

Journal of Applied Geographical Studies (JAGS)

**Caractérisation Pétrographique, Métallographique et
Interprétation Métallogénique des Roches Encaissantes des Indices
Aurifères de Wamba et du PK51 de Nia-Nia (Nord-Est de la
République Démocratique du Congo)**



**CARI
Journals**

Caractérisation Péetrographique, Métallographique et Interprétation Métallo-génique des Roches Encaissantes des Indices Aurifères de Wamba et du PK51 de Nia-Nia (Nord-Est de la République Démocratique du Congo)

 Prince Mabese Anyakanane^{1*}, Evariste Loke Lobanga^{2,3}, Gilbert Singoma Dhesaba²,
Gabriel Makabu Kayembe⁴, Corneille Kapajika Badibanga⁵

¹Institut Supérieur d'Etudes Agronomiques et Vétérinaires de Dingila (RDC)

²Université de Kisangani (RDC)

³Laboratoire d'Ecologie et Aménagement Forestier (RDC)

^{4,5}Université de Lubumbashi (RDC)

<https://orcid.org/0009-0004-2027-7979>

Accepted: 14th June 2026, Received in Revised Form: 7th July 2026, Published: 20th July 2026

Résumé

But de l'étude : Cette étude vise à caractériser les roches encaissantes associées aux indices aurifères de Wamba et du PK51 de Nia-Nia, situés dans la ceinture aurifère de Kilo-Moto (Nord-Est de la République Démocratique du Congo), afin de mieux comprendre les facteurs lithologiques, structuraux et hydrothermaux impliqués dans la mise en place de la minéralisation aurifère.

Méthodologie : Une approche intégrée combinant les observations de terrain, l'analyse pétrographique sur lames minces et l'étude métallographique sur sections polies a été mise en œuvre. Les investigations ont porté sur l'identification des lithologies, la caractérisation des assemblages minéralogiques, l'analyse des structures de déformation ainsi que l'identification des principaux minéraux opaques associés à la minéralisation.

Résultats : Les formations étudiées comprennent principalement des schistes, schistes graphiteux, quartzites, amphibolites, diorites quartzifères, granodiorites et pegmatites. Les assemblages minéralogiques sont dominés par le quartz, les feldspaths, les amphiboles et les micas. Les observations microscopiques révèlent la présence de foliations, de rubans de quartz, de microfractures et de structures de recristallisation associées à une déformation tectonique importante. La minéralisation est caractérisée par une association de pyrite, d'hématite et de goethite au sein d'une gangue siliceuse. Les relations texturales observées indiquent une phase hydrothermale sulfurée suivie d'une altération oxydante secondaire.

Contribution unique à la théorie, à la pratique et à la politique : Cette étude apporte de nouvelles données pétrographiques et métallographiques sur des indices aurifères encore peu documentés de la ceinture de Kilo-Moto. Elle confirme le rôle des zones de cisaillement, de la silicification et de la sulfidation dans le contrôle de la minéralisation aurifère et fournit des critères géologiques utiles à l'orientation des programmes d'exploration minière et à la valorisation durable des ressources minérales de la région.

Mots-clés : Ceinture de Kilo-Moto ; Minéralisation aurifère ; Pétrographie ; Métallographie ; Hydrothermalisme ; Zones de cisaillement.

Petrographic and Metallographic Insights into the Host Rocks and Hydrothermal Evolution of Gold Occurrences in Wamba and PK51 of Nia-Nia, Kilo-Moto Gold Belt, DR Congo

Abstract

Purpose: This study aims to characterize the host rocks associated with the Wamba and PK51 of Nia-Nia gold occurrences, located within the Kilo-Moto gold belt in northeastern Democratic Republic of Congo, in order to better understand the lithological, structural and hydrothermal controls governing gold mineralization.

Methodology: An integrated approach combining field investigations, petrographic analyses of thin sections and metallographic examinations of polished sections was employed. The study focused on lithological identification, mineral assemblage characterization, deformation structure analysis and the identification of opaque minerals associated with mineralization.

Findings: The investigated formations consist mainly of schists, graphitic schists, quartzites, amphibolites, quartz diorites, granodiorites and pegmatites. Mineral assemblages are dominated by quartz, feldspars, amphiboles and micas. Microscopic observations reveal foliations, quartz ribbons, microfractures and recrystallization structures indicative of significant tectonic deformation. Mineralization is characterized by an association of pyrite, hematite and goethite hosted within a siliceous gangue. Textural relationships suggest an initial hydrothermal sulfide stage followed by secondary oxidative alteration.

Unique Contribution to Theory, Practice and Policy: The study provides new petrographic and metallographic evidence from poorly documented gold occurrences within the Kilo-Moto belt. It highlights the role of shear zones, silicification and sulfidation in controlling mineralization and offers geological criteria that can support mineral exploration strategies and sustainable resource management in the region.

Keywords: *Kilo-Moto Belt; Gold mineralization; Petrography; Metallography; Hydrothermal alteration; Shear zones.*

1. Introduction

1.1. Contexte géologique et métallogénique

Les gisements aurifères de type orogénique représentent l'une des principales sources mondiales d'or primaire et constituent une composante majeure des provinces métallogéniques précambriennes. Ils se forment généralement dans des contextes de convergence tectonique où la déformation crustale, le métamorphisme régional et la circulation de fluides hydrothermaux interagissent pour favoriser la mobilisation et la concentration des métaux au sein de structures géologiques favorables telles que les failles, les zones de cisaillement et les réseaux de fractures (Groves et al., 2018 ; Hagemann & Cassidy, 2020 ; Robb, 2020 ; Fougrouse et al., 2023 ; Oyman, 2024). Ces systèmes minéralisateurs sont caractérisés par une association étroite entre les processus tectoniques, les phénomènes hydrothermaux et la mise en place de veines quartzifères souvent porteuses d'or.

