

Université Yambo Ouologuem de Bamako

<https://revue-kurukanfuga.net/>



Coordinateur :

Prof COULIBALY Aboubacar Sidiki



Actes du 3eme Colloque Scientifique International des
Laboratoires LAReLSo et LaRMA - (FLSL- UYOB)

tenue les 30 et 31 Mars 2026 à Kabala



Thème : Résolution des crises en Afrique et reconstruction
nationale par les sciences et la recherche scientifique à l'ère
de l'Alliance des États du Sahel (AES)



Kurukan Fuga La Revue Africaine des Lettres, des Sciences Humaines et Sociales

Kurukan Fuga

5^{eme} N° Spécial
Hors-Série
Août 2026

*La Revue Africaine des Lettres, des Sciences Humaines et
Sociales*

ISSN : 1987-1465

Actes du 3eme Colloque Scientifique International des Laboratoires
LAReLSo et LaRMA de l'Université Yambo Ouologuem de Bamako,
sise à Kabala sur le thème : " RESOLUTION DES CRISES EN
AFRIQUE ET RECONSTRUCTION NATIONALE PAR LES
SCIENCES ET LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE A L'ERE DE
L'ALLIANCE DES ÉTATS DU SAHEL (AES) " tenue les 30 & 31
mars 2026

5^{eme} numéro spécial -hors-Série de Août 2026

5^{eme} N° Spécial
Hors-Série
Août 2026

Coordinateur :

Prof COULIBALY Aboubacar Sidiki



<https://revue-kurukanfuga.net/>

Août 2026

KURUKAN FUGA

La Revue Africaine des Lettres, des Sciences Humaines et Sociales

ISSN : 1987-1465

E-mail : revuekurukanfuga2021@gmail.com

Website : <http://revue-kurukanfuga.net>



Links of indexation of African Journal Kurukan Fuga

Copernicus	Mir@bel	CrossRef
		
https://journals.indexcopernicus.com/search/details?id=129385&lang=ru	https://reseau-mirabel.info/revue/19507/Kurukan-Fuga	https://doi.org/10.62197/udls
Zenodo	Sudoc	ASCI
		
https://zenodo.org/communities/rkf/records?q=&l=list&p=1&s=10&sort=newest	https://www.sudoc.abes.fr/cbs/xslt/DB=2.1/SET=4/TTL=1/SHW?FRST=5	https://www.ascidatabase.com/masterjournalist.php?v=16126

COMITÉ ÉDITORIAL & DE RÉDACTION

EDITORIAL AND WRITING BOARD



Directeur de publication et Rédacteur en chef / Director of Publication/ Editor-in-Chief

Prof MINKAILOU Mohamed, *Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako, Mali*

Rédacteur en Chef / Chief Editor

Prof COULIBALY Aboubacar Sidiki, *Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako, Mali*

Rédacteur en Chef Adjoint / Vice Editor in Chief

Dr SANGHO Ousmane (MC), *Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako, Mali*

Montage et Mise en Ligne / Editing and Uploading

Dr BAMADIO Boureima (MC), *Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako, Mali*

COMITÉ SCIENTIFIQUE & DE LECTURE SCIENTIFIC AND READING BOARD



Scientifique :

- *Président du comité scientifique : Pr Mohamed Minkailou*

Membres

- Prof. Belko Ouologuem-(Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Prof. Idrissa Soïba Traoré (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Prof. Ismaila Zangou Barazi (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Prof. Gorgui Dieng-Université Cheikh Anta Diop de Dakar –Senegal
- Prof. Aliou Sow- Université Cheikh Anta Diop de Dakar –Senegal
- Prof. Aboubacar Sidiki Coulibaly– (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Prof. Mamadou Lamine Dembélé (Université des Sciences Juridiques et Politiques de Bamako)
- Prof. Fatoumata Keita - (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Prof. Abdoukadi Idrissa Maïga IZSEJB
- Prof. Abdourahmane A Cisse IHERI-AB
- Prof. Adedun Emmanuel (Université de Lagos, Nigeria)
- Prof. Daouda Coulibaly (Université Alassane Ouattara de Bouaké-RCI)
- Prof. Oumar Kamara (Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako)
- Prof. Siaka Fané-(Université des Sciences Sociales de Gestion de Bamako)
- Prof. Siaka Ballo --(Université des Sciences Sociales de Gestion de Bamako)
- Prof. Abdou Ballo---(Université des Sciences Sociales de Gestion de Bamako)
- Prof. Haroun Almahadi Maïga (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- prof. Brema Ely Dicko--(Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Prof. N'Bégué Koné --(Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Prof. Zorobi Phillipe Toh-Université Alassane Ouattara de Bouaké
- Dr. Saliou Dione- Maître de Conférences- (Université Cheikh Anta Diop de Dakar-Sénégal)
- Dr. Aboubacar A Maïga - Maître de Conférences- (école du journalisme)
- Dr. Fodjié Tandjogora- Maître de Conférences --(Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)

- Dr. Issa Diallo- Maitre de Conférences –(Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr. Samby Khalil Magassouba Maitre de Conférences – (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr. Zakaria Nounta- Maitre de Conférences –(Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr. André Koné- Maitre de conférences (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr. Ousmane Sangho- Maitre de conférences (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr. Aldiouma Kodio- Maitre de Conférences (Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako)
- Dr. Kamory Tangara- Maitre de Conférences-ENSUP
- Dr. Modibo Diarra- Maitre de Conférences –(Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako).
- Dr. Afou Dembélé- Maitre de Conférences –(Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr.Aboubacar Niambélé- Maitre de Conférences –(Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr. Mohamed Diagayeté IHERI-AB

Publishing Line

The African Journal Kurukan Fuga is an online scientific journal of the Department of Education and Research in English (DER English) of the University of Letters and Human Sciences of Bamako. It is a quarterly Journal which appears in March, June, September and December. The African Journal Kurukan Fuga was set up from the desire of the English Department professors to enrich their university landscape, which is quite poor in scientific journals (three journals for the whole university). Indeed, more and more young teacher-researchers arrive in our universities, and higher education institutions and institutes with very limited publication opportunities. The English Department is a case in point, with more than forty young doctors and doctoral students producing scientific articles which almost always have to be published elsewhere. The African Journal Kurukan Fuga intends to boost scientific research by offering larger publication spaces with its four annual publications. The creation of this journal is therefore intended as a response to the many requests made by many teacher-researchers in Mali and elsewhere who often do not have free access to quality online documentation for teaching and research. The journal favors texts in English; however, texts in other languages are also accepted.

The journal publishes only quality articles that have not been published or submitted for publication in any other journals. Each article is subjected to a double blind reading. The quality and originality of the articles are the only criteria for publication.

*Présidente du comité d'organisation :
Prof. Ismaïla Zangou Barazi*



*Actes du 3eme Colloque
Scientifique International des
Laboratoires LAReLSo et
LaRMA de l'Université des
Lettres et Sciences Humaines de
Bamako, sise à Kabala*

*Sur le thème : Résolution des
crises en Afrique et
reconstruction nationale par
les sciences et la recherche
scientifique à l'ère de
l'Alliance des États du Sahel
(AES)*



Kurukan Fuga| Hors-Séries N°5 – Août 2026

ISSN : 1987-1465

Faculté des Lettres, des Langues et des Sciences du Langage

Université des Lettres et Sciences Humaines de Bamako

URL: <https://revue-kurukanfuga.net/>

Argumentaire de l'appel à communication du 3eme Colloque Scientifique International des Laboratoires LAReLSo et LaRMA (UYOB-FLSL)

I-CONTEXTE ET JUSTIFICATION

L'Afrique, depuis son accession à la souveraineté politique dans les années soixante, demeure en proie à des crises multidimensionnelles, mêlant insécurité armée, fractures sociales, fragilité étatique, corruption, *Africaphobie*¹ et chocs économiques, qui compromettent durablement ses trajectoires de développement et entravent l'affirmation d'une véritable indépendance sur tous les plans. C'est dans ce contexte que des leaders patriotes et visionnaires, notamment au sein de l'Alliance des États du Sahel, s'attachent à rompre les chaînes de l'impérialisme, du néocolonialisme, du sous-développement et de la dépendance à l'Occident. Cependant, il convient de noter que les premiers leaders africains révolutionnaires tels que Modibo KEITA, Julius NYERERE, Kwame KRUMMAH, Thomas SANKARA, Mohammad GADAFI et d'autres ont vu leurs luttes avortées en mi-chemin car elles n'étaient pas assez adossées à la science et à la recherche scientifique. De même plusieurs crises assaillent l'Afrique de nos jours, surtout sur le plan sécuritaire, mais la réponse semble être toujours soit militaire, soit faire recours à des personnes non universitaires, voire des non experts dans le domaine de la recherche scientifique. Le Mali, le Burkina Faso et le Niger ne font malheureusement pas exception. Pour pallier cette situation, une place de choix devrait être accordée aux sciences et la recherche scientifique d'où l'impérieuse nécessité de l'implication du monde universitaire.

