

Nº 4
Novembre
2025

GÉOPORO

ISSN : 3005-2165

Revue de Géographie du PORO



Département de Géographie
Université Péléforo Gon Coulibaly

Indexations



<https://sjifactor.com/passport.php?id=23980>



<https://reseau-mirabel.info/revue/21571/Geoporo>



<https://aurehal.archives-ouvertes.fr/journal/read/id/947477>



<https://portal.issn.org/resource/ISSN/3005-2165>

COMITE DE PUBLICATION ET DE RÉDACTION

Directeur de publication :

KOFFI Brou Emile, Professeur Titulaire de Géographie, Université Alassane Ouattara

Rédacteur en chef :

TAPE Sophie Pulchérie, Maître de Conférences en Géographie, Université Peleforo GON COULIBALY

Membres du secrétariat :

- KONAN Hyacinthe, Maître de Conférences en Géographie, Université Peleforo GON COULIBALY
- Dr DIOBO Kpaka Sabine, Maître de Conférences, Université Peleforo GON COULIBALY
- SIYALI Wanlo Innocents, Maître-assistant en Géographie, Université Peleforo GON COULIBALY
- COULIBALY Moussa, Maître-assistant en Géographie, Université Peleforo GON COULIBALY
- DOSSO Ismaïla, Assistant en Géographie, Université Peleforo GON COULIBALY

COMITE SCIENTIFIQUE INTERNATIONAL

- KOFFI Brou Emile, Professeur Titulaire de Géographie, Université Alassane Ouattara (Côte d'Ivoire)
- YAPI-DIAHOU Alphonse, Professeur Titulaire de Géographie, Université Paris 8 (France)
- ALOKO-N'GUESSAN Jérôme, Directeur de Recherches en Géographie, Université Félix Houphouët-Boigny (Côte d'Ivoire)
- VISSIN Expédit Wilfrid, Professeur Titulaire de Géographie, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)
- DIPAMA Jean Marie, Professeur Titulaire de Géographie, Université Joseph KI-ZERBO (Burkina Faso)
- ANOH Kouassi Paul, Professeur Titulaire de Géographie, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)
- EDINAM Kola, Professeur Titulaire de Géographie, Université de Lomé (Togo)
- BIKPO-KOFFIE Céline Yolande, Professeur Titulaire de Géographie, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)
- GIBIGAYE Moussa, Professeur Titulaire de Géographie, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)
- VIGNINOU Toussaint, Professeur Titulaire de Géographie, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)

- ASSI-KAUDJHIS Joseph, Professeur Titulaire de Géographie, Université Alassane Ouattara (Côte d'Ivoire)
- SOKEMAWU Koudzo, Professeur Titulaire de Géographie, Université de Lomé (Togo)
- MENGHO Maurice Boniface, Professeur Titulaire, Université de Brazzaville (République du Congo)
- NASSA Dabié Désiré Axel, Professeur Titulaire de Géographie, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)
- KISSIRA Aboubakar, Professeur Titulaire de Géographie, Université de Parakou (Bénin)
- KABLAN Hassy N'guessan Joseph, Professeur Titulaire de Géographie, Université Félix Houphouët- Boigny, (Côte d'Ivoire)
- VISSOH Sylvain, Professeur Titulaire de Géographie, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)
- Jürgen RUNGE, Professeur titulaire de Géographie physique et Géoecologie, Goethe-University Frankfurt Am Main (Allemagne)
- DIBI-ANOH Pauline, Professeur Titulaire de Géographie, Université Felix Houphouët- Boigny, (Côte d'Ivoire)
- LOBA Akou Franck Valérie, Professeur Titulaire de Géographie, Université Félix Houphouët- Boigny (Côte d'Ivoire)
- MOUNDZA Patrice, Professeur Titulaire de Géographie, Université Marien N'Gouabi (Congo)

COMITE DE LECTURE INTERNATIONAL

- KOFFI Simplice Yao, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- KOFFI Yeboué Stephane Koissy, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- KOUADIO Nanan Kouamé Félix, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire),
- KRA Kouadio Joseph, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire),
- TAPE Sophie Pulchérie, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- ZOUHOULA Bi Marie Richard Nicetas, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- ALLA kouadio Augustin, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- DINDJI Médé Roger, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)

- DIOBO Kpaka Sabine Epse Doudou, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- KOFFI Lath Franck Eric, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- KONAN Hyacinthe, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- KOUDOU Dogbo, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- SILUE Pebanangnanan David, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- FOFANA Lancina, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- GOGOUA Gbamain Franck, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- ASSOUMAN Serge Fidèle, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- DAGNOGO Foussata, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- KAMBIRE Sambi, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- KONATE Djibril, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- ASSUE Yao Jean Aimé, Maitre de Conférences en Géographie, Université Alassane Ouattara (Côte d'Ivoire)
- GNELE José Edgard, Maitre de conférences en Géographie, université de Parakou (Benin)
- KOFFI Yao Jean Julius, Maitre de Conférences, Université Alassane Ouattara, (Côte d'Ivoire)
- MAFOU Kouassi Combo, Maitre de Conférences en Géographie, Université Jean Lorougnon Guédé (Côte d'Ivoire)
- SODORE Abdoul Azise, Maître de Conférences en Géographie, Université Joseph KI-ZERBO (Burkina Faso)
- ADJAKPA Tchékpo Théodore, Maître de Conférences en Géographie, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)
- BOKO Nouvewa Patrice Maximilien, Maitre de Conférences en Géographie, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)
- YAO Kouassi Ernest, Maitre de Conférences en Géographie, Université Jean Lorougnon Guédé (Côte d'Ivoire)
- RACHAD Kolawolé F.M. ALI, Maître de Conférences, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)

1. Le manuscrit

Le manuscrit doit respecter la structuration habituelle du texte scientifique : **Titre** (en français et en anglais), **Coordonnées de(s) auteur(s)**, **Résumé et mots-clés** (en français et en anglais), **Introduction** (Problématique ; Objectif(s) et Intérêt de l'étude compris) ; **Outils et Méthodes** ; **Résultats** ; **Discussion** ; **Conclusion** ; **Références bibliographiques**. **Le nombre de pages du projet d'article** (texte rédigé dans le logiciel Word, Book antiqua, taille 11, interligne 1 et justifié) **ne doit pas excéder 15**. Écrire les noms scientifiques et les mots empruntés à d'autres langues que celle de l'article en italique. En dehors du titre de l'article qui est en caractère majuscule, tous les autres titres doivent être écrits en minuscule et en gras (Résumé, Mots-clés, Introduction, Résultats, Discussion, Conclusion, Références bibliographiques). Toutes les pages du manuscrit doivent être numérotées en continu. Les notes infrapaginaires sont à proscrire.

Nota Bene :

-Le non-respect des normes éditoriales entraîne le rejet d'un projet d'article.

-Tous les nom et prénoms des auteurs doivent être entièrement écrits dans les références bibliographiques.

-La pagination des articles et chapitres d'ouvrage, écrire p. 16 ou p. 2-45, par exemple et non pp. 2-45.

-En cas de co-publication, citer tous les co-auteurs.

-Eviter de faire des retraits au moment de débuter les paragraphes.

-Plan : Titre, Coordonnées de(s) auteur(s), Résumé, Introduction, Outils et méthode, Résultats, Discussion, Conclusion, Références Bibliographiques.

-L'année et le numéro de page doivent accompagner impérativement un auteur cité dans le texte (Introduction – Méthodologie – Résultats – Discussion). Exemple : KOFFI S. Y. *et al.* (2023, p35), (ZOUHOULA B. M. R. N., 2021, p7).

1.1. *Le titre*

Il doit être explicite, concis (16 mots au maximum) et rédigé en français et en anglais (Book Antiqua, taille 12, Lettres capitales, Gras et Centré avec un espace de 12 pts après le titre).

1.2. *Le(s) auteur(s)*

Le(s) NOM (s) et Prénom(s) de l'auteur ou des auteurs sont en gras, en taille 10 et aligner) gauche, tandis que le nom de l'institution d'attaché, l'adresse électronique et le numéro de téléphone de l'auteur de correspondance doivent apparaître en italique, taille 10 et aligner à gauche.

1.3. *Le résumé*

Il doit être en français (250 mots maximum) et en anglais. Les mots-clés et les keywords sont aussi au nombre de cinq. Le résumé, en taille 10 et justifié, doit synthétiser le contenu de l'article. Il doit comprendre le contexte d'étude, le problème, l'objectif général, la méthodologie et les principaux résultats.

1.4. *L'introduction*

Elle doit situer le contexte dans lequel l'étude a été réalisée et présenter son intérêt scientifique ou socio-économique.

L'appel des auteurs dans l'introduction doit se faire de la manière suivante :

-Pour un seul auteur : (ZOUHOULA B. M. R. N., 2021, p7) ou ZOUHOULA B. M. R. N. (2021, p7)

-Pour deux (02) auteurs : (DIOBO K. S. et TAPE S. P., 2018, p202) ou DIOBO K. S. et TAPE S. P. (2018, p202)

-Pour plus de deux auteurs : (KOFFI S. Y. *et al.*, 2023, p35) ou KOFFI S. Y. *et al.* (2023, p35)

Le texte est en Book antiqua, Taille 11 et justifié.

1.5. *Outils et méthodes*

L'auteur expose l'approche méthodologique adoptée pour l'atteinte des résultats. Il présentera donc les outils utilisés, la technique d'échantillonnage, la ou les méthode(s) de collectes des données quantitatives et qualitatives. Le texte est en Book antiqua, Taille 11 et justifié.

1.6. *Résultats*

L'auteur expose les résultats de ses travaux de recherche issus de la méthodologie annoncée dans "Outils et méthodes" (pas les résultats d'autres chercheurs).

Les titres des sections du texte doivent être numérotés de la façon suivante : 1. Premier niveau, premier titre (Book antiqua, Taille 11 en gras), 1.1. Deuxième niveau (Book antiqua, Taille 11 gras italique), 1.1.1. Troisième niveau (Book antiqua, Taille 11 italique). Le texte est en Book antiqua, Taille 11 et justifié.

1.7. *Discussion*

Elle est placée avant la conclusion. Le texte est en Book antiqua, Taille 11 et justifié. L'appel des auteurs dans la discussion doit se faire de la manière suivante :

-Pour un auteur : (ZOUHOULA B. M. R. N., 2021, p7) ou ZOUHOULA B. M. R. N. (2021, p7)

-Pour deux (02) auteurs : (DIOBO K. S. et TAPE S. P., 2018, p202) ou DIOBO K. S. et TAPE S. P. (2018, p202)

-Pour plus de deux auteurs : (KOFFI S. Y. *et al.*, 2023, p35) ou KOFFI S. Y. *et al.* (2023, p35)

1.8. *Conclusion*

Elle doit être concise et faire le point des principaux résultats. Le texte est en Book antiqua, Taille 11 et justifié.

