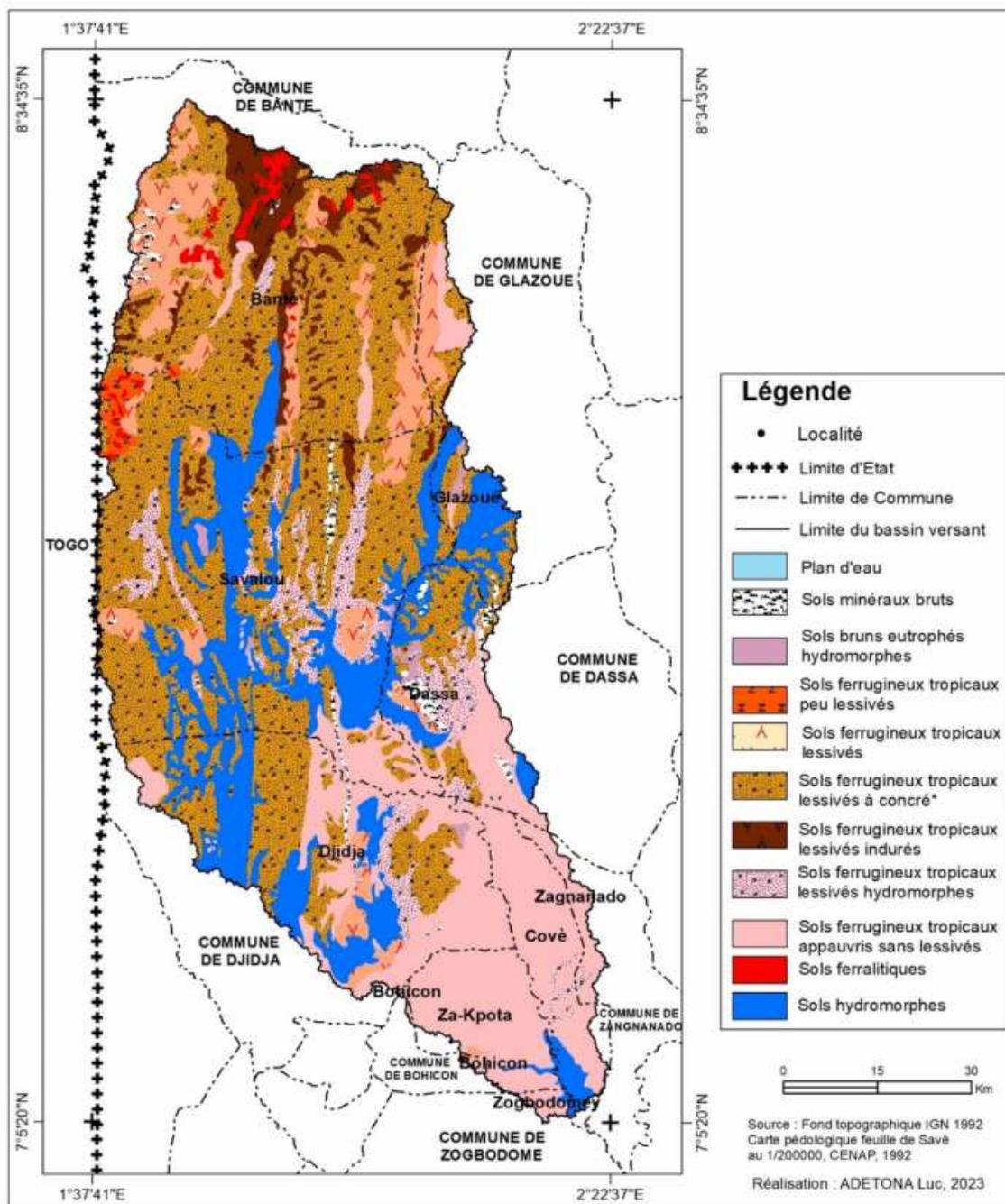


Fig. 7. Formation pédologique du bassin versant du Zou à l'exutoire de Domé

On note que le bassin versant est caractérisé par la prédominance des sols ferrugineux tropicaux, qui sont peu profonds, avec une faible capacité de rétention en eau et de nombreux éléments grossiers [16]. Cela a été confirmé par les travaux de [12], qui ont trouvé que le centre du Bénin est dominé par les sols ferrugineux tropicaux, situés essentiellement dans la partie centrale, et par les sols minéraux bruts et d'érosion en bordure des collines. La figure 8 présente les caractéristiques chimiques du bassin versant à l'exutoire de Domé.