En effet, les sciences, qu'elles soient africaines ou importées, constituent sans nul doute le véritable creuset de connaissances, de savoir-faire et de technicité permettant de poser des diagnostics fins, des outils de prévention et des évaluations d'impact indispensables pour concevoir des politiques publiques ou stratégies adaptées aux spécificités locales sahéliennes et africaines. Les approches scientifiques permettent également de dépasser les réponses purement militaires en intégrant prévention, résilience sociale, relance économique et réconciliation, et en rendant les interventions plus légitimes et efficaces. Pour corroborer ce qui précède, Aristote dans le *Traité d'Organon* écrit : « La connaissance scientifique se définit comme la connaissance des causes, son approche formelle vise à distinguer le démontrable (théorèmes) et l'indémontrable (axiomes), ce qui relève de l'enchaînement causal et ce qui relève des principes premiers. » (Vrin, 1979, p.89). En termes explicites, la recherche scientifique favorise l'appréhension objective et la découverte réelle des causes d'un problème ou d'une problématique tout en évitant de s'agripper à des causes qui ne découlent pas d'une connaissance scientifique véritablement avérée. Il est également saillant de faire remarquer que la recherche est un effort pour trouver quelque chose ou un effort de l'esprit vers la connaissance (Le Grain, M., 1994, p. 945). De même, D. Bruno (1994, p. 85), soulignera que la recherche est un exercice systématique et méthodique portant sur l'étude d'un problème ou d'une question et mettant en cause des faits qui doivent être vérifiables en vue d'atteindre une fin : la résolution d'un problème ou la réponse à une question ou d'une hypothèse préalable, la recherche exige

¹ Terme utilisé par l'écrivain malien Aboubacar Sidiki COULIBALY (2024, p.95) dans son roman socio-historique, *Le monde Africain doit se réveiller*, Bamako : Alqalam, pour signifier le rejet et le dégoût pour tout ce qui est africain ou renvoie à l'Homme africain ou à l'Afrique

ipso facto un travail d'interprétation. La science, quant à elle, renvoie à l'ensemble des connaissances humaines acquises par la spécialisation (études) ou par l'expérience (pratiques). Son fondement est la raison et l'objectivité.

En sus, l'émergence de l'Alliance des États du Sahel (AES) crée un nouvel espoir pour toute l'Afrique et constitue un espace stratégique sous régional requérant des réponses harmonisées mais devraient être fondées sur des savoirs locaux et scientifiques pour ménager la sécurité, la gouvernance et la reconstruction nationale. C'est pour cette raison que COULIBALY (2024, p.94) écrit : « La seule science qui libère l'Homme véritablement quel que soit le degré de l'aliénation est la science de soi-même. » Nous comprenons ainsi la prééminence des connaissances, des valeurs et savoir-faire endogènes dans la résolution des conflits et la reconstruction nationale à l'ère de la reconfiguration de l'Afrique et de la multipolarisation du monde.

Ce troisième colloque international offrira une tribune idéale pour interroger, analyser et préconiser, dans toute leur étendue, les outils pertinents de décolonisation, les mécanismes de résolution des crises et les dynamiques de reconstruction des États africains par la science et la recherche scientifique, dans un contexte marqué par les enjeux du néocolonialisme et de la menace terroriste. Il convient d'ores et déjà d'affirmer que science et recherche scientifique sont indissociables et qu'elles doivent exercer pleinement leur vocation pour résoudre les grandes problématiques de la cité et favoriser son développement.

Comme Objectif, ce colloque scientifique international vise à créer un cadre de rencontres et d'échanges entre chercheurs nationaux et internationaux sur la problématique de la décolonisation véritable, la résolution des crises par la science et la recherche scientifique au Sahel et en Afrique de façon générale. Il ambitionne également de proposer, à partir des résultats scientifiques issus des travaux menés par les chercheurs et enseignants-chercheurs du Sahel, de l'Afrique et, plus largement, de la communauté scientifique internationale, des pistes de solutions endogènes aux défis sécuritaires et de développement qui fragilisent ces régions sur tous les plans. A cet effet, les axes suivants sont retenus pour les propositions de communication :

II-AXES DE COMMUNICATION

- **Axe 1 : Diagnostic scientifique des crises africaines et reconstruction nationale**

Mettre en lumière la capacité des disciplines scientifiques à analyser finement les causes multidimensionnelles des crises (insécurité armée, fragilité étatique, ruptures sociales, *Africaphobie*, chocs économiques), en mobilisant tant les méthodologies quantitatives que qualitatives pour établir un état des lieux rigoureux.

- **Axe 2 : Littérature, Langue et valorisation des valeurs et savoirs endogènes**

Promouvoir les recherches conduites en terre africaine et la redécouverte des savoir-faire traditionnels comme fondements d'une science authentiquement africaine, apte à proposer des solutions adaptées aux réalités culturelles, sociales et environnementales du Sahel et du continent.

- **Axe 3 : Gouvernance, sécurité et développement fondés sur la recherche**
Souligner l'importance d'intégrer systématiquement les résultats scientifiques dans l'élaboration et l'évaluation des politiques publiques, afin de dépasser les réponses purement militaires et d'instaurer des dispositifs de prévention, de résilience civile et de relance économique légitimes et durablement efficaces.
- **Axe 4 – Libre**
Cet axe est libre et prend en compte tous les autres volets connexes.

III-Calendrier

- Lancement de l'appel : **22 Novembre 2025**
- Date limite de soumissions **des abstracts/résumés : 10 Mars 2026**,
- Les Notifications d'acceptation : **15 mars 2025**
- Date de déroulement du 2^{ème} Colloque Scientifique International : **30 et 31 mars 2026 à l'Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako-Kabala-Mali.**

IV-Informations générales sur le colloque

- Les propositions de communication (**New Times Roman, police 12,interligne simple**), assorties d'un résumé de **300 mots** et de **5 mots clés** maximum en **français ou en anglais ou en arabe** sont recevables aux adresses électroniques suivantes : Labolarelso010@gmail.com ou larmaulshbmali@gmail.com jusqu'au **10 Mars 2026**.
Date de notification des résumés acceptés : 15 Mars 2026.Le colloque se déroulera du **30 au 31 mars 2026** à la cité universitaire de Kabala – à l'Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako.
- Les auteurs y indiqueront les noms et prénoms du ou des contributeurs, l'institution/laboratoire d'attache, le grade ou la qualité, l'axe d'étude choisi, l'adresse électronique et les mots-clés au-dessous du résumé. Les langues d'écriture des communications ou articles sont le français, l'anglais et l'arabe. **Les auteurs des propositions des résumés retenus seront invités à payer 25.000FCFA comme frais de participation par communicant.** Les meilleurs textes après évaluation seront publiés dans un numéro spécial de la *Revue Kuru kan Fuga* ou la *Revue LaRMA*.

Comité d'organisation

Président du comité d'Organisation

- Prof. Ismaila Zangou Barazi (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)

Adjoint au Président du comité d'Organisation

- Prof. Aboubacar Sidiki - (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)

Membres du Comité d'organisation

- Dr. Abdoul karim HAMADOU Maître-Assistant (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)

- Dr. Aldiouma Kodio- Maitre de Conférences (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr.Abdoulaye Samaké- Maitre de Conférences (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr.Zakaria Nounta- Maitre de Conférences (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr.Abdoul Karim Camara- Maitre de Conférences (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr. Binta Koïta- Maitre de Conférences (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr.Mahamadou Simpara- Maitre-Assistant (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr. Moussa Sougoulé- Maitre-Assistant (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr. Boureima Bamadio- Maitre de Conférences-(Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr. Mamadou Diamouténé- Maitre-Assistant (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr. Moulaye Koné- Maitre-Assistant (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr. Ibrahim Maïga- Maitre-Assistant (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr.Adama Samaké- (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr. Issiaka Diarra- Maitre-Assistant (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr. Hamadou BOLDY Maitre-Assistant (Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr. Gouro N'Diaye Maitre-Conférences (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr. Abdourouph Sagayar Maitre-Assistant (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr. Aboubakr S Cisse Maitre-Conférences (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr. Youssouf Mariko- Maitre de Conférences (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr. Mamady Sidibé- Maitre-Assistant (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr. Drissa Ballo- Maitre-Assistant (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Mr. Abdoulaye Abou Coulibaly-Etudiant en Master Traduction- (Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr. Mamadou SAMAKE , Maitre-Assistant (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr.Pierre Dembélé- Maitre-Assistant (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr .Salimatou Traoré- Maitre-Assistante-(Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)

- Dr.Djibril Tounkara, Maitre-Assistant (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr.Ali Timbiné-(Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr.Dialify Dansira-(Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr.Sitan Diakité-Maitre –Assistante-(Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr.Kadiatou Touré–Maitre Assistante (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr.Ibrahim Maïga – Maitre-Assistant-(Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Mr.Diby Keïta-doctorant -(Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Mr.Mahamadou KK Koïta-Doctorant-(Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)

Comité scientifique du colloque

Président du comité Scientifique

- Prof. Mohamed Minkailou (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)

Membres du Comité Scientifique

- Prof.Belko Ouologuem-(Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Prof. Idrissa Soïba Traoré (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Prof. Ismaila Zangou Barazi (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Prof.Gorgui Dieng-Université Cheikh Anta Diop de Dakar –Senegal
- Prof.Aliou Sow- Université Cheikh Anta Diop de Dakar –Senegal
- Prof. Aboubacar Sidiki Coulibaly– (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Prof. Mamadou Lamine Dembélé (Université des Sciences Juridiques et Politiques de Bamako)
- Prof. Fatoumata Keita - (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Prof Abdoukadi Idrissa Maiga IZSEJB
- Prof Abdourahmane A Cisse IHERI-AB
- Prof. Adedun Emmanuel (Université de Lagos, Nigeria)
- Prof. Daouda Coulibaly (Université Alassane Ouattara de Bouaké-RCI)
- Prof. Oumar Kamara (Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako)
- Prof. Siaka Fané-(Université des Sciences Sociales de Gestion de Bamako)
- Prof. Siaka Ballo --(Université des Sciences Sociales de Gestion de Bamako)
- Prof. Abdou Ballo---(Université des Sciences Sociales de Gestion de Bamako)
- Prof. Haroun Almahadi Maiga (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- prof. Brema Ely Dicko–(Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)