1.9. Références bibliographiques

Elles sont présentées en taille 10, justifié et par ordre alphabétique des noms d'auteur et ne doivent pas excéder 15. Le texte doit être justifié. Les références bibliographiques doivent être présentées sous le format suivant :

Pour les ouvrages et rapports : AMIN Samir, 1996, Les défis de la mondialisation, Paris, L'Harmattan.

Pour les articles scientifiques, thèses et mémoires : TAPE Sophie Pulchérie, 2019, « *Festivals culturels et développement du tourisme à Adiaké en Côte d'Ivoire* », Revue de Géographie BenGéO, Bénin, 26, pp.165-196.

Pour les articles en ligne : TOHOZIN Coovi Aimé Bernadin et DOSSOU Gbedegbé Odile, 2015 : « *Utilisation du Système d'Information Géographique pour la restructuration du Sud-Est de la ville de Porto-Novo, Bénin* », Afrique Science, Vol. 11, N°3, <http://www.afriquescience.info/document.php?id=4687>. ISSN 1813-548X, consulté le 10 janvier 2023 à 16h.

Les noms et prénoms des auteurs doivent être écrits entièrement.

2. Les illustrations

Les tableaux, les figures (carte et graphique), les schémas et les photos doivent être numérotés (numérotation continue) en chiffres arabes selon l'ordre de leur apparition dans le texte. Ils doivent comporter un titre concis (centré), placé en-dessous de l'élément d'illustration (Taille 10). La source (centrée) est indiquée en-dessous du titre de l'élément d'illustration (Taille 10). Ces éléments d'illustration doivent être : i. Annoncés, ii. Insérés, iii. Commentés dans le corps du texte. Les cartes doivent impérativement porter la mention de la source, de l'année et de l'échelle. Le manuscrit doit comporter impérativement au moins une carte (Carte de localisation du secteur d'étude).

Indexations



<https://sifactor.com/passport.php?id=23980>



<https://reseau-mirabel.info/revue/21571/Geoporo>



<https://aurehal.archives-ouvertes.fr/journal/read/id/947477>



<https://portal.issn.org/resource/ISSN/3005-2165>

SOMMAIRE

1	<u>DYNAMIQUE CLIMATIQUE DANS LA BASSE VALLEE DU MONO A L'EXUTOIRE ATHIEME AU BENIN (AFRIQUE DE L'OUEST)</u> Auteur(s): ASSABA Hogouyom Martin, SODJI Jean, AZIAN D. Donatien, Virgile GBEFFAN, VISSIN Expédit Wilfrid. N° Page : 1-9
2	<u>PAYSAGES DE VALLEES ET EVOLUTION DE L'OCCUPATION DU SOL DANS LA SOUS-PREFECTURE DE BÉOUMI 2002 A 2024 (Centre de la Côte d'Ivoire)</u> Auteur(s): Djibril Tenena YEO, Pascal Kouamé KOFFI, Lordia Florentine ASSI, Nambégué SORO. N° Page : 10-21
3	<u>APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE AU QUARTIER KALLEY PLATEAU (NIAMEY, NIGER)</u> Auteur(s): SOULEY BOUBACAR Adamou, BOUBACAR ABOU Hassane, MOTCHO KOKOU Henry, DAMBO Lawali. N° Page : 22-36
4	<u>CONFLITS CULTIVATEURS-ELEVEURS DANS LE DEPARTEMENT DE ZUENOULA (CENTRE-OUEST DE LA COTE D'IVOIRE)</u> Auteur(s): KRA Koffi Siméon. N° Page : 37-47
5	<u>DÉFIS ENVIRONNEMENTAUX DE L'URBANISATION DE LA VILLE DE MAN À L'OUEST DE LA COTE D'IVOIRE</u> Auteur(s): KONÉ Atchiman Alain, AFFRO Mathieu Jonasse, SORO Nambegué. N° Page : 48-61
6	<u>EVALUATION DES MODELES CLIMATIQUES REGIONAUX (CORDEXAFRICA) POUR UNE ÉTUDE DES TENDANCES FUTURES DES PRÉCIPITATIONS DE LA VALLÉE DU NIARI (REPUBLIQUE DU CONGO)</u> Auteur(s): Martin MASSOUANGUI-KIFOUALA, MASSAMBA-BABINDAMANA Milta-Belle Achille. N° Page : 62-72
7	<u>RÔLE DES FACTEURS SOCIODÉMOGRAPHIQUE SUR L'INTENTION DE MIGRER AU NORD DU SÉNÉGAL</u> Auteur(s): Issa MBALLO. N° Page : 73-86
8	<u>ÉVALUATION DE L'ENVAISEMENT DE LA MARRE DE KOUMBELOTI DANS LA COMMUNE DE L'OTI 1 AU NORD-TOGO</u> Auteur(s): KOLANI Lamitou-Dramani, KOUMOI Zakariyao, BOUKPESSI Tchaa. N° Page : 87-96
9	<u>DÉGRADATION ET AMÉNAGEMENT DU TRONÇON DE ROUTE MAMAN MBOUALÉ-MANIANGA DANS L'ARRONDISSEMENT 6 TALANGAÏ À BRAZZAVILLE.</u> Auteur(s): Robert NGOMEKA. N° Page : 97-110

10	<u>CARACTÉRISTIQUES SOCIO-ÉCONOMIQUES DES VENDEURS DE TÉLÉPHONES AU BLACK MARKET D'ADJAMÉ (CÔTE D'IVOIRE)</u> Auteur(s): SERI-YAPI Zohonon Sylvie Céline, KOUADIO Armel Akpénan Junior, BOSSON Eby Joseph. N° Page : 111-125
11	<u>INSECURITE ALIMENTAIRE ET STRATEGIES GOUVERNEMENTALES DANS L'OUEST DU NIGER</u> Auteur(s): ALI Nouhou. N° Page : 126-136
12	<u>EFFETS DE L'URBANISATION SUR LA CULTURE MARAICHERE DANS L'ARRONDISSEMENT 6 TALANGAÏ DE 2000 A 2020 (RÉPUBLIQUE DU CONGO)</u> Auteur(s): Akoula Backobo Jude Hermes, Maliki Christian, Louzala Kounkou Bled Dumas Blaise. N° Page : 137-146
13	<u>GESTION DES ORDURES MENAGERES POUR UNE MEILLEURE SANTE DES POPULATIONS DANS LA VILLE DE MANGO (NORD-TOGO)</u> Auteur(s): LARE Babénoun. N° Page : 146-161
14	<u>MISE EN PLACE D'UN CADRE DE COLLABORATION HARMONIEUX ENTRE L'AMUGA ET LES COLLECTIVITÉS TERRITORIALES DU GRAND ABIDJAN EN FAVEUR D'UN TRANSPORT URBAIN DURABLE ET PERFORMANT</u> Auteur(s): KOUTOUA Amon Jean-Pierre, KONARE Ladj. N° Page : 161-174
15	<u>SECURISATION ET LAVAGE DES MOYENS DE TRANSPORT, UNE STRATEGIE DE SURVIE FACE A LA CRISE DE L'EMPLOI A LOME</u> Auteur(s): Kossi AFELI, Kodjo Gnimavor FAGBEDJI, Komla EDOH. N° Page : 175-187
16	<u>CARTOGRAPHIE DE L'ÉROSION HYDRIQUE DANS LE BASSIN DU BAOBOLONG (CENTRE-OUEST DU SÉNÉGAL)</u> Auteur(s): DIOP Mame Diarra, FALL Chérif Amadou Lamine, SANE Yancouba, SECK Henry Marcel, COLY Kémo. N° Page : 188-203
17	<u>LA RIZICULTURE FEMININE, UNE STRATEGIE DE LUTTE CONTRE L'INSECURITE ALIMENTAIRE DANS LA VILLE DE NIENA</u> Auteur(s): DIAKITE Salimata, TRAORE Djakanibé Désiré. N° Page : 204-219
18	<u>ANTHROPOGENIC ACTIVITIES AND DEGRADATION OF VEGETATION COVER IN THE DEPARTMENT OF KANI, IN THE NORTHWEST OF THE IVORY COAST</u> Auteur(s): BAMBA Ali, GBODJE Jean-François Aristide, ASSI-KAUDJHIS Joseph P.. N° Page : 220-233
19	<u>CONTRAINTE A LA MISE EN VALEUR DES CHAMPS DE CASE DU DOUBLET LOKOSSA-ATHIEME AU SUD DU BENIN</u> Auteur(s): Félicien GBEGNON, Akibou Abaniché AKINDELE, Jean-Marie Mèyilon DJODO. N° Page : 234-248

20	<u>ANALYSE DES TEMPERATURES DE MER ET DES PRECIPITATIONS DANS LE CONTEXTE DE CHANGEMENT CLIMATIQUE A LOME</u> Auteur(s): LEMOU Faya. N° Page : 249-261
21	<u>ACTION DE L'HOMME ET DÉGRADATION DE LA DIVERSITÉ BIOLOGIQUE DE LA RÉSERVE DE LAMTO (CÔTE D'IVOIRE)</u> Auteur(s): N'GORAN Ahou Suzanne. N° Page : 262-270
22	<u>ANALYSE DE LA DYNAMIQUE DU COUVERT VÉGÉTAL DANS LE CENTRENORD DU BURKINA FASO</u> Auteur(s): Yasmina TEGA, Hycenth Tim NDAH, Evéline COMPAORE-SAWADOGO, Johannes SCHULER, Jean-Marie DIPAMA. N° Page : 271-285
23	<u>PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE DU PROJET D'ALIMENTATION EN ÉNERGIE ÉLECTRIQUE DE LA ROUTE DES PÊCHES 286 (BENIN)</u> Auteur(s): BONI Gratien . N° Page : 286-299
24	<u>LA DISPONIBILITÉ ALIMENTAIRE A L'ÉPREUVE DE L'ESSOR DE L'ORPAILLAGE DANS LA SOUS-PRÉFECTURE DE SIEMPURGO (NORD DE LA COTE D'IVOIRE)</u> Auteur(s): KOFFI Guy Roger Yoboué, KONE Levol, COULIBALY Mékié. N° Page : 300-310
25	<u>LA COMMERCIALISATION DE LA BANANE PLANTAIN DANS LA SOUSPREFECTURE DE BONON (CENTRE-OUEST DE LA COTE D'IVOIRE)</u> Auteur(s): KOUAME Kanhoun Baudelaire. N° Page : 311-325
26	<u>VECU ET PERCEPTION DE LA TRYPARASOMIASE HUMAINE AFRICAINE EN MILIEU RURAL : ETUDE DE CAS A MINDOULI (REPUBLIQUE DU 326 CONGO)</u> Auteur(s): Larissa Adachi BAKANA. N° Page : 326-337
27	<u>LE TAXI-TRICYCLE, UN MODE DE DÉSENCLAVEMENT DE LA COMMUNE PÉRIPHÉRIQUE DE BINGERVILLE (ABIDJAN, CÔTE 338 D'IVOIRE)</u> Auteur(s): COULIBALY Amadou, FRAN Yelly Lydie Lagrace, KOUDOU Welga Prince, DIABAGATÉ Abou. N° Page : 338-353
28	<u>DYNAMIQUE DES FORMATIONS PAYSAGERES DANS LES TERROIRS DE BLISS ET DE FOGNY KOMBO EN BASSE CASAMANCE (SENEGAL)</u> Auteur(s): SAMBOU Abdou Kadrl, MBAYE Ibrahima. N° Page : 354-367
29	<u>INSALUBRITÉ ET PRÉCARITÉ SANITAIRE URBAIN À DIVO (SUD-OUEST, CÔTE D'IVOIRE) : ÉTAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES</u> Auteur(s): DIARRASSOUBA Bazoumana. N° Page : 368-379