En Afrique centrale, la ceinture aurifère de Kilo-Moto constitue l'une des provinces aurifères les plus importantes du Craton du Congo. Située dans le Nord-Est de la République Démocratique du Congo, cette ceinture est reconnue pour l'abondance de ses gisements primaires et secondaires exploités depuis le début du XX^e siècle. Elle est essentiellement constituée de formations volcano-sédimentaires précambriennes affectées par plusieurs épisodes de déformation, de métamorphisme et d'altération hydrothermale ayant favorisé le développement de systèmes aurifères de type orogénique (Delvaux et al., 2021 ; Hagemann & Cassidy, 2020).

Les minéralisations aurifères de cette région sont fréquemment associées à des veines de quartz, à des zones de cisaillement ductiles à cassantes ainsi qu'à des halos d'altération hydrothermale caractérisés par la silicification, la séricitisation, la chloritisation et la sulfidation (Groves et al., 1998 ; Robb, 2020). Malgré l'importance économique de cette province métallogénique, plusieurs secteurs demeurent encore insuffisamment étudiés du point de vue pétrographique et métallographique. C'est notamment le cas des indices aurifères de Wamba et du PK51 de Nia-Nia, situés dans le territoire de Mambasa, où les connaissances relatives à la nature des roches encaissantes, aux assemblages minéralogiques et aux mécanismes de concentration de l'or restent limitées.

1.2. État des connaissances

La compréhension des processus de mise en place des gisements aurifères repose en grande partie sur l'étude intégrée des caractéristiques pétrographiques, structurales et métallographiques des roches encaissantes. Les analyses pétrographiques permettent d'identifier les assemblages minéralogiques, les textures de recristallisation et les structures de déformation enregistrées par les roches au cours de leur évolution géologique. Elles fournissent également des informations essentielles sur les conditions métamorphiques et hydrothermales ayant accompagné la circulation des fluides minéralisateurs (Passchier & Trouw, 2005 ; Vernon, 2004).

Parallèlement, les études métallographiques constituent un outil fondamental pour la caractérisation des minéraux opaques associés à la minéralisation. Elles permettent d'identifier les sulfures primaires, les oxydes secondaires ainsi que les relations texturales entre les différentes phases minérales, contribuant ainsi à la reconstitution de la paragenèse et de l'évolution des systèmes hydrothermaux (Craig & Vaughan, 1994 ; Pirajno, 2009).

De nombreux travaux consacrés aux gisements aurifères orogéniques ont montré que la pyrite, l'arsénopyrite et, dans certains cas, la pyrrhotite, jouent un rôle déterminant dans la concentration et le piégeage de l'or au sein des systèmes hydrothermaux (Goldfarb et al., 2005 ; Groves et al., 1998). Les processus de silicification, de séricitisation et de chloritisation sont également reconnus comme des indicateurs majeurs des circulations hydrothermales associées à la minéralisation aurifère. Toutefois, l'expression minéralogique et texturale de ces phénomènes varie considérablement selon le contexte géologique, la nature des roches encaissantes et l'intensité des déformations tectoniques, ce qui justifie la réalisation d'études détaillées à l'échelle locale.

Dans la ceinture de Kilo-Moto, les travaux géologiques existants ont principalement porté sur les aspects régionaux de la métallogénèse et sur les caractéristiques générales des principaux gisements exploités. En revanche, les données pétrographiques et métallographiques détaillées concernant plusieurs indices aurifères secondaires, notamment ceux de Wamba et du PK51 de Nia-Nia, demeurent relativement rares.

1.3. Problématique scientifique

Malgré le potentiel aurifère reconnu de la région de Wamba et du PK51 de Nia-Nia, les mécanismes géologiques ayant contrôlé la mise en place de la minéralisation demeurent encore imparfaitement compris. Les relations entre les lithologies encaissantes, les structures de déformation, les assemblages minéralogiques et les phases métalliques associées à l'or n'ont pas fait l'objet d'investigations détaillées à l'échelle microscopique.

Cette insuffisance d'informations limite non seulement la compréhension de l'évolution géologique et métallogénique de la région, mais constitue également une contrainte pour les programmes de prospection minière visant à identifier de nouveaux indices aurifères. Une caractérisation approfondie des roches encaissantes et des minéralisations apparaît dès lors indispensable afin de préciser les contrôles lithologiques, structuraux et hydrothermaux impliqués dans la concentration de l'or.

La question centrale de cette étude peut être formulée comme suit : quelles sont les caractéristiques pétrographiques et métallographiques des roches encaissantes des indices aurifères de Wamba et du PK51 de Nia-Nia, et dans quelle mesure ces caractéristiques permettent-elles de mieux comprendre les processus responsables de la mise en place de la minéralisation aurifère ?

1.4. Objectifs de l'étude

L'objectif général de cette recherche est de caractériser les roches encaissantes associées aux indices aurifères de Wamba et du PK51 de Nia-Nia au moyen d'une approche intégrée

combinant pétrographie microscopique et métallographie, afin de contribuer à la compréhension des mécanismes de mise en place de la minéralisation aurifère.

Plus spécifiquement, l'étude vise à : (i) identifier les principales lithologies présentes dans la zone d'étude ; (ii) caractériser les assemblages minéralogiques observés en lame mince ; (iii) décrire les textures pétrographiques et les microstructures associées à la déformation ; (iv) identifier les principaux minéraux opaques liés à la minéralisation ; (v) analyser les relations entre altération hydrothermale, déformation tectonique et minéralisation et (vi) proposer une interprétation métallogénique préliminaire du système aurifère étudié.