- Prof.N'Bégué Koné –(Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako
- Prof. Zorobi Phillipe Toh-Université Alassane Ouattara de Bouaké
- Dr. Saliou Dione- Maitre de Conférences- (Université Cheikh Anta Diop de Dakar-Sénégal)
- Dr. Aboubacar A Maïga - Maitre de Conférences- (école du journalisme)
- Dr.Fodié Tandjogora- Maitre de Conférences –(Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr. Issa Diallo- Maitre de Conférences –(Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr. Samby Khalil Magassouba Maitre de Conférences – (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr. Zakaria Nounta- Maitre de Conférences –(Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr. André Koné- Maitre de conférences (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr. Ousmane Sangho- Maitre de conférences (Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr. Aldiouma Kodio- Maitre de Conférences (Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako)
- Dr. Kamory Tangara- Maitre de Conférences-ENSUP
- Dr. Modibo Diarra- Maitre de Conférences –(Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr. Afou Dembélé- Maitre de Conférences –(Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr.Aboubacar Niambélé- Maitre de Conférences –(Université Yambo OUOLOGUEM de Bamako)
- Dr . Mohamed Diagayeté IHERI-AB

Bibliographie :

- Aristote, Organon (1979) *Seconds Analytiques*, traduction de J. Tricot, Vrin, Paris.
- Baghestani, Laurence. (2020). « La signification du concept de souveraineté nationale », Fiches de droit constitutionnel, *Fiche 13*, Pages 62 à 66.
- Coulibaly, Aboubacar Sidiki (2017) « La représentation de l'Occident et de l'Afrique dans la littérature africaine : une analyse comparative de *No Longer at Ease* d'Achebe, de *Second Class Citizen* d'Emecheta et de « Minutes of Glory » de Ngugi », Abidjan : Les Editions INIDAF , RCI Décembre,PP.446-464.
- Coulibaly, Aboubacar Sidiki et N'Bégué Koné (2018) « La déconstruction de l'infériorité de l'Homme Africain dans les oeuvres de Cheikh Anta Diop et la philosophie de

décolonisation de Frantz Fanon : une approche afro-historique», in *Longbowu Revue des Langues, Lettres et Sciences de l'Homme et de la Société*, N°.6. Togo, Décembre, pp.107-120.

- Coulibaly, A.S, Diallo, I et Tandjigora, F (2028) « De-Stereotyping the History of Africa: the Hieroglyphs of Ancient Egypt and the Manuscripts of Timbuktu as the Clues Establishing the Anteriority of African Civilization », in *International Journal of English Literature and Culture* Vol 6 (5), Nigeria, October, pp. 91-99.
- Derosier, Jean-Philippe. (2021). « Qu'est-ce que la souveraineté ? Pistes pour cerner ou non la souveraineté », Fondation Jean Jaurès, Démocratie.
- Dorin Bruno. 1994. *L'économie oléifère de l'Union Indienne : évaluation d'une stratégie d'autonomie*. Montpellier : UM1, 358 p. Thèse de doctorat : Economie du développement agricole, agro-alimentaire et rural : Université Montpellier 1 Thèse
- Fleiner-Gerster, Thomas. (1986). *Théorie générale de l'Etat*, Graduate Institute Publications. Books.Openedition.
- Kodio, Aldiouma. (2025). "Harnessing Dogon Proverbs as a Cultural Transmission Tool in Bilingual Education." In *LES CAHIERS DE L'ACAREF, TOME 1*, Vol.7 (27), Togo, Septembre. pp.258-274
- Kodio, A., Minta, M., et Yalcouye, K. (2023). « Analyse des anthroponymes Dogon d'emprunt peulh : cas du cercle de Koro, Région de Bandiagara. » in *Collection PLURAXES/MONDE*, Vol. 1 (2), France, Juin, pp. 407-428
- Riot-Sarcey, Michèle. (2011)., « Introduction : De la souveraineté », *Revue d'histoire du XIXe siècle*, 42, pages 7-17.
- Tandjigora, Fodié et Aboubacar Sidiki Coulibaly (2018) « les initiatives locales de sécurité au Mali : Comment se protéger sans intervention de l'Etat ? in *Longbowu Revue des Langues, Lettres et Sciences de l'Homme et de la Société*, N°.6. Togo, Décembre, pp.655-662.

KURUKAN FUGA

La Revue Africaine des Lettres, des Sciences Humaines et Sociales

URL : <https://revue-kurukanfuga.net/>

<https://doi.org/10.62197/udls>

Sommaire

Présentation des actes des journées scientifiques

- | | | |
|-----------|---|-----------|
| 01 | Hamidou DIOMANDÉ
DÉGAOUTIQUE ET SOPHOCRATIE POUR UNE AFRIQUE RÉSILIENTE | 01 |
| 02 | Sheïbou SANOGO & Fousseni BENGALY
LE BAMANANKAN FACE AU MYTHE DE L'INCOMPLÉTUDE : ÉTAT DES LIEUX DE SON AMÉNAGEMENT LINGUISTIQUE | 13 |
| 03 | Dr Youssouf FOFANA
DIAGNOSING AND NEGOTIATING STATE FRAGILITY IN POSTCOLONIAL AFRICA: GOVERNANCE LESSONS FROM ACHEBE'S A MAN OF THE PEOPLE AND ANTHILLS OF THE SAVANNAH | 24 |
| 04 | Zié TUO
CÔTE D'IVOIRE : LA CRISE DU COVID-19 À L'ÉPREUVE DU SPIRITUALISME, DU RATIONALISME ET DU DROIT | 37 |
| 05 | Dr Karim DEMBELE
THE ARCHITECTURE OF BETRAYAL: DISILLUSIONMENT IN KOUROUMA'S LES SOLEILS DES INDÉPENDANCES AND BALDWIN'S THE FIRE NEXT TIME | 50 |
| 06 | Dr. Diome FAYE
FIRST LADIES MARY LINCOLN, EDITH WILSON AND ELEANOR ROOSEVELT: WHEN POWER BECOMES A SHARED ENDEAVOR AND GOAL | 65 |
| 07 | Dr Baba SISSOKO
LE TERRORISME ET LES MÉCANISMES DE RÉOLUTION DES CONFLITS AU SAHEL : ENTRE RÉPONSE MILITAIRE ET DIALOGUE SOUVERAIN ENDOGÈNE | 76 |
| 08 | Dr. Ali TIMBINE & Dr. Drissa KANAMBAYE & Abdoulaye Daouda GUINDO
MÉCANISMES DE PRÉVENTION ET RÉSOLUTION DES CONFLITS EN MILIEU DOGON | 85 |
| 09 | KOITA Adama dit Antoine
ÉTUDE SUR LE NIVEAU DE CONNAISSANCES, ATTITUDES ET PRATIQUES SUR LE VIH/SIDA DES ÉLÈVES DE L'ÉCOLE DE SANTÉ "LE BOUCTOU" À TOMBOUCTOU | 95 |

KURUKAN FUGA

La Revue Africaine des Lettres, des Sciences Humaines et Sociales

URL : <https://revue-kurukanfuga.net/>

Sommaire

Présentation des actes des journées scientifiques

10 Enock DAKOUO	102
LANGUAGE POLICY AND MULTILINGUALISM IN MALI : FROM COLONIAL LEGACY TO CONTEMPORARY REFORMS	
11 Dr Souleymane TOGOLA	115
“CODE SWITCHING AND CODE MIXING AMONG BAMBARA LANGUAGE SPEAKERS IN FRENCH CLASSROOMS”	
12 Dr. Issa DIABATE	123
« HERITAGE PARENTAL ET ASPIRATIONS JUVENILES DANS LES PRATIQUES CONJUGALES : LE MARIAGE INTERCASTE DANS LE ROMAN MALIEN DE JEUNESSE »	
13 Dr Adama Samaké	131
“SOUNDIATA KEITA AND THE KURUKAN FUGA CHARTER: A TIMELESS MODEL OF LEADERSHIP”	
14 Klessigué Abdoulaye Sanogo	145
« SYSTEMES DE VALEURS ET SAVOIRS ENDOGENES DANS LA CONSERVATION DU PATRIMOINE CULTUREL : LE CAS DE LA RECONSTRUCTION POST CRISE DES MAUSOLEES DE TOMBOUCTOU »	
15 Ibrahima DIAWARA & Alpha DIARRA	158
L'ENSEIGNEMENT DU CONTE EN BAMANANKAN AU LYCEE : PROBLEMATIQUE ET PERSPECTIVES DIDACTIQUES	
16 Dr Oumar KASSOGUE	166
ENTREPRENEURIAT DES FEMMES DANS LE SPORT A BAMAKO : MOTIVATIONS ET OBSTACLES	
17 Mr. Noumory BAGAYOKO & Dr. André KONE	186
SPEAKING FLUENCY AND ACCURACY IN ENGLISH: AN EMPIRICAL STUDY OF MALIAN LEARNERS AT PRODESCO AND IHEM/CEFLA	
18 Dr. Zakaria Coulibaly	201
EXPLORING AFRICANS' SHIFT FROM COLLECTIVISM TO INDIVIDUALISM IN THE CONTEXT OF EURO-AMERICAN INFLUENCE	