30	<u>DISTRIBUTION SPATIALE DES INFRASTRUCTURES SANITAIRES PUBLIQUES : UN FACTEUR IMPORTANT DANS L'ACCESSIBILITÉ GÉOGRAPHIQUE DES POPULATIONS AUX CENTRES DE SANTÉ DANS LA VILLE DE ZUÉNOULA</u> Auteur(s): AYEMOU Anvo Pierre, ZOHOURE Gazalo Rosalie, ISSA Bonaventure Kouadio. N° Page : 380-393
31	<u>TYPOLOGIE ET AIRES DE RAYONNEMENT DES INFRASTRUCTURES MARCHANDES DANS LA VILLE DE PORTO-NOVO</u> Auteur(s): ZANNOU Sandé. N° Page : 394-406
32	<u>COMPOSITION ET RÉPARTITION DES UNITÉS DE PRODUCTION DE PAIN ET DE PÂTISSERIE À KORHOGO (CÔTE D'IVOIRE)</u> Auteur(s): OUATTARA Mohamed Zanga. N° Page : 407-421
33	<u>DYNAMIQUE DES ECOSYSTEMES DE MANGROVE DANS LA COMMUNE D'ENAMPORE (BASSE-CASAMANCE/SENEGAL)</u> Auteur(s): Joseph Saturnin DIEME, Henri Marcel SECK 422 , Bonoua FAYE, Ibrahima DIALLO. N° Page : 422-432
34	<u>ECONOMIE DE LA MER ET EQUILIBRE DE LA ZONE COTIERE DU TOGO, IMPACTS DES OUVRAGES PORTUAIRES</u> Auteur(s): Djiwonou Koffi ADJALO, Koko Zébéro HOUEDAKOR, Kouami Dodji ADJAHO, Etse GATOGO, Kpotivi Kpatanyo WILSON-BAHUN, Komlan KPOTOR. N° Page : 433-444
35	<u>ALIMENTATION DE L'ENFANT DE 0 À 3 ANS DANS LE DISTRICT SANITAIRE DE BOUAKÉ ET DE COCODY-BINGERVILLE (CÔTE D'IVOIRE)</u> Auteur(s): Veh Romaric BLE, Tozan ZAH BI, Brou Emile KOFFI. N° Page : 445-457
36	<u>IMPACT DES ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES DE LA FORêt DE WARI-MARO AU BENIN SUR LE BIEN-ÊTRE DES MÉNAGES</u> Auteur(s): Raïssa Chimène JEKINNOU, Maman-Sani ISSA, Moussa WARI ABOUBAKAR. N° Page : 458-469
37	<u>LA VILLE DE BROBO FACE À L'EXPANSION URBAINE : ENJEUX ET PROBLÉMATIQUES DE L'ÉLECTRIFICATION (CENTRE CÔTE D'IVOIRE)</u> Auteur(s): KOUASSI Kobenan Christian Venance. N° Page : 470-484
38	<u>LE POLE URBAIN DU LAC ROSE : OPPORTUNITES D'EXTENSION ET DE LOGEMENTS POUR DAKAR ET LIMITES ENVIRONNEMENTALES</u> Auteur(s): El hadji Mamadou NDIAYE, Ameth NIANG, Mor FAYE. N° Page : 485-496

39	<u>GÉOMATIQUE ET GÉODONNÉES POUR LA CARTOGRAPHIE GÉOLOGIQUE EN ZONE FORESTIÈRE: CAS DE KAMBÉLÉ (EST CAMEROUN)</u> Auteur(s): BISSEGUE Jean Claude, YAMGOUOT NGOUNOUNO Fadimatou, TCHAMENI Rigobert, NGOUNOUNO Ismaïla. N° Page : 497-510
40	<u>DEFICIT D'ASSAINISSEMENT ET STRATEGIES DE RESILIENCE DANS LA VILLE DE BOUAKÉ</u> Auteur(s): KRAMO Yao Valère, AMANI Kouakou Florent, ISSA Kouadio Bonaventure, ASSI-KAUDJHIS Narcisse. N° Page : 511-523
41	<u>LES ENJEUX DE L'ACCÈS AUX ESPACES SPORTIFS ET PRATIQUES SPORTIVES DANS LA VILLE DE BOUAKÉ</u> Auteur(s): OUSSOU Anouman Yao Thibault. N° Page : 524-534
42	<u>LA PRODUCTIVITE DE LA CULTURE D'ANACARDIER DANS LA SOUSPREFECTURE DE TIORONIARADOUGOU AU NORD DE LA CÔTE D'IVOIRE</u> Auteur(s): TOURÉ Adama. N° Page : 535-546
43	<u>USAGE ET GESTION DU PARC IMMOBILIER PUBLIC DANS L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE A KORHOGO EN CÔTE D'IVOIRE</u> Auteur(s): SIYALI Wanlo Innocents. N° Page : 547-557
44	<u>IMPACT DES ENTREPRISES DE FILIÈRES PORTUAIRES SUR LES POPULATIONS LOCALES : LE CAS DE COIC DANS LE DÉPARTEMENT DE 558 KORHOGO</u> Auteur(s): YRO Koulai Hervé. N° Page : 558-569
45	<u>CARTOGRAPHIE DES FLUX MIGRATOIRES À PARTIR DE L'OUEST DE LA RÉGION DES PLATEAUX AU TOGO</u> Auteur(s): Kokouvi Azoko KOKOU, Edinam KOLA. N° Page : 570-589
46	<u>PRODUCTION DE LA BANANE PLANTAIN : QUELLE CONTRIBUTION A LA SECURITE ALIMENTAIRE DANS LE DÉPARTEMENT DE BOUAFLE (CÔTE 590 D'IVOIRE)</u> Auteur(s): KONE Bassoma. N° Page : 590-604

GÉOMATIQUE ET GÉODONNÉES POUR LA CARTOGRAPHIE GÉOLOGIQUE EN ZONE FORESTIÈRE: CAS DE KAMBÉLÉ (EST CAMEROUN)

GEOMATICS AND GEODATA FOR GEOLOGICAL MAPPING IN FOREST AREAS: THE CASE OF KAMBELE (EASTERN CAMEROON)

BISSEGUE Jean Claude^{1, 2, 3*}, YAMGOUOT NGOUNOUNO Fadimatou¹, TCHAMENI Rigobert¹, NGOUNOUNO Ismaïla¹

¹Département des Sciences de la Terre, Faculté des Sciences, Université de Ngaoundéré, BP.454 Ngaoundéré

*Téléphone : +237695648696 ; Auteur correspondant : email: jeanclaudebissegue7@gmail.com

email: yamgouotfadimatou@yahoo.fr

email: ngounouno@yahoo.fr

email: rigotchameni@yahoo.fr

²Geoinformatics Department, NETRA institute of Geoinformatics Management and Technologies Foundation, Dwarka Mor, New Delhi-110059, India

³Centre des Compétences et Leadership (CCL), académie de formation professionnelle privée, Marrakech, Morocco.

Résumé

L'objectif de cette étude est de concevoir une esquisse géologique du secteur de Kambélé et de ses environs à l'aide de la classification supervisée orientée objet (CSOO) et de données d'observations de terrain (pétrographie, coordonnées GPS des gîtes d'or). Kambélé est un vaste champ minier situé au centre du district aurifère de Batouri à l'Est Cameroun, en zone forestière. À cause de la difficulté à réaliser la cartographie géologique à partir des géodonnées en zone de recouvrement végétal ; ce travail propose une méthode innovante basée sur les techniques de cartographie forestière et de géobotanique fondée sur l'analyse du lien substratum rocheux-sol-végétation. L'approche méthodologique de prétraitement et traitement des géodonnées pour la cartographie géologique a consisté d'une part, (1) en l'analyse lithologique dont les principales étapes comprennent : la composition colorée fausse couleur (FCC), la segmentation de l'image (IS) et la classification supervisée objet orientée (CSOO) de l'image Landsat 8/9 OLI ayant permis d'aboutir à la discrimination des contours géologiques. D'autre part, (2) l'analyse structurale adossée sur le filtrage directionnel du MNT de la donnée SRTM suivant quatre azimuts 0°, 45°, 90 et 135° pour l'extraction des linéaments et structures majeures. Les données obtenues ont ensuite été croisées avec les points d'observations de terrain dans un logiciel SIG du système ArcGIS de la société mère Esri. Le principal résultat obtenu est la carte géologique et minière de Kambélé, qui contribuera à améliorer l'information géologique et minière de ce secteur.

Mots clés : District aurifère de Batouri, zone forestière, Géomatique appliquée, Géodonnées, Cartographie Géologique

Abstract

The objective of this study is to design a geological sketch of the Kambele sector and its surroundings using supervised object-oriented classification (SOOC) and field observation data (petrography, GPS coordinates of gold deposits). Kambele is a vast mining field located in the center of the Batouri gold district, in eastern Cameroon in a forest zone. Due to the difficulty in carrying out geological mapping from geodata in vegetation cover areas; this work proposes an innovative method based on forest mapping and geobotany techniques based on the analysis of the bedrock-soil-vegetation link. The methodological approach to preprocessing and processing geodata for geological mapping consisted on the one hand, (1) of lithological analysis, the main steps of which include: false color composition (FCC), image segmentation (IS) and supervised object-oriented classification (SOOC) of the Landsat 8/9 OLI image, which led to the discrimination of geological contours. On the other hand, (2) structural analysis based on directional filtering of the DTM of the SRTM data along four azimuths 0°, 45°, 90 and 135° for the extraction of major lineaments and structures. The obtained data were then cross-referenced with the field observation points in a SIG software of the ArcGIS system from the Esri company. The main result obtained is the geological and mining map of Kambele, which will contribute to improving geological and mining information of this sector.

45°, 90° and 135° for the extraction of major lineaments and structures. The data obtained were then cross-referenced with field observation points in GIS software of the ArcGIS system of the parent company Esri. The main result obtained is the geological and mining map of Kambele, which will contribute to improving the geological and mining information of this sector.