1.5. Hypothèse de recherche

Cette étude repose sur l'hypothèse selon laquelle la minéralisation aurifère observée dans les secteurs de Wamba et du PK51 de Nia-Nia est associée à un système hydrothermal de type orogénique contrôlé par les structures de cisaillement régionales, la circulation de fluides riches en silice et en soufre ainsi que les processus de déformation affectant les formations précambriennes de la ceinture de Kilo-Moto. Ces processus auraient favorisé la précipitation des sulfures métalliques et la concentration de l'or au sein de zones tectoniquement préparées et intensément altérées.

2. Revue de la littérature

Les gisements aurifères orogéniques constituent l'une des principales sources mondiales d'or primaire et sont généralement associés aux ceintures métamorphiques affectées par une intense activité tectonique. Leur formation résulte de l'interaction entre la déformation crustale, le métamorphisme régional et la circulation de fluides hydrothermaux au sein de structures favorables telles que les failles, les fractures et les zones de cisaillement (Groves et al., 2018 ; Hagemann & Cassidy, 2020 ; Fougereuse et al., 2023). Ces structures contrôlent à la fois la migration des fluides minéralisateurs et la localisation des concentrations métalliques.

Les fluides hydrothermaux impliqués dans ces systèmes sont généralement enrichis en silice, en soufre, en dioxyde de carbone et en métaux. Leur circulation au sein des discontinuités tectoniques favorise la précipitation de l'or à la suite de variations de pression, de température ou des conditions d'oxydoréduction (Pirajno, 2021 ; Robb, 2020). Les processus d'altération hydrothermale qui en résultent se traduisent fréquemment par la silicification, la séricitisation, la chloritisation et la sulfidation des roches encaissantes.

L'étude pétrographique constitue un outil essentiel pour la caractérisation des systèmes aurifères. Elle permet d'identifier les assemblages minéralogiques, les textures de recristallisation et les microstructures associées à la déformation, notamment les foliations, les rubans de quartz et les microfractures qui témoignent de l'évolution tectono-métamorphique des roches (Nesse, 2017 ; Blenkinsop, 2020 ; Passchier & Trouw, 2005). Ces observations fournissent des informations précieuses sur les conditions ayant favorisé la circulation des fluides minéralisateurs.

La métallographie complète cette approche en permettant l'identification des minéraux opaques et l'analyse de leurs relations texturales. Dans les systèmes aurifères orogéniques, la pyrite

constitue l'un des principaux sulfures associés à la minéralisation, tandis que l'hématite et la goethite résultent généralement de l'altération secondaire des sulfures primaires (Volante et al., 2024 ; Goldfarb et al., 2005). L'étude de ces assemblages contribue à reconstituer la succession des événements hydrothermaux et post-hydrothermaux.

Dans la ceinture aurifère de Kilo-Moto, les minéralisations sont principalement associées à des formations précambriennes déformées et à des structures tectoniques régionales ayant favorisé la circulation des fluides minéralisateurs (Delvaux et al., 2021). Malgré l'importance économique de cette province métallogénique, plusieurs indices aurifères demeurent encore peu documentés du point de vue pétrographique et métallographique. L'étude des secteurs de Wamba et du PK51 de Nia-Nia s'inscrit dans cette perspective et vise à améliorer la compréhension des contrôles lithologiques, structuraux et hydrothermaux de la minéralisation aurifère dans cette partie de la ceinture de Kilo-Moto.

3. Matériels et méthodes

3.1. Zone d'étude

L'étude a été réalisée dans les secteurs de Wamba et du PK51 de Nia-Nia, situés dans le territoire de Mambasa, province de l'Ituri, au Nord-Est de la République Démocratique du Congo. Cette région appartient à la ceinture aurifère de Kilo-Moto, l'une des principales provinces métallogéniques du Craton du Congo. Elle est constituée d'un ensemble de formations précambriennes affectées par plusieurs épisodes tectono-métamorphiques ayant favorisé le développement de systèmes hydrothermaux associés à la minéralisation aurifère (Cahen et al., 1984 ; Delvaux et al., 2021).

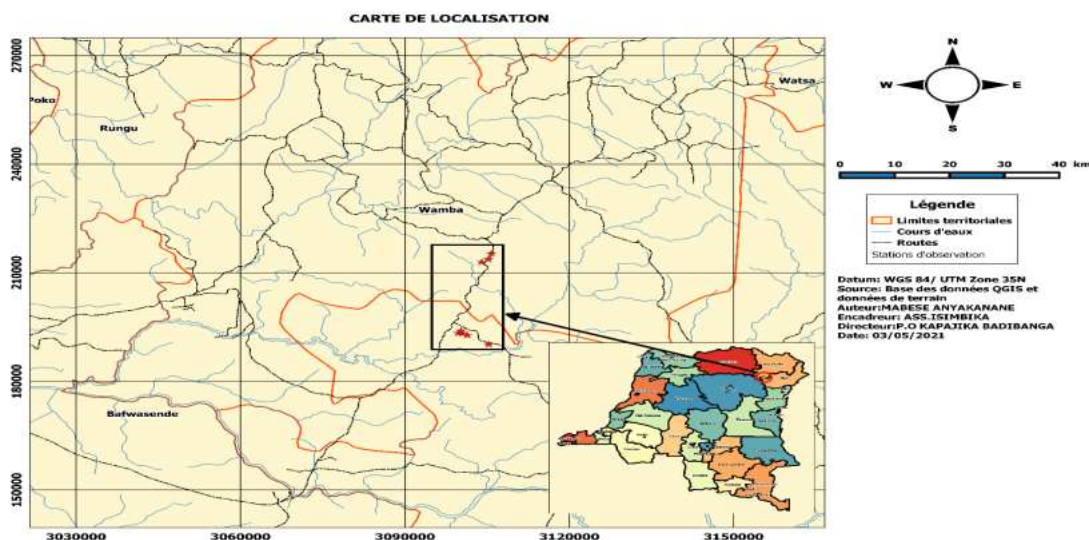


Figure 1 – Localisation du milieu d'étude

Le contexte géologique régional est caractérisé par la présence de roches métamorphiques et magmatiques comprenant notamment des schistes, des amphibolites, des quartzites, des granites, des granodiorites et des diorites quartzifères. Ces formations sont traversées par un réseau de fractures, de failles et de zones de cisaillement qui constituent des structures

favorables à la circulation des fluides hydrothermaux minéralisateurs (Groves et al., 1998 ; Goldfarb et al., 2005).