KURUKAN FUGA

La Revue Africaine des Lettres, des Sciences Humaines et Sociales

URL : <https://revue-kurukanfuga.net/>

Sommaire

Présentation des actes des journées scientifiques

- | | | |
|---|---|-----|
| 19 | Dr Seydou COULIBALY | 214 |
| ANALYSE DES FACTEURS DE DÉGRADATION DE LA FORÊT CLASSÉE DE M'PESSOBA | | |
| 20 | Dr Moussa CISSE | 229 |
| PRISE EN CHARGE EDUCATIVE DES ENFANTS ET JEUNES EN SITUATION DE RUE DANS LES GRANDES VILLES DU MALI : CAS DU DISTRICT DE BAMAKO | | |
| 21 | Dr. Adama BAH | 241 |
| RECLAIMING ORAL HERITAGE FOR POST-CONFLICT RECONCILIATION IN THE SAHEL (MALI, BURKINA FASO, NIGER) | | |
| 22 | Diby KEITA & Mahamadou Karamoko Kahiraba KOITA | 256 |
| POLITICAL POWER AND CORRUPTION IN GEORGE ORWELL'S ANIMAL FARM: A LITERARY CRITIQUE OF AUTHORITARIANISM | | |
| 23 | Awa KONE | 266 |
| CARTOGRAPHIE GEONUMERIQUES ET OUTILS NUMERIQUES POUR L'ANALYSE GEOLOGIQUE D'ANSONGO A L'EST DU MALI | | |
| 24 | Dr. Sekou YALCOUYE | 285 |
| CULTURE ENDOGENE, ECONOMIE AUTOCENTREE ET SOUVERAINETE PANAFRICAINE : PERSPECTIVES DE L'AES POUR UN DEVELOPPEMENT DURABLE | | |
| 25 | TRAORE, Maméry | 291 |
| SECURITE DURABLE DANS LE SAHEL : L'URGENCE DE LA PREVENTION FACE AUX LIMITES DES REPONSES MILITAIRES | | |
| 26 | Saliou DIONE | 303 |
| DECOLONIAL GOVERNANCE AND POSTCOLONIAL PROMISES AND FUTURES IN WEST AFRICA | | |

Cartographie géonumériques et outils numériques pour l'analyse géologique d'Ansongo à l'est du Mali

Awa KONE

Ecole Normale d'Enseignement Technique et Professionnel (ENETP), Bamako, Mali, Département de Génie mécanique, Energie et Mine, Laboratoire de Mine et Géologie,
Correspondance, email : awakon444@gmail.com

Résumé

La région d'Ansongo, à l'extrême Est du Mali, présente une diversité géologique encore peu étudiée en raison de l'accessibilité limitée et du manque de données. Cette étude vise à améliorer la connaissance lithologique, structurale et hydrogéologique de la zone par la cartographie géonumérique. Elle s'appuie sur les principes de la télédétection, de la géologie structurale et des systèmes d'information géographique (SIG). La méthodologie repose sur l'exploitation des données satellitaires Landsat-8 et géospatiales, complétées par des traitements numériques, notamment les compositions colorées, les rapports de bandes et l'analyse en composantes principales (ACP). Ces approches ont permis de discriminer les principales unités lithologiques et d'extraire les structures tectoniques. Les résultats révèlent une prédominance des linéaments orientés NNE–SSW et ENE–WSW, associés aux grands accidents panafricains et aux héritages structuraux du socle précambrien. Une carte litho-structurale actualisée a ainsi été produite, mettant en évidence les structures contrôlant la répartition des formations et des aquifères. Plusieurs zones d'intérêt géologique, minier et hydrogéologique, notamment au sud d'Ansongo, ont été identifiées. Il est recommandé de compléter ces résultats par des levés géologiques, géophysiques et hydrogéologiques de terrain afin de valider et préciser les zones d'intérêt.

Mots-clés : cartographie géonumérique ; SIG ; télédétection ; Landsat-8 ; lithologie ; structures tectoniques ; Ansongo.

Abstract

The Ansongo region, located in easternmost Mali, exhibits considerable geological diversity that remains poorly studied due to limited accessibility and a lack of available data. This study aims to improve the lithological, structural, and hydrogeological understanding of the area through geonumerical mapping. It is based on the principles of remote sensing, structural geology, and Geographic Information Systems (GIS). The methodology relies on Landsat-8 satellite and geospatial data, combined with digital processing techniques, including color composites, band ratios, and Principal Component Analysis (PCA). These approaches enabled the discrimination of the main lithological units and the extraction of tectonic structures. The results reveal a predominance of NNE–SSW and ENE–WSW-oriented lineaments, associated with major Pan-African structures and inherited structures of the Precambrian basement. An updated litho-structural map was produced, highlighting the structures controlling the distribution of geological formations and aquifers. Several areas of geological, mining, and hydrogeological interest, particularly south of Ansongo, were identified. Further geological, geophysical, and hydrogeological field surveys are recommended to validate and refine the identified areas of interest.

Keywords: geonumerical mapping; GIS; remote sensing; Landsat-8; lithology; tectonic structures; Ansongo.

Introduction

La cartographie géologique constitue un outil fondamental pour la compréhension des structures, des formations lithologiques et des dynamiques géodynamiques qui façonnent les territoires. Dans les régions sahéliennes du Mali, où les données de terrain sont souvent limitées par l'accessibilité, les conditions climatiques et l'étendue des surfaces à explorer, l'intégration des technologies géonumériques représente un levier majeur pour améliorer la qualité et la précision des analyses géoscientifiques. Dans ce contexte, « la zone d'Ansongo, située à l'est du Mali, apparaît comme un espace stratégique nécessitant une caractérisation géologique approfondie afin de soutenir les efforts de gestion des ressources naturelles, d'aménagement territorial et de prévention des risques environnementaux », D. Diakité et al. (2019, p. 163) et S. Maïga et K. Diarra (2021, p. 33). L'essor des outils numériques tels que les Systèmes d'Information Géographique (SIG), la télédétection et les plateformes de géotraitement a profondément transformé les méthodes classiques de cartographie, L. Dupont et P. Leroy (2018, p. 90) et M. Traoré, B. Ouattara et A. Diallo (2020, p. 120). Ces outils permettent aujourd'hui l'acquisition, le traitement et l'analyse de données multisources avec une rapidité et une précision accrues, Y. LeCun, Y. Bengio et G. Hinton (2015, p. 436) et X. Zhang et al. (2020, p. 765). En particulier, l'utilisation d'images satellitaires à haute résolution et de modèles numériques d'élévation a renforcé la capacité à identifier les structures géologiques, les discontinuités et les unités lithologiques dans des environnements où « les données de terrain sont difficiles à collecter », T. Mikolov et al. (2018, p. 5631) et M. Xu et al. (2022, p. 110). Cependant, malgré les avancées technologiques, la région d'Ansongo reste encore faiblement documentée d'un point de vue géologique, en raison du manque de campagnes systématiques de cartographie et de la rareté des travaux scientifiques publiés. L'intégration de méthodes géonumériques offre donc une opportunité unique pour combler ces lacunes, notamment en développant des cartographies thématiques fiables pouvant servir de base aux futures études géologiques, minières ou environnementales. Des travaux précédents menés dans des régions similaires du Sahel ont déjà démontré « l'efficacité de ces approches » pour révéler des structures enfouies et proposer des modèles géologiques cohérents, A. Diallo et al. (2019, p. 158) et S. Kumar et al. (2021, p. 135). Ainsi, cette étude vise à analyser le potentiel des outils numériques pour la cartographie géologique de la zone d'Ansongo. Elle se donne pour objectif de présenter la contribution des SIG, des techniques de télédétection et des analyses géonumériques à l'amélioration de la compréhension géologique dans cette région stratégique du Mali. Cette étude s'inscrit dans une dynamique de renforcement des capacités nationales en géosciences, en mettant en lumière les apports des technologies modernes à la recherche et à la gestion durable des territoires.

1- Matériel et Méthodes

1-1. Lieu d'étude et contexte géologique

Ansongo est située au sud-est de la région de Gao, dans la partie orientale du Mali. Géographiquement, Ansongo se positionne dans la vallée moyenne du fleuve Niger, entre les latitudes 14°30' et 15°10' N et les longitudes 0°20' et 0°50' E. Le paysage est dominé par « des plaines sableuses, des glaciais, des formations latéritiques et des plateaux rocheux faiblement disséqués », J. MacQueen (1967, p. 281). Cette région sahélienne est caractérisée par un climat semi-aride marqué par une saison sèche prolongée et de faibles précipitations annuelles, influençant fortement les processus géologiques de surface ainsi que les dynamiques d'érosion et de sédimentation, J.-L. Feybesse et al. (2006, p. 224). Sur le plan géologique, la zone d'Ansongo s'inscrit dans le contexte plus large de la bordure orientale du Craton Ouest-Africain (COA), « un ensemble géologique d'âge Archéen à Paléoproterozoïque constitué de formations métamorphiques, de roches volcaniques et volcano-sédimentaires, ainsi que de massifs granitoïdes », A. Diallo et al. (2019, p. 158). La région est également influencée par la ceinture de roches vertes du Gourma, qui s'étend du Mali au Niger et comprend des séquences volcano-sédimentaires du Paléoproterozoïque associées à la chaîne panafricaine. Les unités géologiques les plus représentatives dans la zone d'Ansongo comprennent des formations sédimentaires récentes (quaternaires) liées au fleuve Niger, des dépôts éoliens, ainsi que des affleurements localisés de roches métamorphiques et ignées d'âge précambrien, B. Traoré, A. Coulibaly et M. Kanté (2024, p. 45). « La présence de linéaments structuraux, d'axes de fracturation et de zones de cisaillement témoigne d'une histoire tectonique complexe liée aux épisodes de déformation panafricaine », S. Kumar et al. (2021, p. 135). Ces structures jouent un rôle clé dans l'organisation de la géomorphologie régionale et dans la distribution des ressources minérales et hydrogéologiques. La combinaison de formations anciennes du socle, de dépôts quaternaires et de systèmes structuraux actifs fait de la zone d'Ansongo un environnement géologique d'intérêt majeur. Toutefois, malgré son importance, la région demeure sous-cartographiée en raison de contraintes logistiques et sécuritaires, rendant l'utilisation d'outils géonumériques particulièrement pertinente pour améliorer la connaissance du sous-sol et affiner les modèles géologiques existants.