Keywords: Batouri Gold District, Forest Area, Applied Geomatics, Geodata, Geological Mapping

Introduction

La cartographie géologique à grande échelle représente un atout majeur pour toute stratégie de développement durable de l'industrie minière, car elle vise à améliorer les informations géologiques et minières existantes. Pour concevoir une carte géologique, les géologues ont souvent recours aux prélèvements d'échantillons et observations sur le terrain, des forages, des études de sols, des études de végétation, des enregistrements sismiques ou, de plus en plus, la géomatique, outil moderne de cartographie incluant la télédétection, les SIG et la cartographie numérique. La télédétection est encore utilisée avec succès dans les zones désertiques, car les roches sont souvent nues ou exposées (Sabins F.F., 1999, p158). En revanche, elle représente un véritable challenge en zone semi-aride et forestière, en raison de la présence de la végétation, de la couche de sol ou de la patine d'altération qui masquent le socle rocheux (Siegal D.B., 1983, p77). En plus de ces limites, il faut y ajouter la part de résolution spatiale caractéristique intrinsèque de l'image qui lorsqu'elle est faible constitue aussi un facteur limitant. Ainsi, dans ces régions, les chercheurs ont souvent eu recours à la télédétection optique, utilisant la végétation comme indicateur d'objets géologiques (Scanvic et al., 1985, p89). Le secteur de Kambélé et ses environs, dans le district aurifère de Batouri situé dans la forêt équatoriale de l'Est Cameroun, est un vaste district minier qui n'avait jusqu'à présent pas fait l'objet d'une cartographie géologique détaillée à petite échelle par télédétection; et l'absence de celle-ci créée une véritable zone d'ombre à la compréhension du contexte géologique de ce dernier. L'objectif de cette étude est de concevoir une esquisse géologique du secteur de Kambélé et de ses environs afin de mettre à la disposition des exploitants miniers un outil de base leur permettant de focaliser leurs recherches dans les zones géologiquement favorables et prometteuses. Dans cette étude, nous avons utilisé la classification Supervisée orientée objet (CSOO), une technique avancée de télédétection, afin de produire la carte géologique du secteur de Kambélé et de ses environs. L'article s'articule autour de deux points saillants : premièrement, la présentation des outils de géomatiques, la démarche méthodologique de prétraitement et traitement des géodonnées ; et deuxièmement, la conception de différentes cartes thématiques, l'interprétation et la discussion des résultats.

1. Outils et méthodes

1.1. Zone d'étude

1.1.1. Situation géographique et accessibilité

Le secteur d'étude est situé au Sud-Est de Bertoua dans la région de l'Est Cameroun ; le site de Kambélé est à une distance d'environ 7km de la ville de Batouri, chef-lieu du département de la Kadey. La zone d'étude est géographiquement limitée par les coordonnées 4°15' et 4°50' de latitude Nord et 13°58' et 14°60' de longitude Est (Fig.1). Le relief dominant le secteur d'étude est relativement plat avec une altitude moyenne qui oscille entre 600 et 900 m. Le paysage est celui d'une pénéplaine accidentée. Des pentes abruptes peuvent être observées, mais elles restent très localisées au Nord de la région. Les vallées sont plus ou moins encaissées et la morphologie est ponctuée par endroit de chutes. La morphologie d'ensemble est taillée sur les roches de la série des granitoïdes plus ou moins déformées.

L'accès à la ville de Batouri depuis Bertoua se fait via la nationale N10 bitumée et par les nombreuses pistes rurales non entretenues ouvertes par des compagnies minières, des exploitants forestiers et des éleveurs facilitant les déplacements entre les sites miniers et les villages.

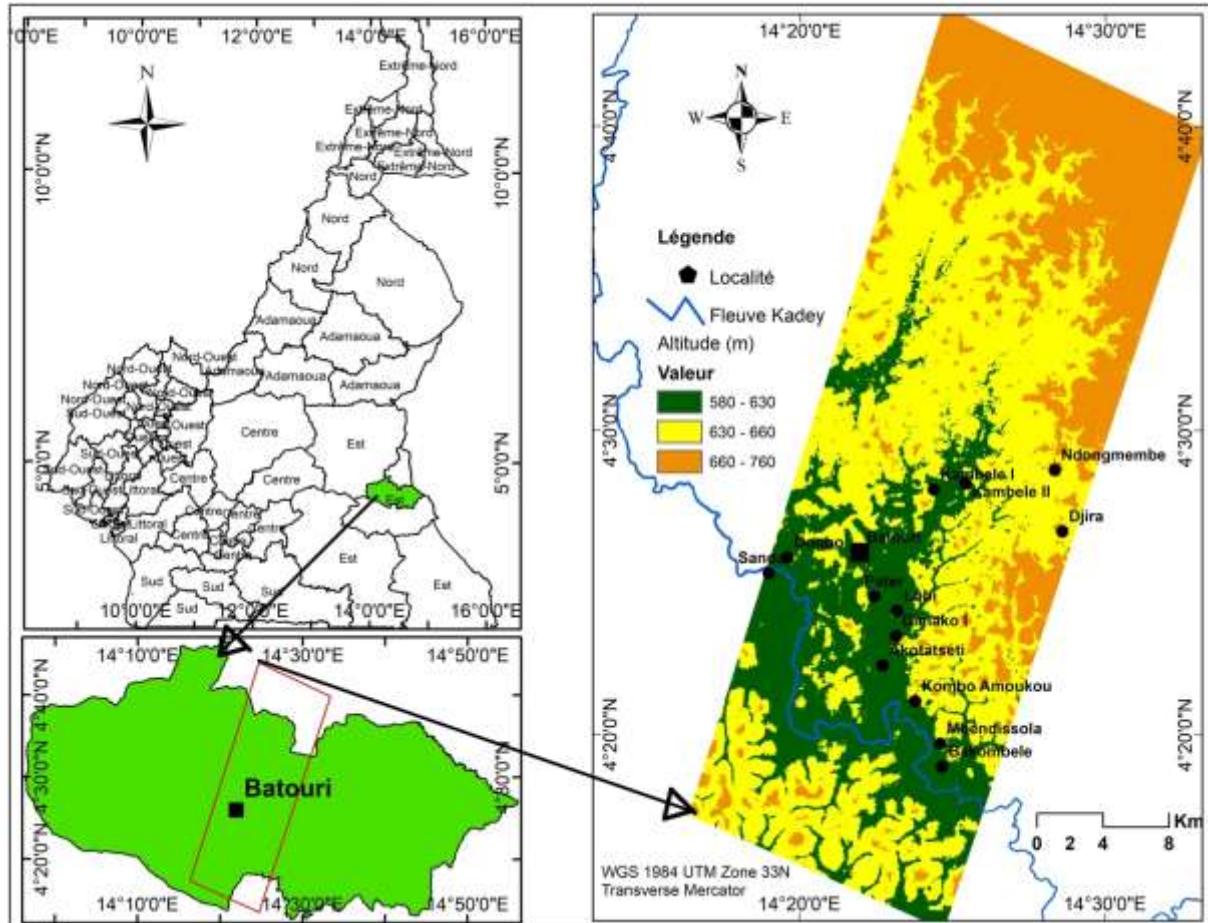


Figure 1. Carte de localisation de la zone d'étude éditée à partir du MNT et des données Vecteurs

Source : Bases de données USGS Earth Explorer, Diva-GIS, SRTM, 2025

1.1.2. Travaux antérieurs : synthèse géologique locale

Au cours des deux dernières décennies, de nombreux travaux ont été menés dans le district aurifère de Batouri portant sur la géologie et les aspects géochimiques de la minéralisation aurifère filonienne (Suh C.E. et al., 2006, p298); sur la microchimie des sulfures et l'évolution des fluides hydrothermaux dans les veines de quartz (Suh C.E. et al., 2008, p1); sur la minéralisation aurifère filonienne (Assaah A.V. et al., 2010, p59), sur la géochimie et la géochronologie (Assaah A.V. et al., 2014, p15), sur l'étude de la fiabilité des anomalies, ainsi que sur la détermination de la nature de la distribution de l'or dans les horizons du sol (Vishiti et al., 2015, p8); sur la détermination de la distribution de la zone de minéralisation probable en piège ou d'écoulement des fluides à partir des données gravimétriques (Ngoumou et al., 2016, p872); sur la cartographie géologique et la prospection de l'or à l'aide des outils de la géomatique (Bissegue J.C., 2021, p1; Bissegue J.C. et al., 2024, p59), et enfin sur la cartographie mobile et le contrôle des opérations minières à distance (Bissegue J.C. et al., 2025, p5).

Du point de vue géologique et de la gîtologie, il ressort de ces travaux que, le district aurifère de Batouri fait partie du domaine Centre Camerounais ou Adamaoua-Yadé de la Chaîne

Pan-Africaine d'Afrique Centrale au Cameroun (CPAC). Le gîte d'or de Batouri comprend à la fois le gîte primaire et les gîtes d'altérations supergènes des roches platoniques et métamorphiques à l'origine des placers éluviaux et alluviaux. Les gîtes primaires sont composés de filons ou d'imprégnations marqués sur le terrain par des grandes lames de quartz qui affleurent sur les massifs et les dalles de granites; des filons et des filonnets de quartz aurifères qui se trouvent dans le sol (Suh C.E., 2003, p257 ; 2006, p298 ; 2008, p1 ; Assah A.V, 2010, p48). Yannah M. et al. (2015, p3) ; Tata E. et al. (2018, p6) montrent que les roches granitiques hôtes de l'or de Batouri ont les caractéristiques d'un magmatisme d'arc continental; dans ce contexte, elles proviendraient d'une fusion partielle des roches crustales métá-igneuses. La datation U-Pb du zircon et celle Ar-Ar de ces roches donne des âges de cristallisation compris entre 620Ma et 640Ma, ce qui confirme leur formation pendant l'orogenèse panafricaine et dont la minéralisation à or de Batouri serait post-620 Ma et pré-480 Ma (Asaah A.V., 2010, p125). Du point de vue cartographique, la carte lithologique du district aurifère de Batouri présente un riche potentiel géologique favorable à la concentration de la minéralisation. Toutefois, la minéralisation est spatialement associée aux granites déformés affectés par les shear zones (Bissegue J.C., 2019, p778 ; Bissegue J.C., 2021, p202 ; Bissegue J.C. et al., 2024, p60).

1.2. Outils de géomatique et sources des géodonnées

1.2.1. Télédétection spatiale

Les données de télédétection ou géodonnées ont à l'origine trois sources (multisource) en fonction de l'altitude de la plateforme de captage. On distingue ainsi les données de télédétection au sol, les données de télédétection aérienne ou aéroportée et les données de télédétection spatiale dont les caractéristiques sont aussi très propices à la recherche en géologie minière et économique. Pour les besoins de la présente étude, nous avons utilisé deux types de données de télédétection spatiale : la donnée Landsat 8/9 OLI, deux satellites lancés dans l'espace conjointement par la NASA et l'United States Geological Survey (USGS) respectivement le 11 février 2013 et le 27 septembre 2021. Le capteur Operational Land Imager (OLI) collecte des informations grâce à un détecteur à neuf bandes à balayage linéaire avec huit bandes de 30 m et une bande panchromatique de 15 m de résolution spatiale (taille du pixel au sol). Les images Landsat de la zone d'étude, dont les spécifications sont présentées dans le tableau 1 ont été captées en saison sèche pour éviter les effets de saisonnalité liés à l'activité photosynthétique intense en saison des pluies.