3.2. Échantillonnage et collecte des données

Les travaux de terrain ont consisté en une reconnaissance géologique détaillée des affleurements minéralisés et de leurs encaissants. Les observations ont porté sur la nature lithologique des formations, les caractéristiques structurales des affleurements ainsi que les indices visibles d'altération hydrothermale.

Les échantillons ont été prélevés de manière ciblée dans les zones présentant des veines de quartz, des structures de cisaillement, des fractures minéralisées ou des manifestations d'altération hydrothermale susceptibles d'être associées à la minéralisation aurifère. Chaque point d'échantillonnage a été géoréférencé à l'aide d'un système de positionnement global (GPS) afin de garantir la traçabilité spatiale des observations.

Les descriptions macroscopiques réalisées sur le terrain ont porté sur la couleur, la texture, la granulométrie, le degré d'altération et les relations de recoupement observées entre les différentes unités lithologiques. Une attention particulière a été accordée à l'identification des structures tectoniques susceptibles d'avoir contrôlé la circulation des fluides minéralisateurs.

3.3. Préparation des échantillons

Les échantillons collectés ont été préparés au laboratoire suivant les protocoles classiques de pétrographie et de métallographie appliqués aux études de gisements minéraux (Craig & Vaughan, 1994 ; Nesse, 2017).

Pour les analyses pétrographiques, des lames minces d'une épaisseur standard de 30 μm ont été confectionnées à partir des différents échantillons représentatifs des lithologies observées sur le terrain. Pour les analyses métallographiques, des sections polies ont été préparées afin de permettre l'observation détaillée des minéraux opaques et de leurs relations texturales.

3.4. Analyse pétrographique

L'étude pétrographique a été réalisée au moyen d'un microscope polarisant en lumière polarisée non analysée (LPNA) et en lumière polarisée analysée (LPA). Cette approche a permis d'identifier les principaux constituants minéralogiques ainsi que les textures et microstructures enregistrées par les roches encaissantes.

L'identification des minéraux a reposé sur leurs propriétés optiques diagnostiques, notamment la couleur, le relief, le pléochroïsme, le clivage, les teintes d'interférence, les macles et les extinctions observées sous lumière polarisée (Nesse, 2017 ; Vernon, 2004).

Une attention particulière a été portée à la caractérisation des structures de déformation telles que les rubans de quartz, les phénomènes de recristallisation dynamique, les microfractures, les structures cataclastiques et les relations entre les minéraux primaires et secondaires. Les manifestations d'altération hydrothermale, notamment la silicification, la séricitisation, la chloritisation et l'oxydation, ont également été documentées.

3.5. Analyse métallographique

L'étude métallographique a été effectuée sur des sections polies observées au microscope métallographique en lumière réfléchie. Cette méthode a permis d'identifier les principaux minéraux opaques présents dans les échantillons et d'analyser leurs relations texturales.

L'identification des phases métalliques a été réalisée à partir de leurs propriétés optiques en lumière réfléchie, notamment la couleur, la réflectance, l'anisotropie et les relations de remplacement observées entre les différents minéraux (Craig & Vaughan, 1994).

Une attention particulière a été accordée à la caractérisation des sulfures et des oxydes de fer associés à la minéralisation. Les relations entre pyrite, hématite, goethite et gangue siliceuse ont été examinées afin de reconstituer la succession des événements hydrothermaux et supergènes ayant affecté les roches étudiées.

3.6. Analyse structurale et interprétation métallogénique

Les observations pétrographiques et métallographiques ont été intégrées aux données structurales recueillies sur le terrain afin d'identifier les principaux facteurs ayant contrôlé la mise en place de la minéralisation aurifère.

L'interprétation a porté sur les relations entre les lithologies encaissantes, les structures tectoniques, les assemblages minéralogiques et les processus d'altération hydrothermale. Les relations de recoupement observées entre les différentes générations de minéraux ont permis d'établir une chronologie relative des événements géologiques et de proposer un modèle métallogénique préliminaire pour les indices aurifères de Wamba et du PK51 de Nia-Nia (Groves et al., 1998 ; Goldfarb & Groves, 2015 ; Robb, 2020).

3.7. Limites méthodologiques

L'interprétation des résultats repose principalement sur des observations pétrographiques et métallographiques qualitatives. L'absence d'analyses géochimiques détaillées, de mesures isotopiques et d'investigations minéralogiques instrumentales limite la précision de certaines interprétations relatives à l'origine des fluides minéralisateurs et aux conditions physico-chimiques de mise en place de l'or.

Par conséquent, les conclusions proposées doivent être considérées comme une première contribution à la compréhension du système aurifère étudié et mériteraient d'être complétées par des investigations géochimiques, géochronologiques et structurales plus approfondies.

4. Résultats

4.1. Lithologies rencontrées dans la zone d'étude

Les investigations de terrain réalisées dans les secteurs de Wamba et du PK51 de Nia-Nia ont permis d'identifier plusieurs unités lithologiques appartenant aux formations précambriennes de la ceinture aurifère de Kilo-Moto. Les principales lithologies observées comprennent des schistes, des schistes graphiteux, des quartzites, des amphibolites, des diorites quartzifères, des granodiorites ainsi que des pegmatites.