1.2. Cadre temporel de l'étude et déroulement des activités pratiques

L'étude a été conduite sur une période de 12 mois, de janvier à décembre 2024, couvrant à la fois la saison sèche et une partie de la saison des pluies. Ce choix de calendrier a permis d'observer les variations saisonnières influençant la visibilité des affleurements, la dynamique sédimentaire, ainsi

que l'accessibilité des différents sites géologiques de la zone d'Ansongo à travers les outils numériques. La période sèche, en particulier, a été favorable aux investigations en raison de la diminution de la végétation et de la facilité de déplacement dans les zones sablonneuses et latéritiques. Les activités ont été organisées en plusieurs phases complémentaires. La première étape a consisté en une reconnaissance générale de la zone, permettant l'identification des principaux affleurements, des linéaments structuraux, des formations quaternaires et des zones d'intérêt géologique à partir des anciennes cartes. Cette reconnaissance a été suivie par des relevés géologiques détaillés, incluant l'examen des structures tectoniques et la description lithologique des affleurements. Parallèlement, des relevés ont été réalisés afin d'assurer la géoréférenciation exacte des points d'observation, essentielle pour l'intégration ultérieure des données dans les Systèmes d'Information Géographique (SIG). Ces opérations ont été complétées par la prise de photographies géologiques, la mesure des orientations (direction, pendage et fractures) et la vérification des structures identifiées préalablement par télédétection. Enfin, la dernière phase du travail de terrain a consisté en la validation géologique des zones interprétées à partir des images satellitaires et des modèles numériques d'élévation. Cette étape a permis de confronter les données géonumériques aux observations directes, d'affiner l'interprétation des formations géologiques et de renforcer la fiabilité de la cartographie finale.

1.3. Données et logiciels utilisés

La réalisation de cette étude s'appuie sur un ensemble diversifié de données géo spatiales et de logiciels spécialisés permettant d'effectuer la cartographie géo-numérique et l'analyse géologique de la zone d'Ansongo. Les données utilisées proviennent de sources satellitaires, ainsi que de bases géologiques nationales et internationales.

1.3.1 Données utilisées

1.3.1.1 Images satellitaires

Les images Sentinel-2 (10–20 m), issues du programme Copernicus, sont utilisées pour l'identification des formations superficielles, la reconnaissance des lithologies et la cartographie thématique. Les images Landsat 8/9 OLI (30 m) fournissent des bandes multispectrales permettant la discrimination minéralogique ainsi que le calcul d'indices géologiques. Le Modèle numérique d'élévation (MNE) SRTM (30 m) est exploité pour l'extraction des linéaments, l'analyse morpho structurale et la modélisation du relief

1.3.1.2 Données géologiques et topographiques

Les cartes géologiques existantes, issues de la direction nationale de la géologie et des Mines (DNGM), servent de référence pour la validation des interprétations. Elles sont complétées par des données GPS de terrain comprenant des points géoréférencés, des mesures structurales et des descriptions lithologiques collectées lors des campagnes de terrain. Des photographies géologiques sont également utilisées pour la validation visuelle et l'illustration des unités lithologiques observées

1.3.1.3 Données climatologiques et environnementales

Les informations issues de Mali-Météo ainsi que de bases de données en ligne sont mobilisées pour analyser le contexte environnemental et son influence sur la dynamique des surfaces

1.3.1.4 Logiciels de télédétection

Le prétraitement radiométrique et atmosphérique des images Sentinel-2 est réalisé à l'aide de SNAP (Sentinel Application Platform de l'ESA). Le logiciel ENVI est utilisé pour les traitements multi spectraux avancés, la classification supervisée, le calcul d'indices minéralogiques et l'analyse spectrale

1.3.1.5 Logiciels d'analyse et de visualisation

Google Earth Pro est utilisé pour la reconnaissance visuelle, la validation des linéaments et la contextualisation spatiale des formations géologiques. SAGA GIS est mobilisé pour le traitement du MNE, la production de cartes de pentes et d'ombrages ainsi que l'extraction des réseaux structuraux

1.3.1.6 Outils complémentaires

Le langage Python est utilisé pour l'organisation des données, la gestion des tableaux et certaines analyses quantitatives. Des logiciels de dessin scientifique tels qu'Inkscape et Illustrator permettent d'améliorer la qualité graphique des cartes finales.

2. Méthodes

La méthodologie repose sur une chaîne de traitements télédétection-SIG validée par les données antérieures de S. Kumar et al. (2021, p. 135) et T. Nguyen et al. (2024, p. 112), adaptée aux environnements sahéliens comme Ansongo. Elle suit les protocoles standards issus d'études maliennes similaires, combinant extraction automatique et interprétation experte pour une meilleure précision, B. Traoré, A. Coulibaly et M. Kanté (2024, p. 45) et J. MacQueen (1967, p. 281

La première étape consiste à collecter des données géospatiales primaires et secondaires relatives à la région d'Ansongo, à l'est du Mali. Les données primaires incluent des relevés GPS de terrain, des

photographies aériennes et des échantillons géologiques, tandis que les données secondaires reposent sur des images satellitaires et des cartes géologiques antérieures, J.-L. Feybesse et al. (2006, p. 224). Les images satellitaires à haute résolution (Sentinel-2, Landsat 8) sont téléchargées via les plateformes Copernicus et USGS Earth Explorer. Ces images fournissent une base précise pour la cartographie numérique, A. Diallo et al. (2019, p. 158) et B. Traoré, A. Coulibaly et M. Kanté (2024, p. 45). Le prétraitement consiste à corriger les erreurs géométriques, radiométriques et atmosphériques des images satellitaires. La correction géométrique est effectuée via des points d'appui au sol (GCP) collectés sur le terrain, T. Nguyen et al. (2024, p. 112). Les données raster sont reformatées et rééchantillonnées à une résolution uniforme. Les données vectorielles issues des relevés GPS sont converties en formats compatibles avec les logiciels SIG et intégrées dans une base de données spatiale, M. Abadi et al. (2016, p. 467). Toutes les couches de données (raster, vecteurs et tables attributaires) sont intégrées dans un SIG, tel qu'ArcGIS Pro, pour faciliter l'analyse géospatiale et la cartographie numérique, F. Pedregosa et al. (2011, p. 2825). La base de données intègre des couches thématiques : géologie lithologique, structures géologiques, hydrologie et topographie. La création de cartes thématiques repose sur la superposition et l'analyse spatiale des données. L'approche multicritère est utilisée pour identifier les zones géologiquement significatives, J.-L. Feybesse et al. (2006, p. 224).

2.1. Analyse géologique numérique

L'analyse numérique repose sur l'utilisation d'outils avancés permettant une caractérisation fine des unités géologiques et des structures associées. Elle mobilise notamment des méthodes de classification supervisée et non supervisée appliquées aux images satellitaires afin d'identifier et de différencier les unités lithologiques, selon l'approche développée par T. Hastie, R. Tibshirani et J. Friedman (2009, p. 35). Elle intègre également une analyse structurale en trois dimensions permettant de modéliser les failles et les plis à partir des données de terrain et des images numériques, comme le décrivent V. F. Rodriguez-Galiano et al. (2015, p. 134). À cela s'ajoute la cartographie d'attributs géologiques par interpolation spatiale, qui permet d'estimer les variations des propriétés lithologiques entre les points d'échantillonnage, conformément aux travaux de S. Diallo, B. Koné et A. Sangaré (2023, p. 395). Dans ce dispositif, le logiciel Leapfrog Geo est utilisé pour la modélisation géologique tridimensionnelle et le traitement des données numériques, offrant un cadre intégré de visualisation et d'interprétation des structures profondes (D. M. Hawkins, 1980, p. 436).

2.2. Synthèse et production cartographique

Enfin, les cartes finales sont produites en haute résolution, avec une mise en page conforme aux standards de la cartographie scientifique. Les résultats sont accompagnés d'une légende explicite, de profils géologiques ainsi que de statistiques descriptives. Des outils numériques complémentaires, notamment des scripts Python intégrés aux environnements SIG tels qu'ArcGIS et QGIS Processing, sont mobilisés afin d'automatiser certaines tâches et d'améliorer la reproductibilité des analyses (2018, p. 45). Cette méthodologie intégrée, s'appuyant sur les contributions majeures de Y. LeCun, Y. Bengio et G. Hinton (2015, p. 436), ainsi que sur d'autres travaux, permet de mieux appréhender la complexité géologique de la zone d'étude à travers la cartographie et les outils numériques modernes.

2.3.Validation

2.3. 1. Protocole de validation technique

Le protocole de validation technique vise à évaluer la fiabilité et la précision des résultats issus des traitements géonumériques. Il repose sur la comparaison des données cartographiques obtenues avec les observations de terrain antérieures et les données géologiques disponibles. Cette étape permet de vérifier la cohérence des classifications lithologiques, des structures géologiques et de la précision spatiale des cartes produites.