Table 1. Spécifications du capteur Landsat 8/9 OLI
(<https://earthexplorer.usgs.gov>)

Capteur	Bandes spectrales	Numéro	Résolution spectrale (μm)	Résolution spatiale (m)	Largeur fauchée (km)
OLI	Aérosols	1	0.43 - 0.45		
	Bleu	2	0.45 - 0.51		
	Vert	3	0.53 - 0.59		
	Rouge	4	0.63 - 0.67	30	185
	NIR	5	0.85 - 0.88		
	SWIR 1	6	1.57 - 1.65		
	SWIR 2	7	2.11 - 2.29		
	Panchromatique	8	0.50 - 0.68	15	
	Cirrus	9	1.36 - 1.38	30	

1.2.2. Systèmes d'Information Géographique (SIG)

Les SIG renvoient à un ensemble d'outils de collecte, stockage, requête, transformation, manipulation de géodonnées permettant à différentes disciplines d'appréhender les informations spatiales pour un ensemble de buts. Les SIG sont à l'origine de l'informatisation de la production cartographique et à la base de la nouvelle technologie dénommée géomatique. On distingue parmi la variété de logiciels SIG existants, les logiciels grand public gratuit ou non commerciaux dédiés aussi à la recherche (QGIS, Google Earth,...) et ceux à utilisation commerciale via des licences payantes (ArcGIS, ArcGIS pro, ...). Pour les besoins de nos travaux, nous avons utilisé comme logiciel SIG le système ArcGIS de la société mère Esri.

1.2.3. Cartographie numérique

Une carte est un outil important pour toute politique de développement. La carte est un moyen de représenter de façon concise et précise des informations spatiales. Elle est donc un outil approprié et bien adapté pour de l'aide à la prise de décision éclairée permettant de résoudre certaines problématiques spatiales. La carte géologique spécifiquement est un outil de premier plan pour les décideurs et les acteurs du secteur de la géologie et des mines. Les cartes permettent non seulement d'afficher des informations, mais aussi trouver et comprendre les tendances et les relations, réaliser des analyses et faire la modélisation telle que la carte géologique et minière largement sollicité dans ce travail. Pour les besoins de ce travail, la cartographie numérique a abouti à l'édition dans les règles de l'art des différentes cartes thématiques présentant des informations ayant un aspect de distribution et de corrélations dans l'espace.

1.3. Démarche méthodologique

1.3.1. Méthode de collecte de données pétrographiques

Au cours d'une campagne de terrain, les données pétrographiques ont été récoltées où le substratum apparaît en surface (affleurement). La méthode a consisté en la recherche et la localisation aux moyens d'un GPS, de la boussole et du marteau du géologue de toutes les cibles géologiques (affleurements, sites miniers, indices miniers, failles). Une fouille systématique et minutieuse en empruntant les routes, les pistes et surtout les cours d'eau a conduit à la couverture du périmètre de la zone d'étude et à l'identification des différents types pétrographiques.

1.3.2. Méthode de traitement des géodonnées

Notre étude s'articule autour de deux principales analyses: une analyse lithologique et une analyse structurale. La figure 2 récapitule les différentes étapes de la démarche méthodologique adoptée pour l'exécution de cette étude.

1.3.2.1. Prétraitement des géodonnées

Une tuile de l'image satellite Landsat 8/9 du capteur OLI (Operational Land Imager) de niveau 1T a été acquise. L'étape de prétraitement a consisté en un rehaussement de l'image par un étirement non linéaire du contraste, utilisant l'égalisation d'histogramme comme technique d'étirement du contraste, réalisée dans le logiciel ArcMap 10.4. Une correction des scènes SRTM, utilisant la fonction «Ombrage» de l'extension Spatial Analyst d'ArcGIS, a été

appliquée pour produire des images raster avec des niveaux de gris variant de 0 à 255. À partir des images corrigées, la zone d'étude a été immédiatement extraite par découpage à l'aide de la couche vecteur de ses limites.

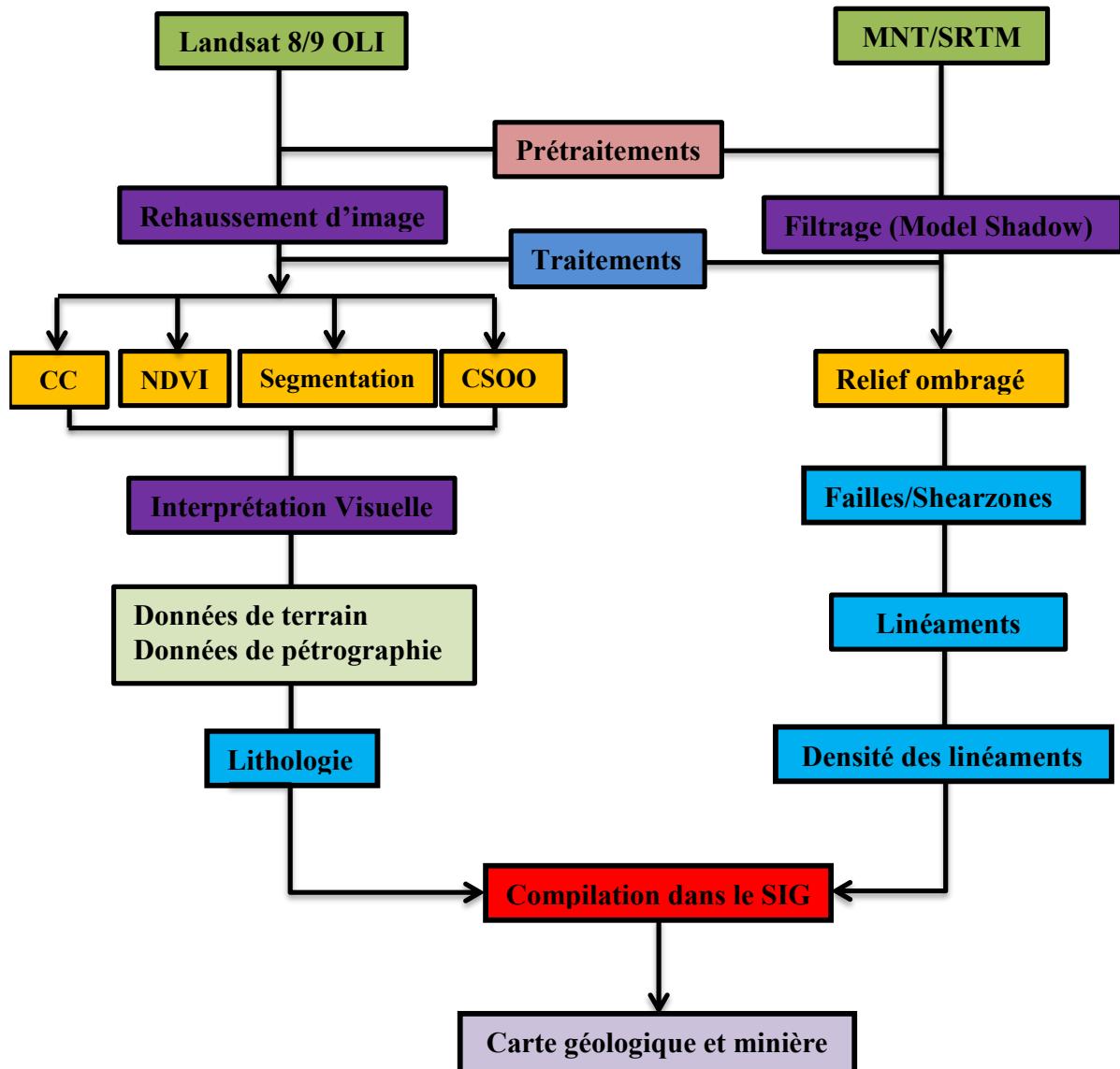


Figure 2. Séquence des étapes du traitement des géodonnées pour l'obtention de la carte géologique et des gîtes de Kambélé et environs

1.3.2.2. Traitements spécifiques

Dans ce projet, une approche spécialisée de traitement d'images numériques était nécessaire pour extraire des informations géologiques significatives au sein d'une zone fortement végétalisée. Les traitements sont alors abordés dans un cadre résolument naturaliste intégrant des techniques de la cartographie forestière et de la géobotanique multispectrale. Le couvert végétal est donc présenté comme un révélateur du substratum et non comme un voile (Deroïn et al., 1989, p2). Ce choix de la démarche méthodologique se justifie par le fait que les travaux expérimentaux très anciens sur la recherche géologique par télédétection optique de l'imagerie Landsat MSS, TM et SPOT réalisés en zone sémi-aride et forestière se sont avérés infructueux (Scanvic et al., 1985, p89 ; Siegal D.B., 1983, p77).

1.3.2.2.1. Analyse lithologique (Al)

Dans cette étude, la classification supervisée de type orientée objet (CSOO) a été utilisée pour discriminer les unités lithologiques du secteur de Kambélé et de ses environs. En effet, selon Ducrot D. (2005, p13), la classification supervisée constitue la meilleure méthode pour l'extraction automatique des limites de surface. Cette méthode d'analyse des données satellitaires permet ainsi d'extraire des informations thématiques pour la discrimination, la reconnaissance et l'identification des unités lithologiques. De plus, dans les zones climatiques tropicales et tempérées caractérisées par une couverture forestière importante, l'imagerie satellitaire à haute résolution spatiale permet, grâce à la strate végétale, de révéler des zones minéralisées, de mettre en évidence des caractéristiques de la tectonique régionale et, plus généralement, des types lithologiques (Ségal D.B., 1983, p77). La logique repose sur le fait que la qualité de la végétation dépend du type de sol, qui dépend lui-même du type de roche mère sous-jacente ; le climat et le relief du milieu ont toutefois un effet non nul (Warner et al., 1994, p79). L'approche de classification supervisée adoptée est celle de la classification supervisée orientée objet (CSOO). Le principe de cette méthode de classification consiste à considérer l'élément à classer comme un groupe de pixels appelé «objet». La classification hors-champ comprend trois (03) étapes: segmentation de l'image, pré-classification et classification.

1.3.2.2.2. Composition colorée (CC)

La composition colorée en fausses couleurs RVB 754 a été appliquée à l'image Landsat prétraitée. Elle permet de ressortir des informations sur la nature de la surface du sol. Cette composition prise au hasard s'est révélée la mieux appropriée pour la reconnaissance des objets géologiques à la surface de la zone d'étude. L'image produite (Fig. 3a) est de bonne qualité et le contraste entre les cibles est net.