Les schistes constituent les lithologies les plus fréquemment rencontrées dans les zones affectées par la déformation. Ils présentent une foliation bien développée marquée par l'orientation préférentielle des minéraux micacés. Les schistes graphiteux se distinguent par leur teinte sombre et la présence de niveaux enrichis en matière carbonée. Les quartzites apparaissent sous forme de bancs massifs à dominante quartzique particulièrement résistants à l'altération.

Les diorites quartzifères, les granodiorites et les pegmatites représentent les principales lithologies magmatiques observées. Plusieurs affleurements montrent des indices d'altération hydrothermale caractérisés par la silicification, l'oxydation et le développement de minéraux secondaires. L'ensemble de ces formations est affecté par un réseau de fractures et de structures de cisaillement localement associées à des veines quartzifères minéralisées.

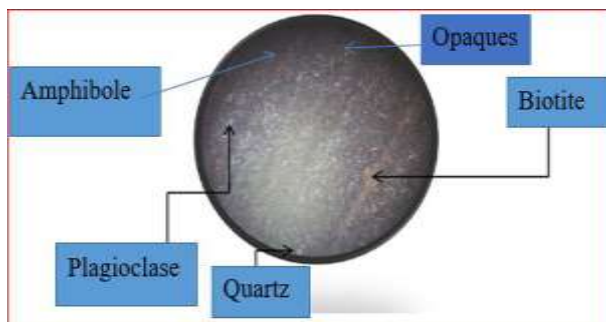


Figure 2 - Diorite

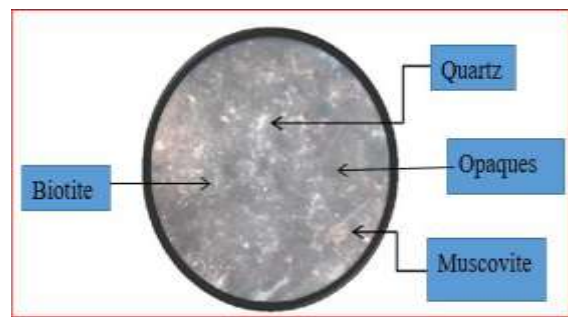


Figure 3 - Schiste

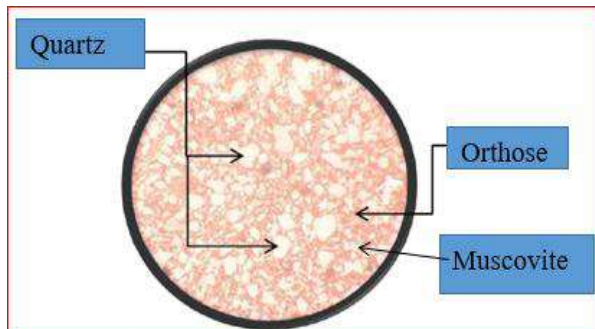


Figure 4 - Pegmatite

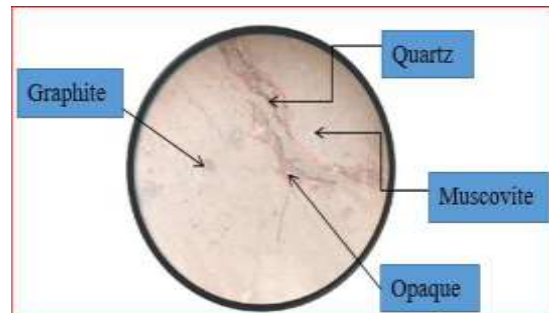


Figure 5 - Schiste graphiteux

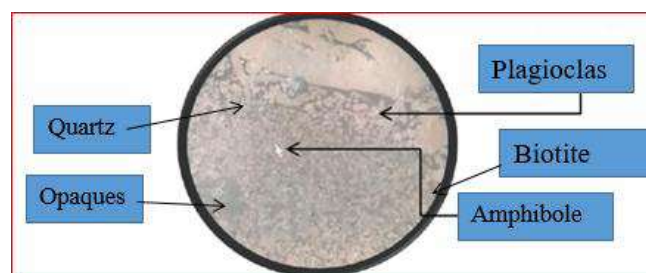


Figure 6 - Quartzite et Granodiorite

4.2. Caractérisation pétrographique des roches encaissantes

L'étude pétrographique révèle une association minéralogique dominée par le quartz, le plagioclase, l'amphibole, la biotite et la muscovite. Des feldspaths potassiques, du graphite et des minéraux opaques sont également observés dans certains échantillons.

Les diorites quartzifères présentent une texture grenue dominée par le plagioclase, le quartz et l'amphibole. Les schistes montrent une texture lépidoblastique marquée par l'abondance des micas et par une foliation bien développée. Les schistes graphiteux possèdent une organisation similaire, mais se distinguent par la présence de graphite disséminé dans la matrice.

Les quartzites sont constitués essentiellement de quartz recristallisé. Plusieurs échantillons présentent des rubans de quartz et des structures d'étirement témoignant d'une déformation ductile importante. Les pegmatites montrent une texture très grossière dominée par le quartz et les feldspaths potassiques, alors que les granodiorites renferment principalement du quartz, du plagioclase, des feldspaths et de la biotite.

Les observations microscopiques mettent également en évidence des microfractures, des phénomènes de recristallisation dynamique et des structures de déformation compatibles avec une évolution tectono-métamorphique complexe.

Tableau 1. Synthèse des caractéristiques pétrographiques

Lithologie	Assemblage minéralogique dominant	Texture	Structures remarquables
Diorite quartzifère	Qtz–Pl–Amp	Grenue	Microfractures, altération locale
Granodiorite	Qtz–Pl–Fk–Bt	Grenue	Recristallisation partielle
Schiste	Qtz–Ms–Bt	Lépidoblastique	Foliation marquée
Schiste graphiteux	Qtz–Ms–Gr	Foliée	Graphite disséminé
Quartzite	Qtz	Granoblastique	Rubans de quartz
Pegmatite	Fk–Qtz–Ms	Pegmatitique	Fractures silicifiées
Amphibolite	Amp–Pl	Nématoblastique	Orientation des amphiboles

4.3. Caractérisation métallographique

Les observations en lumière réfléchie révèlent une minéralisation dominée par les sulfures et les oxydes de fer associés à une gangue essentiellement siliceuse.