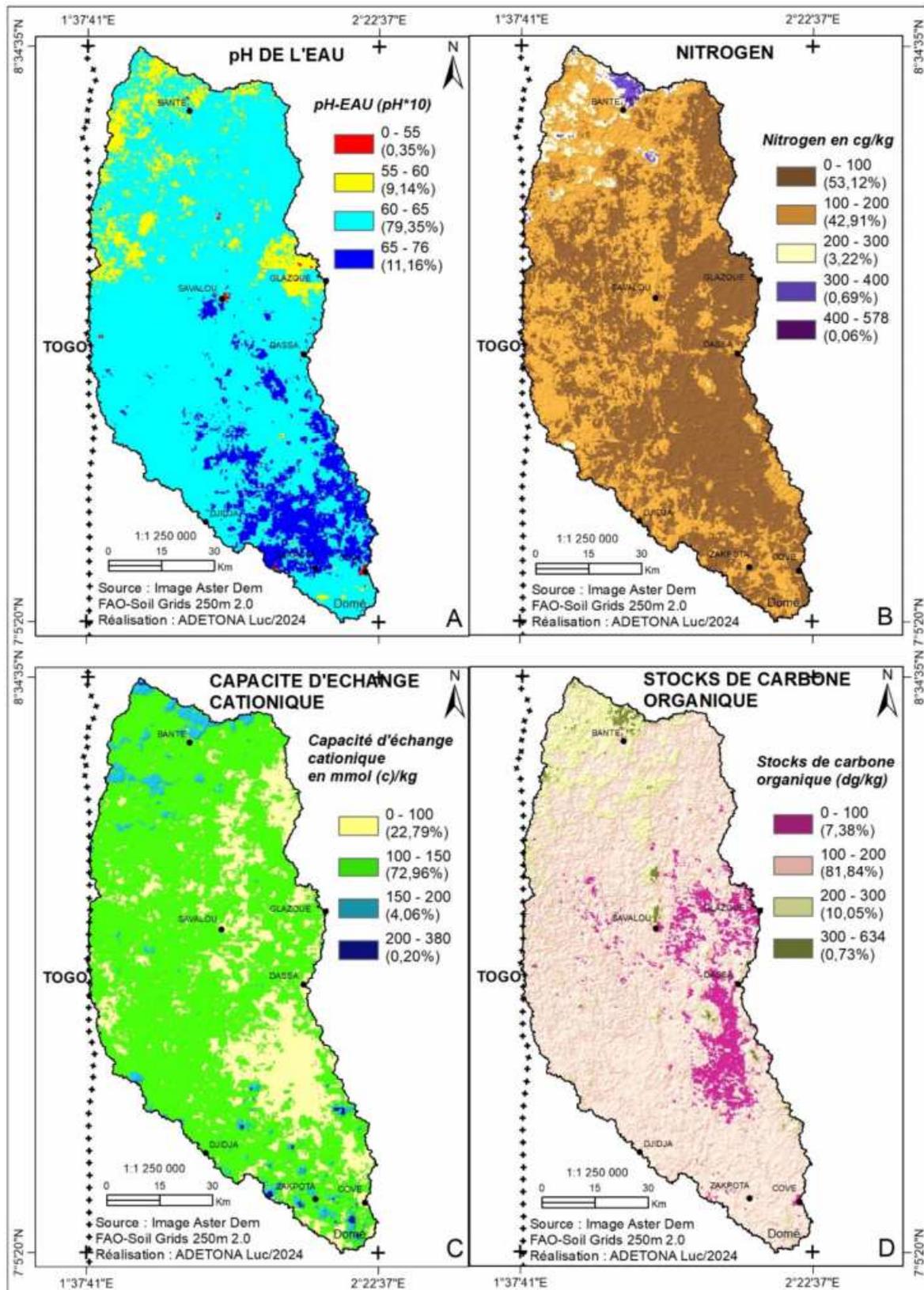


Fig. 8. Caractéristiques chimiques des sols du bassin versant du Zou à l'exutoire de Domé

L'analyse de la figure 8 révèle que 79,35 % des sols du bassin sont légèrement acides, avec un pH compris entre 6 et 6,5, tandis que 11,16 % des sols sont neutres, principalement dans la partie Sud du bassin. La teneur en azote varie de 0 à 100 et de 100 à 200 cg/kg pour la plupart des sols, occupant respectivement 53,12 % et 42,91 % de la superficie totale du bassin. Les sols du bassin montrent une forte capacité de rétention des éléments nutritifs, avec 72,96 % de la superficie occupée par des sols ayant une capacité de rétention

variant entre 100 et 150 mmol (c/kg) et un stock de carbone organique variant entre 100 et 200 dg/kg. La Figure 9 présente les caractéristiques physiques du bassin versant à l'exutoire de Domé.