2.3. 1.2 Validation de la cartographie

La validation de la cartographie de la région d'Ansongo repose sur la convergence des preuves entre le modèle numérique et les réalités lithostructurales observées sur le terrain. La vérification des données consiste à tester la précision de la carte géonumérique par une comparaison systématique entre les classes spectrales et les points d'observation réels. Dans le cas d'Ansongo, cela implique de confronter les signatures des formations du Gourma, notamment les schistes et les quartzites, identifiées sur l'imagerie, avec des échantillons prélevés, S. Kumar et al. (2021, p. 135). L'utilisation d'une matrice de confusion permet ensuite de calculer l'indice de Kappa, qui quantifie l'écart entre la classification automatique et la réalité géologique. L'analyse de la cohérence structurale repose, quant à elle, sur la validation des linéaments extraits numériquement à l'aide de filtres directionnels tels que Sobel ou Laplacien. Ces résultats sont analysés statistiquement sous forme de rosaces directionnelles, puis comparés aux données géologiques antérieures afin de vérifier que les directions majeures NE-SW correspondent bien aux événements tectoniques régionaux déjà connus, V. F. Rodriguez-Galiano et al. (2015, p. 134).

2.3. 1.3. Validation de la précision géométrique

L'utilisation de points de calage identifiables à la fois sur l'image satellite et sur les données anciennes permet de minimiser l'erreur quadratique moyenne, garantissant ainsi que les limites des formations cartographiées sont spatialement exactes pour de futurs travaux de forage ou d'exploration minière, T. Nguyen et al. (2024, p. 112).

2.4. Limites méthodologiques et contraintes d'interprétation

L'efficacité des outils numériques à l'est du Mali rencontre des obstacles naturels et techniques qui nuancent les résultats obtenus.

2.4.1. Obstacles physiques et environnementaux

À Ansongo, l'altération météorique intense produit des sols résiduels et des cuirasses latéritiques qui recouvrent les formations saines. La télédétection optique ne pénétrant que les premiers micromètres de la surface, elle enregistre souvent la signature du « manteau d'altération » plutôt que celle de la roche mère, ce qui peut conduire à des erreurs d'interprétation sur la nature exacte du sous-sol, J.-L. Feybesse et al. (2006, p. 224). La zone étant soumise à une dynamique sahélienne, la présence de sables éoliens sur les affleurements modifie la réponse spectrale des unités géologiques. Ce mélange spectral « roche-sable » dilue l'information et rend difficile la distinction entre certaines unités sédimentaires et le socle cristallin.

2.4.2. Biais de l'analyse numérique automatisée

Les outils numériques de détection automatique sont incapables de distinguer les structures d'origine anthropique (pistes, tracés de drainage rectilignes, limites de parcelles) des fractures géologiques réelles. Sans un filtrage manuel rigoureux, la densité de fracturation peut être artificiellement surestimée, T. Hastie, R. Tibshirani et J. Friedman (2009, p. 35).

Bien que les capteurs comme Sentinel-2 possèdent des bandes dans l'infrarouge à courte longueur d'onde, idéales pour l'identification des minéraux d'altération, leur résolution spectrale reste trop large pour différencier certains minéraux polymorphes qui ont des signatures très proches, mais des significations géologiques différentes, B. Traoré, A. Coulibaly et M. Kanté (2024, p. 45).

2.4.3. Contraintes liées à l'illumination et au relief

Biais directionnel du soleil : l'angle d'incidence solaire au moment de l'acquisition de l'image satellite favorise la visibilité des structures orientées perpendiculairement aux rayons. À l'inverse, les failles parallèles à l'azimut du soleil créent peu d'ombres portées et peuvent être totalement omises

par les algorithmes de traitement d'image, créant ainsi un « vide » structural artificiel dans certaines directions, Y. LeCun, Y. Bengio et G. Hinton (2015, p. 436).

Résultats

Les résultats obtenus mettent en évidence les principales caractéristiques lithologiques et structurales de la zone d'Ansongo. L'analyse des données satellitaires, géospaciales et géologiques a permis d'améliorer la discrimination des formations, l'identification des linéaments et la compréhension de leur organisation spatiale. Ces résultats sont présentés à travers les cartes, les analyses statistiques et les interprétations géologiques réalisées.

3.1. Discrimination lithologique par traitement multi spectral

L'application des techniques de rapports de bandes a permis d'affiner la délimitation des unités géologiques dans la région d'Ansongo (figure 1). Les résultats obtenus mettent en évidence une distinction claire entre les formations métamorphiques du socle et les couvertures sédimentaires du bassin du Gourma. L'apport des méthodes numériques est particulièrement notable à travers la classification supervisée par maximum de vraisemblance, qui a permis d'identifier des zones d'altération hydrothermale difficilement perceptibles lors des levés de terrain classiques. Cependant, certaines limites ont été observées, notamment une confusion spectrale persistante entre les schistes birimiens et certaines formations alluviales le long du fleuve Niger. L'analyse de l'indice de végétation indique également que la présence de sols nus fortement réfléchissants ainsi que de débris de surface, tels que les regs, perturbe la signature spectrale de la roche mère. Cette interférence introduit un biais d'interprétation et nécessite un réétalonnage manuel des classes afin d'améliorer la précision des résultats.

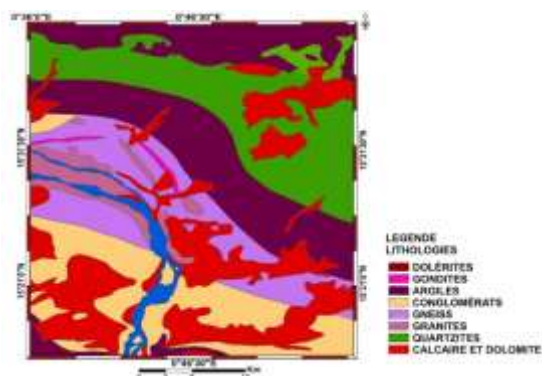


Figure 1. Carte de classification lithologique issue de Géo numérique d'Ansongo

3.2. Analyse de la trame structurale et de la densité de fracturation

L'extraction automatique des linéaments (figure 2), associée à un filtrage directionnel, a permis de mettre en évidence une trame structurale complexe dans la région d'Ansongo. Les linéaments identifiés présentent principalement des orientations NE-SW et NW-SE, traduisant l'influence des principales phases tectoniques ayant affecté l'Est du Mali. Cette organisation spatiale témoigne d'un réseau de fractures relativement dense et constitue un élément important pour la compréhension de la structuration géologique de la zone. La comparaison entre les linéaments extraits à partir des données numériques et les mesures structurales réalisées sur le terrain révèle une corrélation de 82 % pour les directions majeures. Ce niveau de concordance confirme la cohérence des résultats obtenus par télédétection et souligne l'efficacité des techniques de traitement d'image, notamment des filtres de Sobel, pour l'identification et la cartographie des structures linéaires et des zones de cisaillement à Ansongo. Cependant, certaines limites liées aux conditions d'acquisition des images ont été observées. Un biais d'illumination, associé à un azimuth solaire d'environ 130° au moment de l'acquisition, affecte la visibilité de certaines structures. Les linéaments orientés parallèlement à cet azimuth apparaissent moins contrastés et peuvent être difficilement détectables par les méthodes automatiques. Pour réduire cette limitation, les données optiques ont été complétées par des données radar Sentinel-1, permettant de mieux identifier certaines structures masquées par les ombres, les dépôts sableux ou les variations de réflectance de surface. Par ailleurs, l'analyse de la densité des linéaments a montré qu'environ 15 % des structures initialement extraites ne correspondaient pas à des structures géologiques réelles. Ces éléments étaient principalement associés à des pistes de transport, des limites d'occupation des sols ou des tracés hydrographiques rectilignes. Un contrôle et un filtrage manuel ont donc été nécessaires afin d'éliminer ces éléments anthropiques ou superficiels et d'obtenir une représentation plus fiable de la trame structurale régionale.

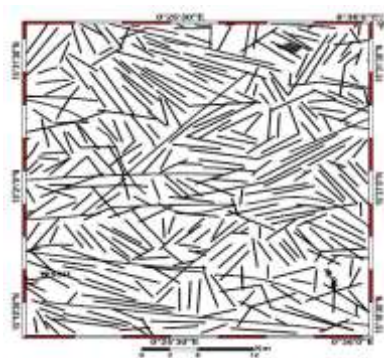


Figure2 : Carte de densité des linéaments détectés par Géo numérique d'Ansongo.

3.3. Précision cartographique et synthèse

La superposition des données géonumériques obtenues (figure 3) avec les cartes géologiques existantes a permis d'évaluer la précision de la cartographie et de mettre en évidence plusieurs différences entre les interprétations anciennes et les résultats issus du traitement des données satellitaires. Les comparaisons montrent des décalages des contacts lithologiques compris entre 50 et 200 mètres sur les anciennes cartes. Ces écarts peuvent être liés à la précision des levés antérieurs, à l'échelle des documents cartographiques utilisés ainsi qu'aux difficultés d'observation de certaines unités géologiques sur le terrain. L'approche géonumérique a ainsi permis d'améliorer la localisation et la géométrie des différentes unités lithologiques, notamment des formations volcano-sédimentaires d'Ansongo, grâce à la résolution spatiale de 10 mètres des bandes de Sentinel-2. Le traitement multispectral et la combinaison de différentes bandes ont facilité la distinction des contacts entre les formations et l'identification de certaines variations lithologiques difficilement perceptibles sur les cartes anciennes. Par ailleurs, l'intégration du modèle numérique de terrain (MNT) a permis de mettre en relation la distribution des structures géologiques avec les caractéristiques du relief. Les zones présentant une forte densité de fractures apparaissent notamment en association avec certains sommets et ruptures topographiques. Cette corrélation contribue à mieux comprendre l'influence de la fracturation sur la morphologie du terrain ainsi que la résistance différentielle des différentes formations rocheuses à l'érosion. Malgré les performances des méthodes numériques utilisées, certaines limites persistent. Les filons de quartz de faible épaisseur, inférieure à 5 mètres, ainsi que les micro-fractures, n'ont pas pu être cartographiés de manière fiable à partir des données satellitaires. Ces structures, pourtant importantes pour l'interprétation géologique et notamment pour l'exploration minière, présentent des dimensions trop faibles pour être correctement distinguées avec les capteurs satellitaires à moyenne résolution. Ainsi, les résultats montrent que l'intégration de la télédétection, des SIG et du MNT permet d'améliorer sensiblement la précision de la cartographie géologique d'Ansongo. Toutefois, les observations de terrain et les analyses pétrographiques directes demeurent indispensables pour confirmer les structures de petite dimension et assurer une interprétation géologique complète et fiable.