La pyrite constitue la principale phase sulfurée observée. Elle se présente sous forme de cristaux disséminés ou regroupés en agrégats inclus dans la matrice siliceuse. Plusieurs grains montrent des phénomènes de fracturation et de remplacement partiel par des produits d'altération.

L'hématite apparaît sous forme de plages irrégulières développées dans les zones oxydées, tandis que la goethite se concentre préférentiellement le long des fractures et des bordures de

grains. Ces deux minéraux témoignent d'une évolution secondaire affectant les sulfures primaires.

Les relations texturales observées indiquent que les sulfures et les oxydes sont fréquemment associés aux zones silicifiées et aux structures de déformation.

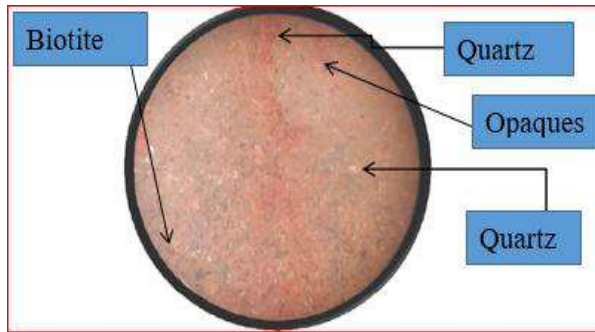


Figure 7. Pyrite disséminée dans une gangue siliceuse observée en lumière réfléchi.

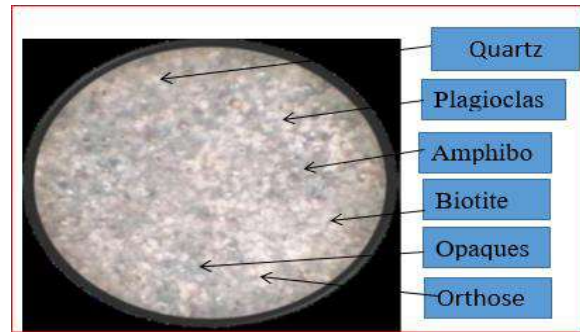


Figure 8. Relations texturales entre pyrite, hématite et silice dans les zones minéralisées.

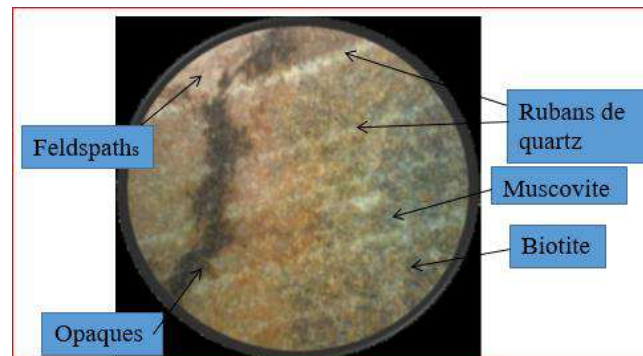


Figure 9. Goethite et hématite issues de l'altération des sulfures le long des microfractures.

Tableau 2. Principaux minéraux opaques observés

Minéral opaque	Mode d'occurrence	Caractéristiques texturales	Signification métallogénique
Pyrite	Cristaux disséminés et agrégats	Grains localement fracturés, inclus dans une gangue siliceuse	Sulfure primaire associé à l'activité hydrothermale
Hématite	Plages irrégulières et produits de remplacement	Développée aux dépens de sulfures préexistants	Témoigne des processus d'oxydation postérieurs à la minéralisation primaire
Goethite	Bordures de grains et zones fracturées	Remplissage de microfractures et altération des sulfures	Produit d'altération supergène résultant de l'oxydation des sulfures
Silice (gangue)	Matrice encaissante des phases métalliques	Associée aux zones silicifiées et aux structures de déformation	Indicateur de circulations hydrothermales minéralisatrices

Les observations métallographiques mettent en évidence une association dominée par la pyrite, l'hématite et la goethite au sein d'une gangue siliceuse. Les relations texturales observées traduisent une succession d'événements comprenant une phase hydrothermale sulfurée suivie d'une altération oxydante ayant affecté les minéralisations primaires.

4.4. Synthèse des caractéristiques pétrographiques et métallographiques

La synthèse des observations met en évidence une relation étroite entre les structures de déformation, les altérations hydrothermales et la minéralisation observée dans les secteurs étudiés. Les assemblages pétrographiques sont dominés par le quartz, les feldspaths, les micas et les amphiboles, tandis que les principales phases métalliques identifiées correspondent à la pyrite, à l'hématite et à la goethite.

La récurrence des zones silicifiées, la présence de sulfures disséminés et l'abondance des structures de déformation suggèrent que la circulation des fluides minéralisateurs a été fortement contrôlée par les fractures et les zones de cisaillement. L'association pyrite – silice – hématite – goethite constitue la signature minéralogique dominante observée dans les indices aurifères étudiés.

5. Discussion

5.1. Signification pétrographique des assemblages minéralogiques

Les assemblages minéralogiques observés dans les secteurs de Wamba et du PK51 de Nia-Nia sont dominés par le quartz, les feldspaths, les amphiboles et les micas, associés à des structures de déformation bien développées. La présence récurrente de rubans de quartz, de microfractures et de phénomènes de recristallisation dynamique indique que ces lithologies ont enregistré plusieurs épisodes de déformation tectono-métamorphique. Ces caractéristiques sont typiques des environnements de cisaillement associés aux systèmes aurifères orogéniques, où la déformation favorise l'augmentation de la perméabilité des roches et la circulation des fluides hydrothermaux (Groves et al., 2018 ; Fougrouse et al., 2023 ; Hagemann & Cassidy, 2020).