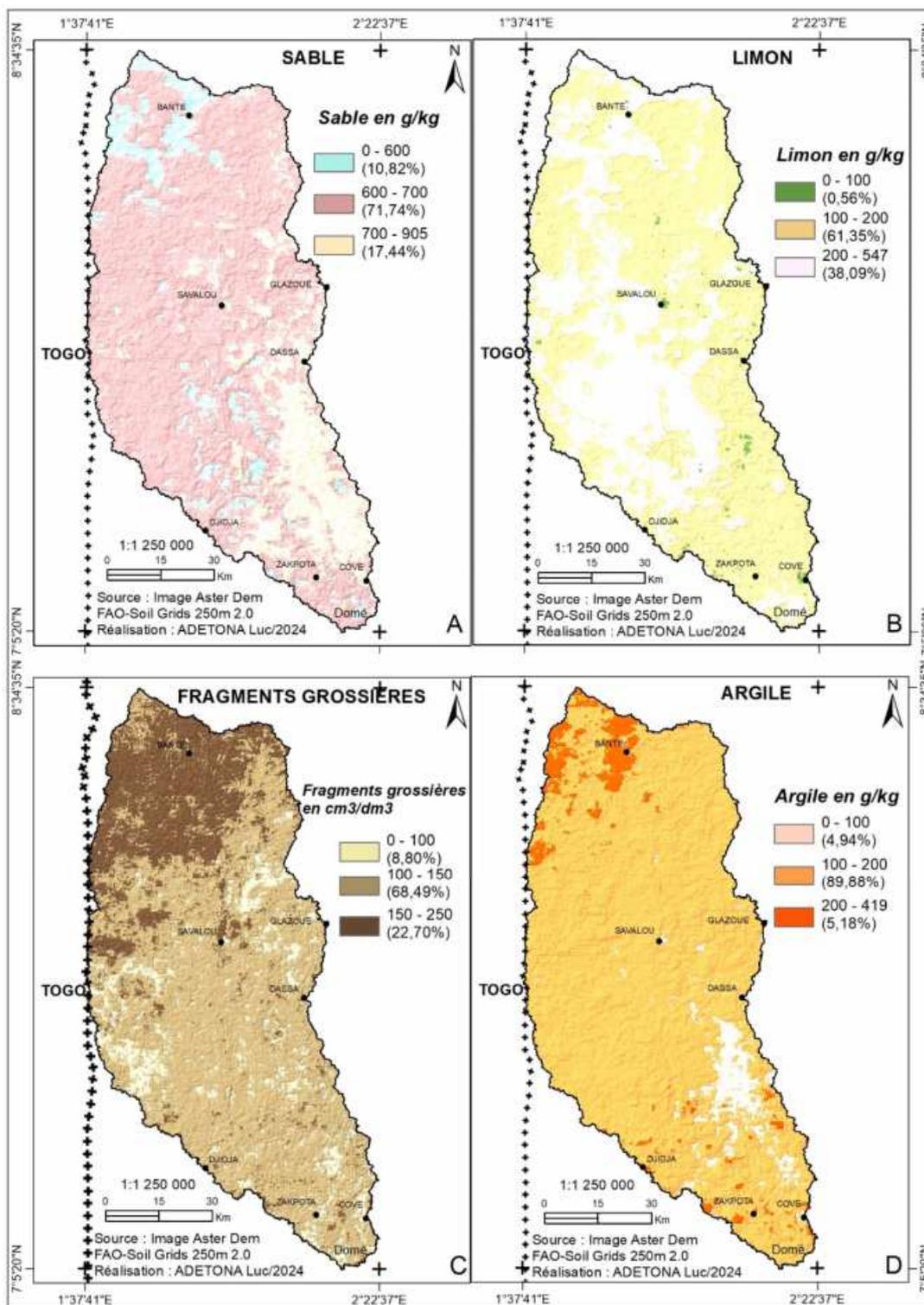


Fig. 9. Caractéristiques physiques des sols du bassin versant du Zou à l'exutoire de Domé

De l'analyse de la Figure 9, on note que 71,74 % des sols du bassin sont riches en sable, avec une présence de fragments grossiers dans sa partie nord (150 à 150 cm³/dm³) et de fragments moins grossiers dans la partie Sud. Cela s'explique par la présence de collines dans la partie nord, tandis que le Sud du bassin constitue une zone basse et subit donc le phénomène de sédimentation. L'argile et le limon sont répartis de manière équitable sur l'ensemble du bassin.

Au regard de ces caractéristiques, l'espace du bassin est globalement favorable aux graminées pérennes autant qu'aux annuelles, ainsi qu'aux ligneux fourragers tels que *Azizium africanum*, *Pterocarpus erinaceus*, *Khaya senegalensis* et *Daniellia oliveri* [17].

Le bassin versant du Zou s'étend sur une surface modelée par des roches très anciennes datant du précambrien (le socle granito-gneissique) appelé Dahoméen (figure 8), constitué de roches grenues plus ou moins métamorphisées, que l'on peut regrouper en cinq types principaux: les granites, les gneiss, les granito-gneiss, les embréchites et les quartzites.

- Les granites: abondants surtout à l'est de la zone. Ce sont en général des roches sans litage ni orientation, nettement grenues, riches en quartz, à feldspaths calco-alcalins, à biotite et muscovite. D'autres types de granites se rencontrent au sud de la zone, depuis