1.3.2.2.3. Segmentation d'Image (SI)

La segmentation est un processus par lequel les pixels sont regroupés en segments selon leur similarité spectrale. La segmentation d'image est également connue comme un processus d'isolement des objets d'intérêt du reste de la scène (Castleman K.R., 1996, p4). Dans cette étude, la méthode de segmentation (Fig. 3b) repose sur les propriétés des valeurs d'intensité et l'algorithme utilisé regroupe les pixels similaires en objets selon la texture, le contexte et la géométrie. La taille minimale des segments en pixels était le paramètre le plus important ; lorsqu'elle augmente, la généralisation augmente également.

1.3.2.2.4. Pré-classification

Cette étape a permis d'identifier les types d'occupation du sol via la signature spectrale des objets. La classification supervisée de type orientée objet (CSOO) est une méthode qui est basée sur les caractéristiques de l'objet à identifier et non seulement des pixels le constituant, traités isolément (Corbane C. et al., 2004, p11). Elle se déroule en trois étapes: la fusion des régions, le choix des attributs et la détermination des échantillons d'apprentissage, des sites d'apprentissage ou des régions d'intérêt (ROI). Afin de préserver la précision spatiale, les régions adjacentes similaires sont regroupées à l'aide du seul paramètre «Niveau de fusion». Les attributs à prendre en compte lors de la classification sont prédefinis ; trois (03) ont été retenus: l'attribut spatial, spectral et textural. Le calcul de l'indice de végétation NDVI (Figure 3c ; Tucker C. J., 1977, p41) a ensuite été utilisé, car il constitue un bon indicateur pour le suivi de l'état du couvert forestier.

1.3.2.2.5. Classification

La classification commence par le choix des attributs à intégrer. Concernant la détermination des attributs, Kerdiles et al. (1995, p102) ; Faivre R. et Fischer A. (1997, p62) ont supposé que la variabilité spectrale au sein des pixels mixtes était uniquement due aux variations de la couverture terrestre au sein des pixels eux-mêmes et non à l'évolution de la végétation. Pour notre étude, nous avons retenu les surfaces pour l'attribut spatial, la moyenne et la variance pour la texture, ainsi que l'écart type, le minimum et le maximum pour l'attribut spectral. Enfin, nous avons procédé à la classification proprement dite, en utilisant l'algorithme du plus proche voisin. La figure 3d présente le résultat de la classification supervisée orientée objet.

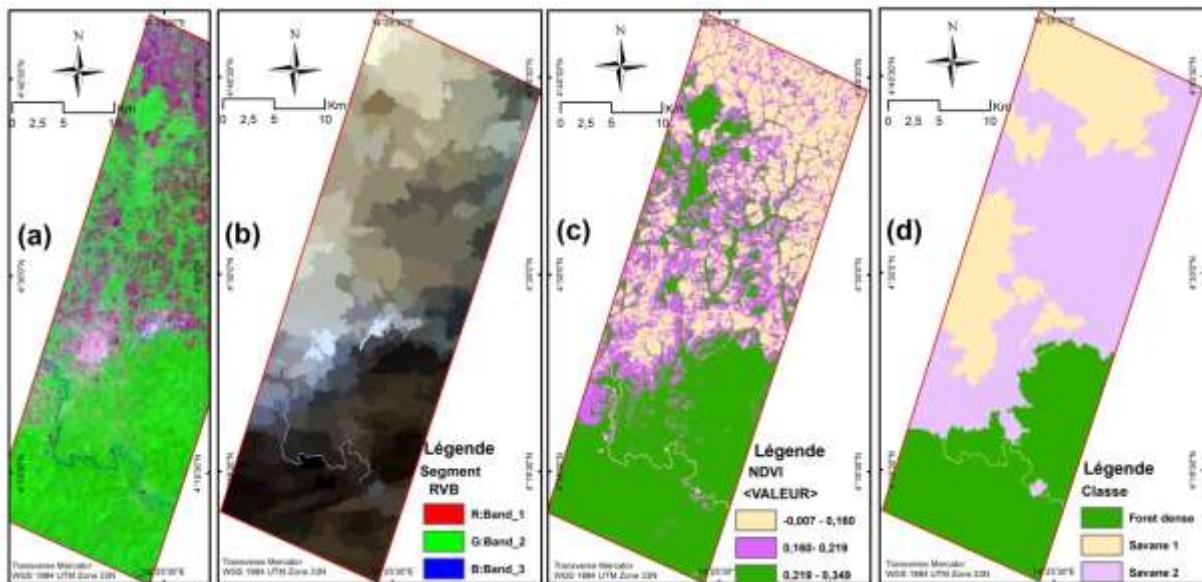


Figure 3. Principales étapes de la classification supervisée orientée objet. a) Composition colorée en fausses couleurs RVB 754; b) Image segmentée par utilisation de différentes tolérances de similarité (15, 200); c) Résultat du calcul de NDVI de la zone d'étude montrant trois classes d'objets ; d) Donnée de la CSOO à partir de l'image Landsat 8/9 OLI de la zone d'étude

Source : Bases de données USGS Earth Explorer, Landsat, 2024

1.3.2.2.2. Analyse linéamentaire et de la fracturation

La détection des structures a été réalisée à partir de la donnée MNT importées dans le logiciel ArcGIS. La technique de traitement de l'image SRTM pour l'interprétation structurale repose sur l'application sur cette image présentant différentes altitudes et pentes plusieurs filtres directionnels de type d'ombrage. La procédure se déroule en plusieurs étapes: les images en relief ombré ont été créées pour quatre azimuts solaires suivant les angles 00°, 45°, 90° et 135°. Le principe de cette technique préconise que les zones perpendiculaires à l'angle solaire soient les plus éclairées, tandis que les zones présentant un angle élevé ou supérieur à 00°, 45°, 90° ou 135° soient ombragées. Enfin, des interprétations visuelles et manuelles ont été nécessaires pour extraire les linéaments et les structures de failles significatives (Fig.4). Toutes les données générées au cours des travaux de laboratoire et de terrain ont été compilées, intégrées et croisées dans le SIG ArcGIS afin d'en extraire des informations significatives relatives à la cartographie géologique. Les principaux résultats sont présentés ci-contre.

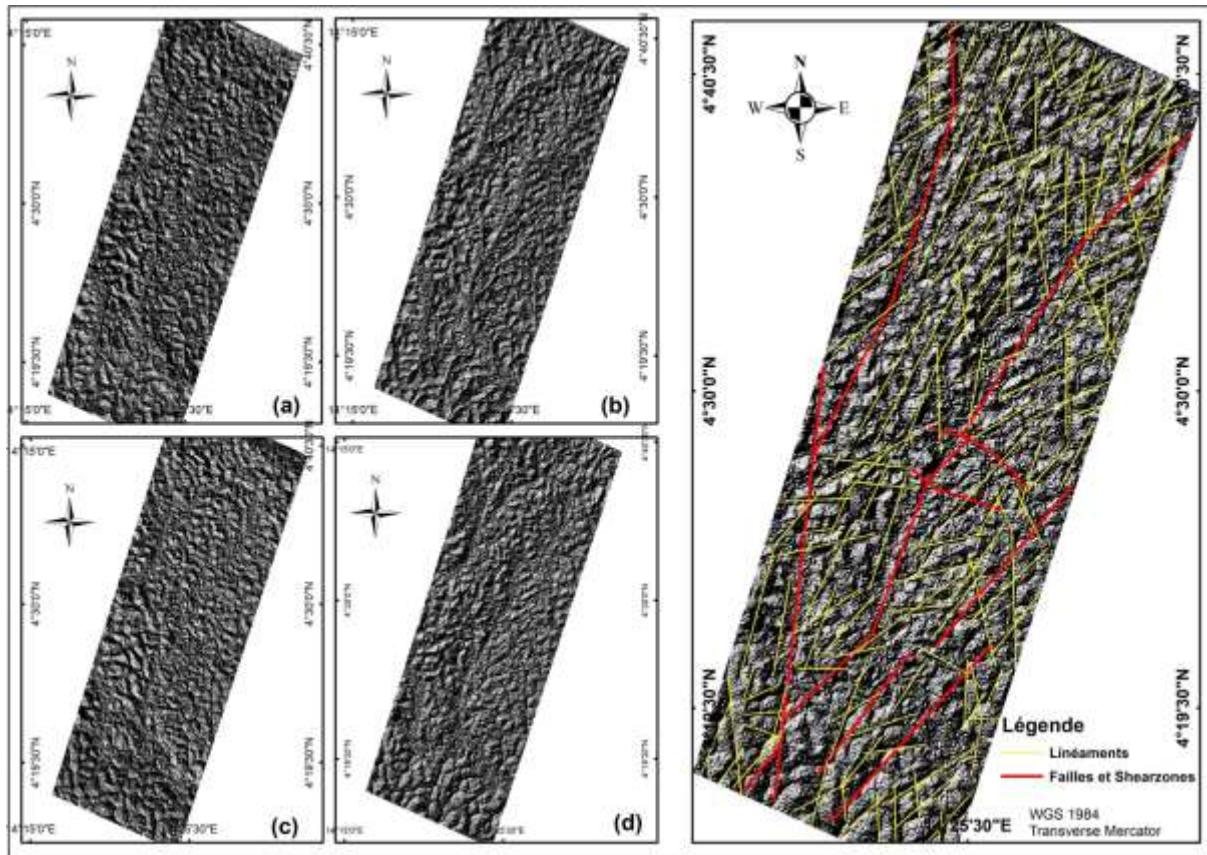


Figure 4. Filtres directionnels du MNT de la zone d'étude et extraction supervisée des linéaments. a) relief ombragé à l'azimut 0° (N-S); b) relief ombragé l'azimut 45° (NE-SW) ; c) relief ombragé à l'azimut 90° (E-W); d) Relief ombragé à l'azimut 135° (NW-SE)

Source : Bases de données USGS Earth Explorer, SRTM, 2025

2. Résultats et Discussions

2.1. Corrélation entre les points de control au sol et la donnée lithologique téléanalysée

Des levés de terrain et des travaux en laboratoire ont été réalisés, d'une part pour vérifier, à chaque point d'observation, la correspondance du type lithologique avec les classes d'objets identifiés sur l'image satellite résultante de la méthode CSOO et, d'autre part, pour valider la méthode de télédétection adoptée dans cette recherche. D'un point de vue pétrographique, les travaux de terrain et de laboratoire de Bissegue J.C. (2021, p138) ont montré que le secteur de Kambélé et ses environs sont constitués de granitoïdes non ou légèrement déformés et de tectonites. Les tectonites sont constituées de protomylonites, de mylonites et gneiss associées au fonctionnement de zones de cisaillement. Les granitoïdes sont principalement composés de granodiorite, tonalite et granite alcalin et (Figure 5, gauche). Les lames minces prélevées sur les échantillons de ces roches ont clairement révélé leurs caractéristiques spécifiques.