Les schistes graphiteux occupent une place particulière dans cet ensemble lithologique. La présence de graphite suggère l'existence d'environnements réducteurs susceptibles d'avoir favorisé la précipitation de l'or transporté sous forme de complexes sulfurés. Dans plusieurs gisements aurifères précambriens, les horizons riches en carbone sont reconnus comme des pièges géochimiques capables de provoquer la déstabilisation des fluides minéralisateurs par modification des conditions d'oxydoréduction (Large et al., 2022 ; McLeish et al., 2021). Les schistes graphiteux observés dans la zone étudiée pourraient ainsi avoir joué un rôle actif dans la localisation de certaines concentrations aurifères.

5.2. Contrôle lithologique et structural des minéralisations aurifères

Les résultats montrent que la minéralisation n'est pas distribuée de manière aléatoire au sein des différentes lithologies. Les concentrations de sulfures et les manifestations hydrothermales les plus marquées sont généralement observées dans les schistes, les schistes graphiteux et les zones de contact avec les intrusions quartzo-dioritiques et granodioritiques.

Cette distribution suggère l'existence d'un contrôle lithologique associé à des contrastes de compétence mécanique entre les différentes unités rocheuses. Les schistes, plus déformables que les quartzites massifs, ont probablement constitué des zones privilégiées pour le développement de fractures, de plans de cisaillement et de réseaux de circulation fluides. À l'inverse, les quartzites ont davantage joué le rôle de barrières mécaniques favorisant la concentration des contraintes tectoniques et l'ouverture locale de fractures minéralisées.

Le contrôle structural apparaît néanmoins comme le facteur dominant. L'association systématique entre silicification, pyritisation et structures de cisaillement indique que les fluides minéralisateurs ont circulé préférentiellement le long des discontinuités tectoniques. Cette configuration correspond étroitement au modèle classique des gisements aurifères orogéniques développé pour les ceintures archéennes et paléoprotérozoïques à l'échelle mondiale (Groves et al., 2018 ; Stephan et al., 2025).

5.3. Évolution hydrothermale et chronologie relative des événements minéralisateurs

Les relations texturales observées permettent de proposer une chronologie relative des principaux événements géologiques ayant affecté les secteurs étudiés.

Une première phase correspond à la mise en place des formations volcano-sédimentaires et intrusives ayant constitué les roches encaissantes actuelles. Cette étape a été suivie par un épisode majeur de déformation régionale responsable du développement des foliations, des rubans de quartz et des structures de cisaillement observées dans les schistes et les quartzites.

La circulation des fluides hydrothermaux semble être intervenue au cours ou à la fin de cette phase de déformation. Cette étape est marquée par une silicification généralisée accompagnée de la précipitation de sulfures, principalement la pyrite. La présence de pyrite disséminée dans la gangue siliceuse suggère que la sulfidation a constitué l'un des principaux mécanismes de dépôt des métaux.

Une phase tardive d'altération oxydante est ensuite enregistrée par le développement de l'hématite et de la goéthite aux dépens des sulfures primaires. Cette évolution traduit

probablement des processus supergènes liés à l'infiltration de fluides météoriques postérieurs à la minéralisation. La succession silicification–sulfidation–oxydation observée dans les échantillons est cohérente avec l'évolution généralement reconnue dans les systèmes aurifères hydrothermaux des régions tropicales (Pirajno, 2021 ; Robb, 2020 ; Oyman, 2024).

5.4. Comparaison avec les gisements de Moto, Durba et Agbarabo

Les caractéristiques observées dans les indices de Wamba et du PK51 de Nia-Nia présentent plusieurs similitudes avec les principaux gisements de la province aurifère de Kilo-Moto, notamment Moto, Durba et Agbarabo. Dans ces districts, la minéralisation aurifère est également associée à des zones de cisaillement régionales, à des veines quartzifères et à des halos d'altération hydrothermale dominés par la silicification et la pyritisation.

Les travaux réalisés dans les concessions historiques de la SOKIMO montrent que les minéralisations aurifères sont fréquemment contrôlées par des structures tectoniques majeures recoupant des séquences volcano-sédimentaires métamorphisées. La présence de pyrite disséminée dans une gangue siliceuse ainsi que l'abondance des structures de déformation observées dans la présente étude correspondent étroitement à ces descriptions régionales (Delvaux et al., 2021 ; Hagemann & Cassidy, 2020 ; Sillitoe et al., 2020).

Toutefois, les indices de Wamba et du PK51 semblent présenter une proportion relativement importante de schistes graphiteux, ce qui pourrait traduire des conditions locales particulières de piégeage des fluides minéralisateurs. Cette spécificité mérite d'être approfondie au moyen d'analyses géochimiques et isotopiques ciblées.

5.5. Implications pour la prospection aurifère

Les résultats obtenus permettent d'identifier plusieurs critères géologiques favorables à l'exploration aurifère dans le territoire de Mambasa. Les zones de cisaillement, les veines de quartz, les secteurs fortement silicifiés et les concentrations de pyrite constituent les principaux marqueurs de la circulation des fluides minéralisateurs.

La présence de schistes graphiteux associés aux structures de déformation pourrait également représenter un critère de ciblage pertinent dans les futurs programmes de prospection. Les résultats suggèrent ainsi que les secteurs où coexistent silicification, pyritisation et horizons graphiteux déformés devraient être considérés comme prioritaires lors des travaux de reconnaissance détaillée.

L'intégration des observations pétrographiques, métallographiques et structurales contribue à préciser le modèle métallogénique local et fournit une base scientifique utile pour l'évaluation du potentiel aurifère des secteurs encore peu explorés de la ceinture de Kilo-Moto.