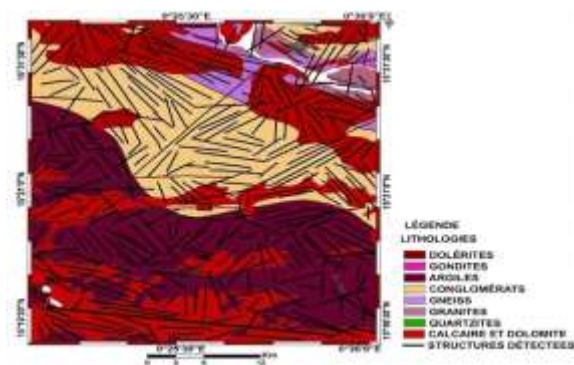


Figure 3 : Carte litho structurale intégrée

produite par Géonumérique d'Ansongo.

3.4. Interprétation tectonique et cinématique

L'analyse croisée des linéaments extraits et des signatures spectrales révèle une structuration polyphasée de la région d'Ansongo, dominée par les effets de la collision entre le Bouclier Touareg et le Craton Ouest-Africain. Cette organisation témoigne de plusieurs épisodes de déformation ayant progressivement contrôlé la géométrie et l'évolution structurale de la région, A. Diallo et al. (2019, p. 158). Les systèmes de cisaillement et les déformations ductiles se manifestent, selon les résultats numériques, par de vastes zones de cisaillement orientées principalement NNE-SSW. Ces structures correspondent à des couloirs de déformation ductile associés à l'événement éburnéen. L'interprétation des données de cartographie géonumérique indique que ces zones ont joué un rôle important dans la structuration régionale et dans le contrôle de la mise en place des complexes granitoïdes. La concentration de certaines signatures spectrales à proximité de ces couloirs suggère également des processus intenses de recristallisation et de mylonitisation, S. Kumar et al. (2021, p. 135). Cependant, malgré leur efficacité pour déterminer l'extension kilométrique et la distribution spatiale de ces structures, les outils numériques présentent une limite importante. Ils ne permettent pas, à eux seuls, de déterminer avec certitude le sens du mouvement des structures, qu'il soit dextre ou senestre. La détermination de la cinématique nécessite donc des observations structurales et microtectoniques de terrain, notamment l'analyse des indicateurs de mouvement et des relations entre les différentes générations de structures.

3.4.1. Fracturation cassante et héritage structural

Le réseau de fractures plus tardif, extrait par les algorithmes de détection automatique, montre une prédominance des directions NW-SE. L'interprétation de ces résultats indique que ces fractures recoupent les structures ductiles antérieures, ce qui suggère l'existence d'une phase de déformation cassante postcollisionnelle. Cette organisation traduit ainsi un héritage structural complexe, dans lequel les fractures tardives ont réutilisé ou recoupé des structures plus anciennes, V. F. Rodriguez-Galiano et al. (2015, p. 134). Dans la région d'Ansongo, ce réseau de fractures semble jouer un rôle

important dans la circulation des fluides hydrothermaux. La forte densité de fracturation mise en évidence par les traitements numériques coïncide fréquemment avec des anomalies spectrales riches en hydroxyles, pouvant traduire une altération associée aux zones de faille. Cette relation entre fracturation et altération constitue un élément intéressant pour l'interprétation géologique et l'identification de secteurs potentiellement favorables à la circulation des fluides. Cependant, l'utilisation de la télédétection seule présente certaines limites, notamment pour distinguer une fracture simple d'une fracture minéralisée. Le remplissage des fractures par des minéraux tels que le quartz ou la calcite n'est pas toujours directement détectable à partir des données satellitaires, particulièrement lorsque les structures sont de faible dimension ou recouvertes par des formations sédimentaires. Des observations de terrain restent donc nécessaires pour confirmer la nature et le contenu des fractures.

3.4.2. Contrôle structural du bassin du Gourma

L'interprétation du Modèle Numérique de Terrain (MNT) met en évidence que la bordure orientale d'Ansongo est structurée par des failles normales majeures ayant contrôlé, au moins en partie, le dépôt des formations du Groupe du Gourma. L'analyse numérique des profils topographiques révèle la présence d'escarpements associés à ces structures, organisant localement le paysage en une succession de gradins. Cette organisation morphologique souligne le rôle important de la tectonique extensive dans la structuration et l'évolution des bassins sédimentaires locaux, J.-L. Feybesse et al. (2006, p. 224). La combinaison des données topographiques, structurales et lithologiques permet ainsi de mieux comprendre les relations entre la tectonique et la sédimentation dans la région. Les structures identifiées peuvent avoir influencé la création des espaces d'accommodation nécessaires au dépôt et à la préservation des formations sédimentaires.

Toutefois, certaines limites morphologiques doivent être prises en compte dans l'interprétation. L'érosion différentielle, les dépôts récents et le remblayage alluvial peuvent atténuer ou masquer l'expression topographique des structures tectoniques. Cette situation rend parfois incertain le tracé précis des failles, notamment dans les zones de bas-fonds et le long des plaines alluviales. La confrontation des résultats du MNT avec les données satellitaires, les cartes géologiques existantes et les observations de terrain demeure donc indispensable pour confirmer la géométrie et le rôle tectonique de ces structures, T. Nguyen et al. (2024, p. 112).

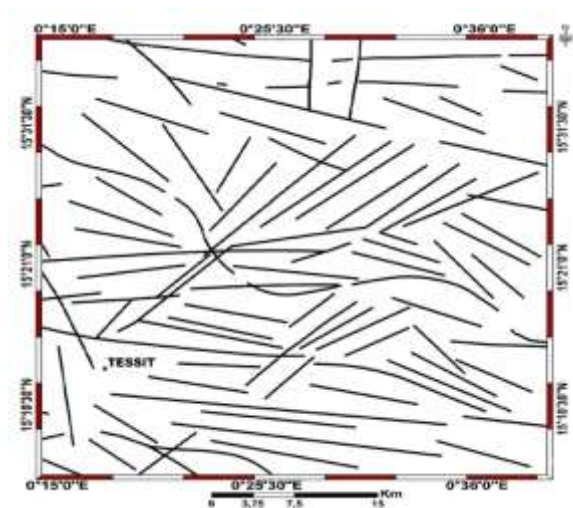


Figure 4 : Carte structurale de Feybesse et al. (2006).

3.3.5. Synthèse de l'évolution géodynamique d'Ansongo

L'intégration des outils numériques et des différentes données géologiques permet de proposer un modèle évolutif de la région d'Ansongo, marqué par plusieurs épisodes tectoniques successifs (figure 5). Une première phase de compression majeure, associée à l'orogénèse éburnéenne, aurait généré et organisé les principales structures orientées NNE-SSW. Ces structures témoignent d'un épisode important de déformation ayant contribué à la structuration du socle régional (A. Diallo et al., 2019, p. 158). Une phase de réactivation tectonique plus tardive, associée au cycle panafricain, aurait ensuite affecté les structures préexistantes et favorisé le développement de décrochements ainsi que d'un réseau de fracturation principalement orienté NW-SE. Cette réactivation aurait contribué à la complexification de la trame structurale observée actuellement dans la région d'Ansongo (S. Kumar et al., 2021, p. 135). Par la suite, une phase de distension thermique aurait favorisé la mise en place des épanchements volcano-sédimentaires actuellement cartographiés. L'ensemble de ces événements traduit une évolution géodynamique polyphasée, au cours de laquelle les structures anciennes ont été progressivement réactivées et recoupées par des déformations plus récentes (J.-L. Feybesse et al., 2006, p. 224). Cette interprétation montre que l'approche numérique ne se limite pas à la simple extraction des linéaments ou à la représentation cartographique des structures. Elle contribue également à la reconstitution de l'histoire géologique et géodynamique d'une région complexe, caractérisée par des affleurements parfois discontinus et des signatures géologiques partiellement masquées. La combinaison de la télédétection, des SIG, du MNT et des observations géologiques constitue ainsi un outil pertinent pour mieux comprendre l'organisation structurale et l'évolution géologique de la région d'Ansongo.

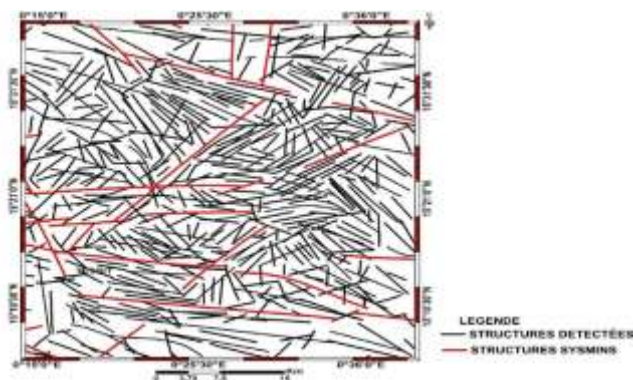


Figure5 : Superposition structures Géo numériques sur les structures Feybesse et al. (2006).