Ouédémé jusqu'au nord de Aklampa; ces granites, intrusifs dans les séries précambriennes, sont microgrenus, pauvres en quartz et très riches en feldspaths alcalins, ce qui leur confère des caractéristiques de roches basiques.
- Les gneiss: abondants, surtout aux abords de la vallée de l'Ouémé et à l'extrême ouest de la région. Ce sont des roches à litage régulier et fin renfermant essentiellement des biotites et des quartz, parfois des amphiboles.
- Les granito-gneiss: ce sont des roches dont la composition est sensiblement identique à celle des granites, mais la structure porphyroïde est fréquente et des zones rubanées apparaissent dans la masse. Les granito-gneiss se rencontrent dans les zones d'embréchites au voisinage des batholites de granite.
- Les embréchites: ce sont les roches les plus répandues, occupant la majeure partie de la portion centre et ouest de la région. Elles sont grenues, à faciès rubané ou orienté, avec de gros cristaux feldspathiques œillés. Elles émergent parfois en inselbergs très élevés (collines de Banté, Monts Kouffé, Mont Kagoulé). Leur composition est variable, allant des embréchites à biotite et muscovite aux embréchites à biotite et amphiboles. En général, la proportion de minéraux ferromagnésiens est élevée dans ces roches.
- Les quartzites: ce sont des roches essentiellement quartzieuses avec une faible proportion de muscovite. Elles émergent dans le paysage en chaînons à bords abrupts (Mont de Koda et de Agbassa) [9], [18].