Ces critères concordent avec les approches modernes de ciblage des systèmes aurifères, qui privilégient l'intégration des données structurales, pétrographiques, minéralogiques et géochimiques afin d'optimiser l'identification des zones à fort potentiel métallogénique (Volante et al., 2024 ; Fougereuse et al., 2023).

6. Conclusion et Recommandations

6.1. Conclusion

Cette étude a permis de caractériser les roches encaissantes associées aux indices aurifères de Wamba et du PK51 de Nia-Nia à partir d'observations pétrographiques et métallographiques. Les résultats révèlent une diversité lithologique composée principalement de schistes, schistes graphiteux, quartzites, amphibolites, diorites quartzifères, granodiorites et pegmatites.

Les analyses microscopiques mettent en évidence des assemblages minéralogiques dominés par le quartz, les feldspaths, les amphiboles et les micas, associés à des structures de déformation telles que les foliations, les rubans de quartz et les microfractures. Les observations métallographiques montrent une association caractéristique de pyrite, d'hématite et de goethite au sein d'une gangue siliceuse.

L'ensemble de ces caractéristiques suggère que la minéralisation est étroitement liée à l'activité hydrothermale et aux structures tectoniques qui ont favorisé la circulation des fluides minéralisateurs. Les similitudes observées avec d'autres occurrences aurifères de la ceinture de Kilo-Moto confirment l'appartenance des indices étudiés au contexte des systèmes aurifères orogéniques.

6.2. Recommandations

Afin d'améliorer la connaissance du potentiel aurifère de la région, il est recommandé de poursuivre les investigations le long des principales zones de cisaillement et des secteurs fortement silicifiés. Des études géochimiques, structurales et minéralogiques complémentaires permettraient de mieux préciser les mécanismes de mise en place de la minéralisation et d'orienter efficacement les futurs travaux d'exploration.

7. Limites de l'étude et perspectives

La présente étude repose essentiellement sur des observations pétrographiques et métallographiques. L'absence d'analyses géochimiques, isotopiques et géochronologiques limite la compréhension détaillée de l'origine des fluides minéralisateurs et de la chronologie des événements responsables de la minéralisation.

Les recherches futures devraient intégrer des analyses géochimiques multiélémentaires, des investigations isotopiques ainsi que des études structurales détaillées afin de mieux caractériser les contrôles géologiques de la minéralisation aurifère et de renforcer les modèles prospectifs applicables à la ceinture aurifère de Kilo-Moto.

8. Références bibliographiques

- Blenkinsop, T. G. (2020). *Structural geology and tectonics* (2nd ed.). Elsevier.
- Craig, J. R., & Vaughan, D. J. (1994). *Ore Microscopy and Ore Petrography* (2nd ed.). John Wiley & Sons. (À conserver uniquement pour les aspects méthodologiques de la métallographie.)
- Delvaux, D., Fernandez-Alonso, M., Tack, L., & De Waele, B. (2021). Geological evolution of the Congo Craton and surrounding belts: Implications for mineral resources. *Journal*

of African Earth Sciences, 178, 104173.
<https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2021.104173>

- Fougerouse, D., Micklethwaite, S., Tomkins, A. G., Mei, Y., Kilburn, M. R., & Guagliardo, P. (2023). Advances in the understanding of orogenic gold deposits: From mineral reactions to exploration implications. *Ore Geology Reviews*.
- Goldfarb, R. J., & Groves, D. I. (2015). Orogenic gold: Common or evolving fluid and metal sources through time. *Lithos*, 233, 2–26. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2015.07.011>
- Goldfarb, R. J., Baker, T., Dubé, B., Groves, D. I., Hart, C. J. R., & Gosselin, P. (2005). *Distribution, character, and genesis of gold deposits in metamorphic terranes*. In *Economic Geology 100th Anniversary Volume* (pp. 407–450).
- Groves, D. I., Goldfarb, R. J., Gebre-Mariam, M., Hagemann, S. G., & Robert, F. (1998). Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. *Ore Geology Reviews*, 13, 7–27.
- Groves, D. I., Santosh, M., Goldfarb, R. J., & Zhang, L. (2018). Structural geometry of orogenic gold deposits: Implications for exploration of world-class and giant deposits. *Geoscience Frontiers*, 9(4), 1163–1177.
- Hagemann, S. G., & Cassidy, K. F. (2020). World-class gold deposits and metallogenic provinces. *Economic Geology*, 115(4), 683–706.
- Large, R. R., Bull, S. W., & Maslennikov, V. V. (2022). Gold mineral systems and exploration vectors in hydrothermal deposits. *Mineralium Deposita*.
- McLeish, M. J., et al. (2021). Controls on gold deposition in orogenic systems: New constraints from hydrothermal processes. *Economic Geology*.
- Nesse, W. D. (2017). *Introduction to optical mineralogy* (5th ed.). Oxford University Press.
- Oyman, T. (2024). Editorial: Orogenic gold deposits. *Frontiers in Earth Science*, 12.
- Pirajno, F. (2021). *Hydrothermal processes and mineral systems* (Updated edition). Springer.
- Robb, L. (2020). *Introduction to ore-forming processes* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.
- Sillitoe, R. H., Goldfarb, R. J., Robert, F., & Simmons, S. F. (2020). *Geology of the World's Major Gold Deposits and Provinces*. Society of Economic Geologists.
- Stephan, T., et al. (2025). Changes of vorticity control gold enrichment in Archean shear zones. *Journal of Structural Geology*.
- Volante, S., et al. (2024). Current applications using key mineral phases in igneous and hydrothermal systems: Implications for mineral exploration. *Geological Society, London, Special Publications*.
- Yakymchuk, C., et al. (2023). Crustal evolution, metamorphism and mineralization in Precambrian terranes. *Precambrian Research*.



©2026 by the Authors. This Article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)