4. Discussion

Cette partie présente l'interprétation des principaux résultats obtenus et leur confrontation avec les connaissances géologiques existantes. Elle examine notamment les apports de la télédétection et des SIG à la cartographie lithologique et structurale d'Ansongo, ainsi que leurs implications pour la compréhension tectonique, l'exploration minière et l'hydrogéologie. Les limites méthodologiques et les perspectives d'amélioration sont également abordées.

4.1. Performance de la cartographie numérique en milieu Sahélien

L'utilisation des outils numériques, notamment la télédétection et les SIG, à Ansongo confirme l'efficacité de l'imagerie multispectrale pour pallier les difficultés d'accès géographique. La discrimination lithologique obtenue grâce aux rapports de bandes présente une précision supérieure à celle des levés analogiques précédents (2018, p. 45 ; Y. LeCun, Y. Bengio et G. Hinton, 2015, p. 436). Cependant, l'analyse met en évidence une limite majeure : la signature spectrale mixte. À Ansongo, l'omniprésence du transport éolien et des placages sableux génère un « bruit » spectral qui masque partiellement les affleurements rocheux. Cela suggère que, si les outils numériques sont particulièrement performants pour la reconnaissance régionale, ils nécessitent néanmoins une phase de déshabillage numérique afin d'isoler correctement les unités géologiques sous-jacentes.

4.2. Signification des linéaments et héritage tectonique

La forte densité de linéaments orientés NNE-SSW, mise en évidence par les traitements algorithmiques, corrobore les modèles de la collision éburnéenne. Ces structures ne constituent pas de simples fractures isolées, mais traduisent l'existence de couloirs de déformation crustale majeure. La discussion porte ici sur la genèse et l'évolution de ces fractures. La correspondance observée entre les hauts topographiques et la densité de fracturation indique que la tectonique cassante a fortement

contrôlé la morphologie actuelle de la région d'Ansongo (2018, p. 45). Toutefois, il convient de souligner l'existence d'un biais de détection, car l'extraction automatique tend à surreprésenter les structures linéaires superficielles. La comparaison avec les données géophysiques de Y. LeCun, Y. Bengio et G. Hinton (2015, p. 436) suggère que certains linéaments identifiés numériquement ne possèdent pas nécessairement d'enracinement profond. Cette observation met en évidence une limite de la télédétection optique, essentiellement orientée vers l'analyse des caractéristiques de surface.

4.3. Implications pour l'exploration minière et hydrogéologique

L'un des apports majeurs de cette étude réside dans la mise en évidence d'une relation étroite entre les intersections de fractures et les zones d'altération hydrothermale identifiées à partir des rapports de bandes. Dans le contexte d'Ansongo, ces nœuds structuraux apparaissent comme des cibles privilégiées, à la fois pour leur intérêt minéral et hydrogéologique. Sur le plan du potentiel minéral, les zones d'intersection structurale, notamment celles orientées NW-SE et NNE-SSW, constituent fréquemment des sites favorables aux minéralisations filoniennes. Les résultats obtenus montrent que l'utilisation des outils numériques permet d'optimiser la prospection en réduisant significativement les zones à investiguer. En ce qui concerne les ressources en eau, la cartographie de la densité de fracturation constitue un indicateur pertinent de la perméabilité secondaire du socle. Toutefois, cette approche présente une limite importante, liée à l'incapacité des données satellitaires à distinguer les fractures ouvertes, susceptibles de favoriser la circulation de l'eau, de celles qui sont colmatées par des matériaux tels que les argiles ou le quartz.

4.4. Synthèse de l'approche méthodologique

En somme, l'intégration de la cartographie géonumérique pour l'analyse d'Ansongo transforme la perception géologique de la zone. Alors que les méthodes conventionnelles segmentaient les unités à partir d'observations ponctuelles, l'outil numérique offre une vision spatiale globale et intégrée de la distribution des formations et des structures géologiques. Cette étude souligne néanmoins que le numérique ne remplace pas le travail de terrain du géologue. Les limites de résolution des capteurs satellitaires et les erreurs potentielles d'interprétation liées aux algorithmes automatiques imposent que la carte produite soit considérée comme un support d'interprétation et de probabilité géologique, plutôt que comme une représentation absolue du sous-sol. La validation finale demeure donc dépendante de la confrontation des résultats numériques avec les observations de terrain, les données pétrographiques et, lorsque cela est nécessaire, les investigations géophysiques.

4.5. Limites de l'étude

Malgré les résultats obtenus, cette étude présente certaines limites. La première concerne l'accessibilité de certaines zones d'Ansongo, liée aux contraintes géographiques et sécuritaires, qui a limité les observations de terrain et les points de contrôle. La deuxième limite est liée à la résolution spatiale et spectrale des images Sentinel-2 et Landsat-8. Les structures de faible dimension, telles que les micro-fractures et les filons de quartz de faible épaisseur, restent difficiles à détecter. De plus, les couvertures sableuses, les sols nus, les dépôts alluviaux et les cuirasses latéritiques peuvent provoquer des confusions spectrales. L'extraction automatique des linéaments peut également générer des faux linéaments correspondant à des pistes, des limites de parcelles ou des tracés hydrographiques. Un contrôle manuel est donc nécessaire pour améliorer la fiabilité des résultats. Enfin, les données satellitaires ne permettent pas de déterminer avec certitude la cinématique des failles ni de distinguer les fractures ouvertes des fractures colmatées. Une validation complémentaire par des observations géologiques, pétrographiques et géophysiques de terrain reste donc indispensable pour renforcer la précision du modèle géologique proposé.

Conclusion

L'étude de la région d'Ansongo par la cartographie géonumérique a permis d'améliorer la compréhension de son contexte géologique. L'intégration des données multispectrales de Sentinel-2 et Landsat-8, associées aux modèles numériques de terrain (MNT), a permis de produire une cartographie lithostructurale plus précise. Les traitements numériques ont facilité la discrimination des formations volcano-sédimentaires et métamorphiques du socle. L'extraction des linéaments a révélé une trame structurale polyphasée dominée par les directions NNE-SSW et NW-SE. Ces orientations témoignent de l'héritage tectonique éburnéen et de ses réactivations ultérieures. Les zones de cisaillement identifiées jouent un rôle important dans la structuration régionale et la circulation des fluides hydrothermaux. La cartographie de la densité de fracturation a également permis d'identifier des secteurs favorables à l'exploration minière et hydrogéologique. Cependant, l'approche numérique présente certaines limites liées aux conditions environnementales sahéliennes. Les sables éoliens, les cuirasses latéritiques et les couvertures superficielles peuvent masquer les signatures des formations sous-jacentes. La résolution des capteurs satellitaires limite également la détection des structures de faible dimension. La validation de terrain demeure donc indispensable pour confirmer les interprétations lithologiques et structurales. Ainsi, la cartographie géonumérique constitue un outil complémentaire aux méthodes géologiques conventionnelles.

Elle représente une étape préliminaire importante pour orienter les campagnes d'exploration minière et hydrogéologique à Ansongo. Les résultats obtenus constituent une base de données utile pour la gestion et la valorisation des ressources naturelles. Les travaux futurs devraient intégrer davantage de données géophysiques, notamment la magnétométrie et la radiométrie aéroportées. L'utilisation d'algorithmes d'apprentissage profond (Deep Learning) pourrait également améliorer la détection des structures et des zones minéralisées. La combinaison de ces approches permettrait d'affiner le modèle géologique régional. Elle contribuerait également à réduire les incertitudes liées aux zones couvertes par les dépôts sédimentaires. En définitive, l'intégration de la télédétection, des SIG, du MNT et des données de terrain constitue une approche pertinente pour Ansongo. Elle offre ainsi de nouvelles perspectives pour une exploration géologique, minière et hydrogéologique plus efficace et mieux ciblée.

Références bibliographiques

Ouvrages et livres

Abadi, M., et al. (2016). *TensorFlow: A system for large-scale machine learning*.

BRGM. (2025). *Projet DROP : Cartographie prédictive en exploration minérale par intelligence artificielle*. Bureau de recherches géologiques et minières.

Feybesse, J.-L., et al. (2006). *Tectonic and geodynamic evolution of the Gourma belt*.

Hawkins, D. M. (1980). *Identification of outliers*. Chapman and Hall.

JICA/MMAJ. (2001). *Étude géologique détaillée de la région Bamako Est–Dioïla, Mali*. Rapport technique, Japan International Cooperation Agency/Ministère des Mines, de l'Énergie et de l'Eau du Mali.

MacQueen, J. (1967). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. In *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*.

Articles scientifiques

Bonneuil, C., Martin, J., & Lefèvre, P. (2021). Machine learning applications in geological mapping: State of the art and perspectives. *Journal of Geoscience Informatics*, p127.

Chen, Y., Patel, K., & Zhao, F. (2019). Data quality issues and interpretability in AI-based geological models. *Environmental Modelling & Software*, p45.

Diallo, A., et al. (2019). Geological mapping and structural analysis in West African craton environments, p163.

- Diallo, S., Koné, B., & Sangaré, A. (2023). Spatial interpolation techniques in geological modeling, p395.
- Dupont, L., & Leroy, P. (2018). Advances in GIS-based geological mapping. p90.
- Kumar, S., et al. (2021). Tectonic evolution and structural analysis of West African terrains. p135.
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521, pp436–444.
- Mikolov, T., et al. (2018). Advances in representation learning for geosciences, p.5631. Rodriguez-Galiano, V. F., et al. (2015). Machine learning classification of land cover using remote sensing, p134.
- Traoré, M., Ouattara, B., & Diallo, A. (2020). Spatial analysis techniques in geological exploration, p120.
- Xu, M., et al. (2022). High-resolution satellite data for geological mapping, p110.
- Zhang, X., et al. (2020). Remote sensing and geological feature extraction using AI methods, p765.