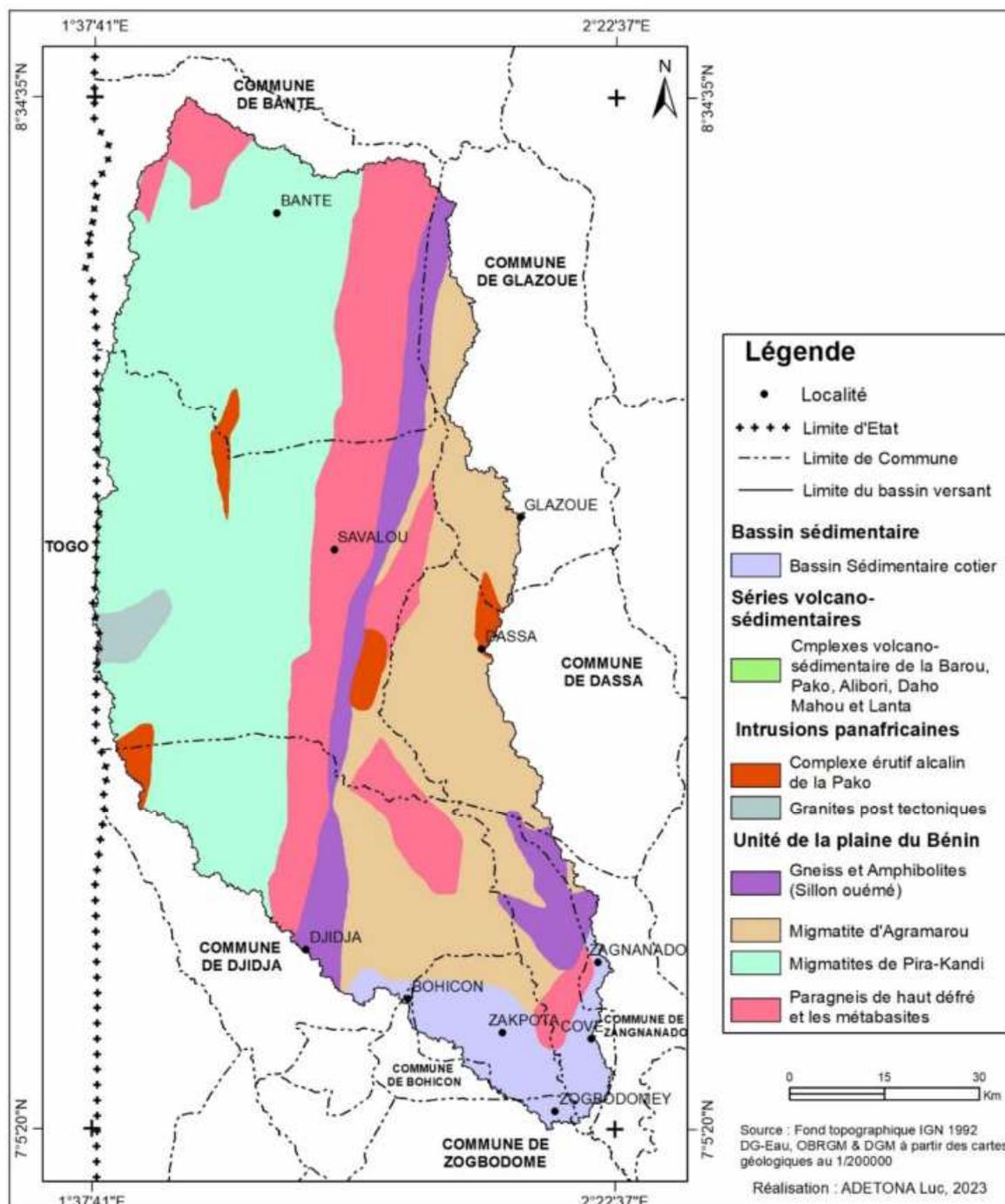


Fig. 10. Formation géologique du bassin versant du Zou à l'exutoire de Domé

4 CONCLUSION

L'étude du bassin versant du Zou à l'exutoire de Domé au Bénin met en lumière l'importance cruciale de comprendre les interactions complexes entre les caractéristiques agro-pédo-géologiques et la gestion des ressources pastorales. Les résultats détaillent les conditions climatiques, la couverture végétale, les sols et la géologie du bassin, soulignant les défis et les opportunités pour une gestion durable de ces ressources. Face à la dégradation avancée de la région, il est impératif de mettre en place des stratégies de conservation de la couverture végétale, de restauration des sols et de gestion rationnelle de l'eau. Une approche intégrée prenant en compte les besoins des communautés locales, les pratiques agricoles et pastorales traditionnelles, ainsi que les impacts du changement climatique, est nécessaire pour promouvoir la durabilité environnementale et socio-économique dans le bassin versant du Zou.

5 LIMITE ET AVANTAGE DE L'ÉTUDE

L'étude présente une approche intégrée et multidisciplinaire pour analyser les caractéristiques agro-pédo-géologiques et la gestion des ressources pastorales dans le bassin versant du Zou au Bénin. Cependant, elle est limitée par la disponibilité restreinte de données temporelles et l'absence de données socio-économiques, telles que les pratiques agricoles et pastorales, ainsi que les pressions démographiques, qui pourraient influencer la gestion des ressources naturelles.

Malgré ces limitations, l'étude tire parti de techniques avancées telles que la télédétection et les SIG pour fournir une représentation spatialement précise du bassin versant, ce qui en fait une ressource précieuse pour la gestion des ressources naturelles dans la région, en identifiant les zones critiques et en proposant des orientations pour une gestion durable de l'eau et des pâturages.