Afin de valider les limites géologiques extraites par télédétection optique, deux jeux de données ont été croisés dans le logiciel SIG : l'image classée par CSOO et les points d'observations des affleurements collectés sur le terrain. Alors qu'aucune coloration particulière ne trahit le type pétrographique sous-jacent, c'est en comparant la répartition des points d'observation sur l'image classée avec les limites des classes d'objets ou surfaces homogènes sur l'image (Figure 5, droite), on constate que les affleurements de tonalite sont préférentiellement positionnés sur la classe forêt dense (vert); en revanche, les points de

granodiorite (violet) et de granite alcalin (jaune) sont davantage alignés sur la classe savane. Cette observation est bien corrélable avec les observations de terrain au cours desquelles Bissegue (2021, p177) a clairement présenté la localisation géographique des granitoïdes de Batouri.

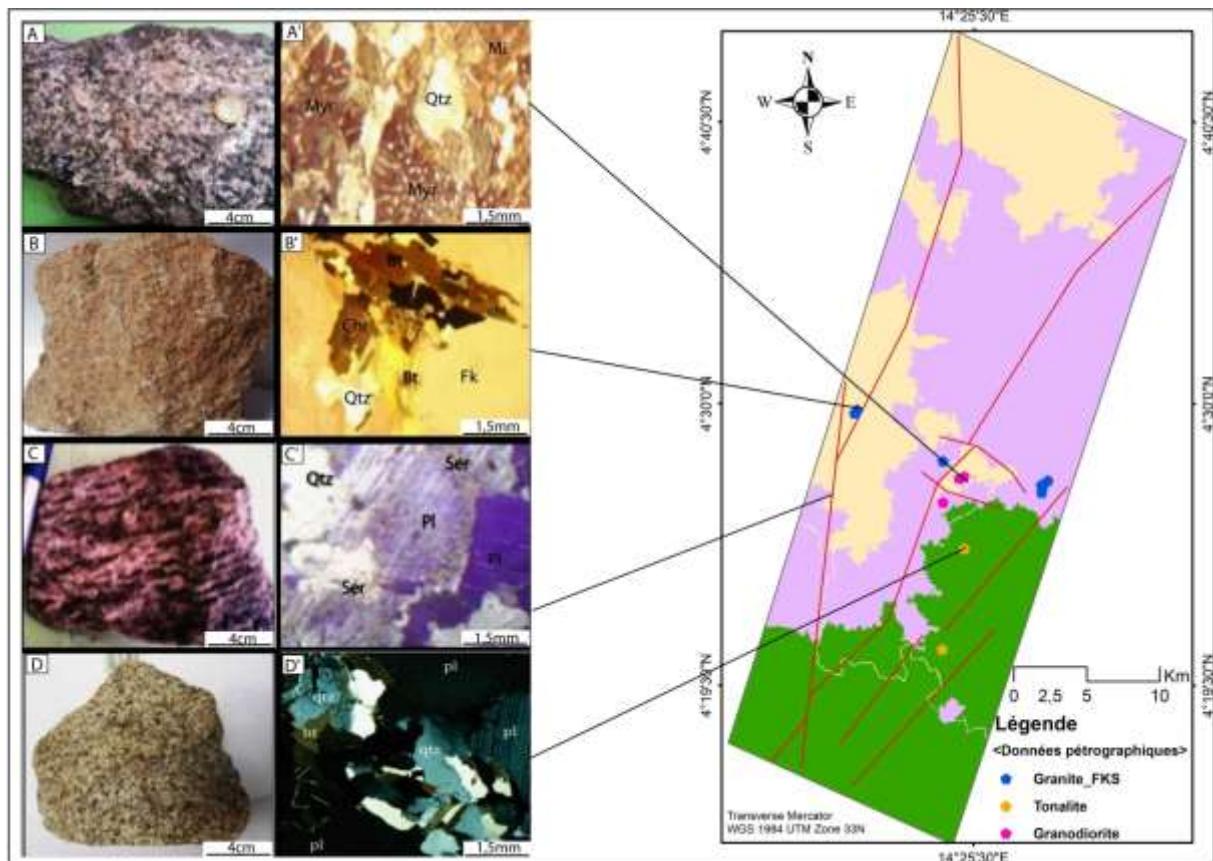


Figure 5. Corrélation des données pétrographiques de terrain et de laboratoire à la donnée lithologique télénanlysée. AA') Échantillon et lame mince de granodiorite ; BB') Échantillon et lame mince de granite alcalin ; CC') Échantillon et lame mince de mylonite ; BB') Échantillon et lame mince de tonalite

Source : Laboratoire UN/FS/ST/LCPGM, Bases de données USGS Earth Explorer, Landsat, 2024

2.2. Structures majeures porteuses de la minéralisation

La cartographie des linéaments et des fractures majeures a été élaborée en superposant directement dans le SIG, différentes couches vectorielles des linéaments tracés manuellement sur les fonds d'images filtrées (04 filtres). L'ensemble des linéaments rehaussés par ces filtres présentent une orientation très variable, on note néanmoins les directions majeures : N-S, NE-SW et NW-SE (Fig. 6a). La photo-interprétation des images Radarsat SRTM rehaussées a conduit à l'essai d'un tracé cartographique (manuelle) des structures dites majeures d'extension dépassant l'ordre de 10km. Ces discontinuités représentées par des segments de droite sur la carte (Fig. 6a) correspondent sur le terrain soit à des zones de cisaillement soit aux failles (Bissegue, J.C., 2021, p200 ; Bissegue J.C., 2024, p60). La carte de densité éditée à partir de la carte des linéaments (Fig. 6b), présente des valeurs de densités des linéaments variant de modérée (≤ 1.15), élevée (1.15-2,30) à très élevée (2.35-3,30). Sur cette carte, on peut clairement remarquer que les plus fortes densités des linéaments se concentrent le long des fractures majeures. L'analyse directionnelle montre que ces fractures sont majoritairement orientées autour des azimuts NE-SW et NW-SE (Fig. 6c).

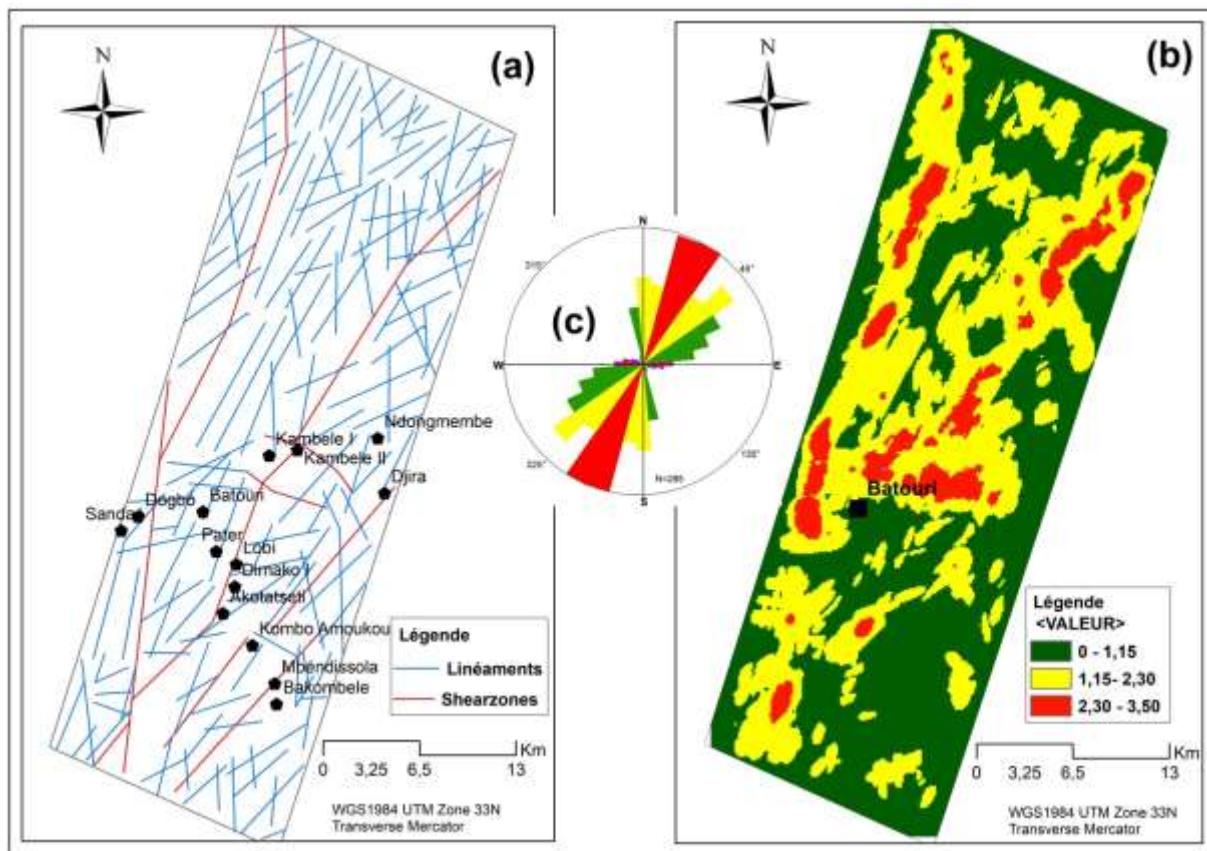


Figure 6. Cartes des accidents majeurs. a) Carte linéamentaire et des zones de décrochement; b) Carte de densité linéamentaire; c) Rose directionnelle mettant en évidence la direction majeure NE-SW.
Source : Bases de données USGS Earth Explorer, SRTM, 2025

2.3. Cartographie géologique et minière

La cartographie des unités lithostructurales et des gîtes d'or de Kambélé et environs permet d'identifier la distribution des types de roches, des structures et la ressource aurifère. Elle a été conçue à partir d'une analyse photo-interprétative numérique et visuelle permettant une bonne discrimination et reconnaissance des unités lithologiques et des structures majeures. L'identification sur l'image classifiée des unités physiographiques (régions homogènes) a conduit à déterminer la lithologie du substratum rocheux sous-jacent par superposition des points d'observation au sol. Les analyses numériques complétées par les points de control au sol montrent que les unités lithologiques s'impriment assez facilement dans la morphologie et dans leur couverture forestière. L'alignement spatial orienté NE-SW des gîtes d'or localisés sur les cartes (Fig.7a, b) avec une bonne précision met en évidence des domaines minéralisés autour des zones de cisaillements mylonitiques et de forte densité de fracturation ; les formations géologiques porteuses de la minéralisation comprennent les granites déformés au contact des granodiorites et le complexe filonien qui les recoupe (Bissegue J.C., 2021, p198).