REFERENCES

- [1] Amoussou, E., Variabilité pluviométrique et dynamique hydro-sédimentaire du bassin versant du complexe fluvio-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'ouest). Histoire. Université de Bourgogne, Français. 2010.
- [2] <https://theses.hal.science/tel-00493898v2>.
- [3] Z. Mardy, S. Weissenberger et J-Ph. Waaub, Caractérisation du bassin versant de la rivière Mulet (Roche-à-Bateau, Haïti) à l'aide d'outils de géomatique, *Géocarrefour*, 97/3 | 2023, mis en ligne le 03 janvier 2024, consulté le 18 avril 2024.
- [4] DOI: <https://doi.org/10.4000/geocarrefour.22751>.
- [5] A.A.G. Atchade, E. R. Dossou-Yovo, D.J. Kodja, E.W. Vissin, M. Boukari, Dynamique de l'occupation des terres et ressource en eau du bassin versant de la rivière du zou à l'exutoire de Domé au Bénin, *XXVIII Colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, Liège 2015, p. 301-306. 2015.
- [6] G. C. Wokou, Rythme démographique et climatique dans le bassin versant du Zou: quelles implications environnementales ? *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 32, pp. 371-390, 2018.
- [7] <http://www.revist.ci>.
- [8] Vissin E., Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger. Hydrologie. Université de Bourgogne, Français. 2007.
- [9] <https://theses.hal.science/tel-00456097>.
- [10] C. R. Houedjissin et M. Boko, Diagnostic des systèmes pédologiques et agraires dans la commune d'Agbangnizoun au Sud-Bénin: approche systémique de restauration de l'équilibre agro-écologique, *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, Numéro 65, p. 44-51, 2009.
- [11] Azonsi F., Tossa A., Kpomasse M., Lanhoussi F., Zannou A. et Gohoungossou A., Atlas hydrographique du Bénin: Un Système d'Information sur l'hydrographie, Direction Generale de l'Eau - Cotonou, Bénin, 22 p. 2008.
- [12] Adetona L., Agoïnon N., Orou Kpera B., Vodounou J. B. K. et Gnélé J. E., Evolution spatiale de la forêt classée des Monts-Kouffe dans la commune de Bassila, Annales de l'Université de Parakou-série lettres, Arts et sciences Humaines, *Numéro Spécial 6 ème CSI-UP*, p. 87-102. 2022.
- [13] Dubroeuq D., Carte pédologique de reconnaissance de la République Populaire du Bénin à 1/200.000 feuille de Savè, Notice explicative N° 66 (3), ORSTOM, 53 p. 1977.
- [14] Adetona, L., Vodounou K. J.B. et Imourou O.B.F., Modélisation des systèmes de production agricole dans le Bassin-Versant de l'Okpara: Secteur Tchaourou-Okpa (Bénin-Nigéria), RUFORUM Working Document Series (ISSN 1607-9345), No. 19 (1). p. 258-269. 2021.
- [15] <http://repository.ruforum.org>
- [16] J. Hounkpe et B. Diekkrüger, Challenges in calibrating hydrological models to simultaneously evaluate water resources and flood hazard: a case study of Zou basin, Benin, *Episodes*, Vol. 41, No. 2, p. 106-114. 2018.
- [17] <http://dx.doi.org/10.18814/epiiugs/2018/018010>.
- [18] Igue A.M., Adjanohoun A., Saidou A., Ezui G., Attiogbe P., Kpagbin G., Gotoechan-Hodonou H., Youl S., Pare T., Balogoun I., Ouedraogo J., Dossa E., Mando A. et Sogbedji J., Application et adaptation de l'approche intégrée DSSAT-SIG à la formulation des doses d'engrais pour la culture du maïs au Sud et au Centre du Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB). Numéro spécial Fertilité du maïs, pp. 24-33. 2013.
- [19] <http://www.slire.net>
- [20] L. O. Sintondji, E. K. Agbossou et Degnissode B., Dynamique de dégradation des forêts galeries et comblement du cours d'eau Agbado dans le département des Collines au Bénin, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7 (4). pp.1555-1567. 2013.
- [21] DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i4.12>.
- [22] Tafasca S., Evaluation de l'impact des propriétés du sol sur l'hydrologie simulée dans le modèle ORCHIDEE, Thèse de doctorat, Sorbonne Université, Ecole Doctorale 398: Géosciences, Ressources Naturelles et Environnement UMR METIS 7619. 175 p. 2020.
- [23] A. Cornei, Observations sur la capacité de rétention, ses relations avec les valeurs de potentiel et la texture des sols sableux du Nord Sénégal. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Biol., n°42, p. 53-59. 1980.

- [24] Z. Bassole, I. P. Yanogo et F. T. Idani, Caractérisation des sols ferrugineux tropicaux lessivés et des sols bruns eutrophes tropicaux pour l'utilisation agricole dans le bas-fond de Goundi-Djoro (Burkina Faso), *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 17 (1), p. 247-266. 2023.
- [25] DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v17i1.18>.
- [26] Saliou A. R. A., MODELISATION PREDICTIVE ET CARTOGRAPHIE DE LA DYNAMIQUE DES PARCOURS DE TRANSHUMANCE DANS LE CONTEXTE DE VARIABILITES CLIMATIQUES DANS LE MOYEN-BENIN, Thèse de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 306 p. 2015.
- [27] Agoïnon N., Etude morphodynamique du bassin versant du Zou à l'exutoire de Domé (République du Bénin), Thèse de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 240 p. 2012.