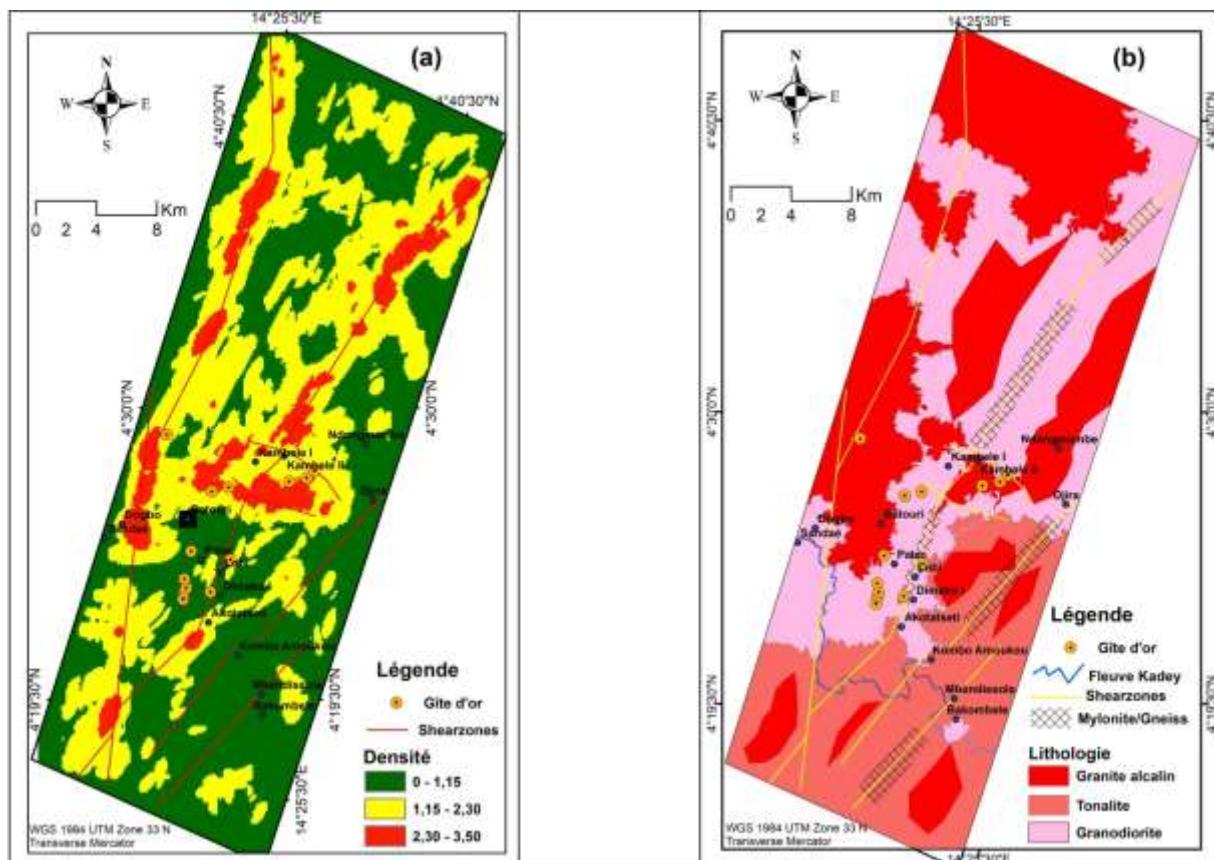


Figure 7. Relation spatiale entre lithologie, structures géologiques majeures et minéralisation aurifère.

a) Carte de densité linéamentaire et failles cisailantes montrant une forte relation spatiale entre les structures et la minéralisation à or. b) Carte géologique et minière de Kambélé et ses environs mettant en évidence une forte relation spatiale entre la lithologie, les structures majeures et les gites d'or.

Source : Laboratoire UN/FS/ST/LCPGM, Bases de données USGS Earth Explorer, SRTM, 2025, Landsat, 2024

Conclusion

Cette étude a permis de présenter une méthode de conception des cartes géologiques en zone forestière à l'aide d'une technique avancée de télédétection. L'objectif était de concevoir l'esquisse géologique du secteur de Kambélé et de ses environs. La méthode a consisté en une segmentation et une classification supervisées orientée objet de l'image Landsat 8/9 OLI, puis à un filtrage directionnel du MNT de la données SRTM. À l'issue de cette étude, carte géologique de Kambélé a été éditée et publiée. Cette méthode contribuera certainement d'une part de façon générale à susciter la cartographie géologique dans les zones forestières, et spécifiquement d'autre part à l'accroissement de l'amélioration des informations géologiques et minières nécessaires aux exploitants miniers dans le district aurifère de Batouri pour une exploitation responsable et durable de la ressource aurifère.

Conflit d'intérêt : les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt

Financement : aucun

Contribution des auteurs : le premier auteur a participé à la conception de l'étude, à l'analyse des géodonnées, la collecte des données au sol, à leur interprétation et la rédaction du manuscrit. Les autres auteurs ont participé aux orientations et à la relecture du manuscrit.

Remerciements : nous remercions tous les éditeurs et les reviewers pour leurs efforts consentis.

Références bibliographiques

- Asaah Victor, Akwinga, Zoheir Basem, Lehmann Bernd, Frei Dirk, Burgess Ray, Suh Cheo Emmanuel, 2014, « Geochemistry and geochronology of the ~620 Ma gold-associated Batouri granitoids, Cameroon », International Geology Review, 57, pp1485-1509.
- Assaah Victor Akwinga, 2010, « Lode gold mineralisation in the neoproterozoic granitoids of Batouri southeastern Cameroon », Clausthal university of technology, pp202.
- Bissegue Jean Claude, Ravindra Nath Tiwari., Namit Kumar Jha, Moustapha Aloui, Tchameni Rigobert, 2025, « Real-Time monitoring of Artisanal and Small-Scale Gold Mining Operations Using Android Mobile GIS Apps and GPS Receiver: Focus on Dem, Bote and Dimako I Mining Sites (Batouri Gold District, Eastern Cameroon) », Advances in Geomatics, pp1-19.
- Bissegue Jean Claude, Ravindra Nath Tiwari, Namit Kumar Jha, Tchameni Rigobert, 2024, « Design of Geological Sketch Map in a Forested Area Using the Advanced Optical Remote Sensing Techniques and the Petrography: Kambele and Surroundings Example (Batouri Gold District, Eastern Cameroon) », Journal of Geosciences and Geomatics, vol. 12, no. 3.
- Bissegue Jean Claude, 2021, « Cartographie géologique du district aurifère de l'Arrondissement de Batouri (Est Cameroun): apport des outils de la géomatique pour la prospection de l'or », Mémoire thèse de doctorat Ph/D, Univ. Ngaoundéré, Cameroun, pp260.
- Bissegue Jean Claude, Tchameni Rigobert, Etouna Joachim, Fosso Thuente Périclex, Danra Moh Guéla Guy Basile, 2019, « Geological Context Mapping of Batouri Gold District (East Cameroon) from Remote Sensing Imaging, GIS Processing and Field Works », Journal of Geographic Information System, 11, pp766-783.
- Castleman Kenneth R., 1996, « Digital image processing », Prentice-Hall, New Jersey.
- Scanvic J.Y., Delpont G., King C., 1985, « Structural and Geobotanical Contribution of Remote Sensing to Exploration of Hidden Deposits in Brittany (France) », BRGM, Service Géologique National, Rapport Final du projet CEE MSM 037F, pp151.
- Corbane Christina, Baghdadi Nicolas, Chevrel Stéphane, 2004, « Application d'une méthode de classification orientée objet pour la cartographie de l'occupation du sol : résultats sur ASTER et Landsat ETM », Société Française de Photogrammétrie et de Télédétection, ISSN: 1768-9791.
- Deroïn Jean Paul, Chorowicz Jean, 1989, « Méthode d'établissement de cartes synthétiques à l'aide d'images Spot. Exemple du Bas Languedoc méditerranéen », France. PhotoInterprétation, 28, 3-4, pp53-62.
- Ducrot Danielle, 2005, « Méthodes d'analyse et d'interprétation d'images de télédétection multisources. Extraction de caractéristiques du paysage », Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches, INP Toulouse, pp216.
- Faivre Robert, Fischer A., 1997, « Predicting crop reflectances using satellite data observing mixed pixels Journal of Agricultural ». Biological and Environmental Statistics 2, pp87-107.
- Kerdiles Hervé, Grondona Martin, 1995, « NOAA-AVHRR NDVI descomposition and subpixel classification using linear mixing in the Argentinean Pampa », International Journal of Remote Sensing 1995, vol.16, no. 7, pp1303-132.
- Ngoumou Paul Claude, Owona Angue Marie-Louise Clotilde, Balla Alou Marcelin, Olivier Ulrich Igor, Wabo Joseph Antoine, Mbarga Ngassa Théophile, 2016, « Evidence by Multi-Scale Analysis of Lineaments Derived from Gravity Anomalies in the Batouri Area (Eastern-Cameroun) », International Journal of Science and Research, 5, pp 2319-7064.
- Sabins F.Foyd, 1999, « Remote sensing for mineral exploration », Ore Geology Reviews, 14, pp157-183.
- Ségal D.B., 1983, « Use of Landsat multispectral scanner data for definition of limonic exposures in heavily vegetated areas », Econ. Geology number 4, vol. 78.
- Suh Cheo Emmanuel, 2008, « Sulphide Microchemistry and Hydrothermal Fluid Evolution in Quartz Veins, Batouri Gold District (Southeast Cameroon) », Economic Geology Unit, University of Buea, Buea, Cameroon, The Geological Society of London for GSL and AAG, pp40.

- Suh Cheo Emmanuel., Lehmann Bernd, Mafany G. T., 2006, « Geology and geochemical aspects of lode gold mineralization at Dimako-Mboscorro, SE Cameroon », *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis* 6(4), pp295-309.
- Suh Cheo Emmanuel, Lehmann Bernd, 2003, « Morphology and electron-probe microanalysis of residual gold grains at Dimako, Southeast Cameroon. *Neues Jahrbuch für Mineralogie Monatshefte*, 2003(6), pp255-275.
- Tata Ernest, Suh Cheo Emmanuel, Vishiti Akumbom, Shemang Elisha Mutum, Fon Albert Nih, Ateh Kevin Ijunghi, Ndimeh Chombong Nelson, 2018, « Wallrock alteration categories and their geochemical signatures in gold bearing Neoproterozoic granitoids, Batouri gold district, southeastern Cameroon.
- Tucker Compton J., 1977, « Use of near infrared/red radiance ratios for estimating vegetation biomass and physical status », *Proceedings of 11th International Symposium on Remote Sensing of Environment*, vAnn Arbor, Mi., vol. 1, ERIM, pp493-496.
- Vishiti Akumbom, Suh Cheo Emmanuel, Lehmann Bernd, Egbe Ashu Jones, Shemang Elisha Mutum, 2015, « Gold Grade Variation and Particle Microchemistry in Exploration Pits of the Batouri Gold District, SE Cameroon », *Journal of African Earth Sciences*, 111, pp1-13.
- Warner T.A., Levandowski D.W., Bel R., Cetin H., 1994, « Rule-based geobotanical classification of topographic, aeromagnetic, and remotely sensed vegetation community data », *Remote Sens Environ.* 50(1), pp41-51.
- Yannah Mero., Suh Cheo Emmanuel, Mboudou Germain.M.Mbounou, 2015, « Quartz Veins Characteristics and Au Mineralization within the Batouri Au District, East Cameroon », *Science Research.* Vol. 3, No. 4, 2015, pp 137-149.