JOURNAL AFRICAIN DES SCIENCES
VOL. 3, **3** (2026) 127-135

https://jafrisci.org

ISSN (online) : 3107-0949 ; ISSN (print) : 3107-0930

OPEN ACCESS

ARTICLE DE RECHERCHE

Article Info.:
Reçu : le 10/11/2025
Accepté: le 08/04/2026
Publié : le 14/04/2026

KARSTOGENESE DE LA GROTTE NDUNDU 1 DANS LA REGION DE MBANZA-NGUNGU AU KONGO CENTRAL

Nadège Ngala Ntambwe [1,2,3,*] **, Nicy Bazebizonza** [3,4,5]**, Pascale Lahogue** [3]**, Imen Arfaoui** [3,6]**, Hardy Nkodia** [3,5]**, Junior Savu Lutete** [2,3]**, Roland Kasereka Kakule** [1,7]**, Valentin Kanda Nkula** [1,2]

https://doi.org/10.70237/jafrisci.2026.v3.i3.14

Résumé

Ndundu 1, situé près de Mbanza-Ngungu (Kongo Central), constitue un système perte–résurgence développé dans des dolomies massives. Cette étude vise à caractériser sa morphologie, son cadre lithostratigraphique et structural et à proposer un modèle évolutif de sa karstogenèse en tenant compte de la topographie de la vallée. La cavité présente des méandres phréatiques fossiles, des canyons, des galeries actives, des spéléothèmes et des dépôts bréchiques. Deux familles de fractures subverticales orientées NE–SW et NW–SE sont dominantes alors que la direction générale de la grotte est N-S. Les dolomies micritiques montrent une porosité matricielle primaire très faible, la perméabilité étant essentiellement contrôlée par la fracturation. Les données morphologiques suggèrent un développement initial en régime phréatique sous faible gradient hydraulique, suivi d'une incision vadose liée à l'abaissement progressif du niveau de base. Ndundu 1 correspond à un système karstique tropical polyphasé contrôlé par la fracturation, dont l'évolution résulte d'interactions entre tectonique cassante héritée, lithologie dolomitique et dynamique hydrologique. Cette étude met en évidence l'importance du contrôle structural, mais aussi de la topographie qui oriente l'écoulement et ainsi le développement de la grotte dans une direction N-S correspondant à la plus grande pente pour rejoindre la rivière en contrebas.

Mots-clés: Karstogenèse, Schisto-calcaire, Ndundu, Lithologie, Structure, Kongo-Central

Abstract

Ndundu 1, situated near Mbanza-Ngungu (Kongo Central), constitutes a sink–resurgence system developed within massive dolomites. This study aims to characterise its morphology, lithostratigraphic and structural framework, and to propose an evolutionary model of its karstogenesis, taking into account the topography of the valley. The cavity displays fossil phreatic meanders, canyon sections, active galleries, speleothems, and brecciated deposits. Two families of subvertical fractures oriented NE–SW and NW–SE are dominant, whilst the overall trend of the cave is north–south. The micritic dolomites exhibit very low primary matrix porosity, with permeability being essentially controlled by fracturing. Morphological data suggest an initial development under phreatic conditions and a low hydraulic gradient, followed by vadose incision associated with the progressive lowering of the base level. Ndundu 1 corresponds to a polyphase tropical karst system controlled by fracturing, whose evolution results from interactions amongst inherited brittle tectonics, dolomitic lithology, and hydrological dynamics. This study highlights the importance of structural control, but also of topography, which directs flow and thereby governs the northward development of the cave along the steepest gradient towards the river below.

Keywords: Karstogenesis, Schisto-calcaire, Ndundu, Lithology, Structure, Kongo Central

1. Introduction

Le karst, paysage résultant de l'altération chimique des roches carbonatées par des processus géochimiques et hydrodynamiques, est bien documenté à l'échelle mondiale, mais demeure encore insuffisamment exploré en Afrique centrale, notamment en République Démocratique du Congo. Le potentiel karstique de la RDC est pourtant considérable et

Correspondance : *nadegengala@gmail.com* ***(N. N. Ntambwe)***

Copyright : © The Author(s) Published under a Creative Commons Attribution 4.0 International Licence (CC BY 4.0)

[1] *Département de Géologie Générale, Centre de Recherches Géologiques et Minières, République Démocratique du Congo*
[2] *Mention Géosciences, Faculté des Sciences et Technologies, Université de Kinshasa, République Démocratique du Congo*
3 Département de Géologie, Musée royal de l'Afrique centrale, Projet GeoRes4Dev, Tervuren, Belgique
[4] *Département de Cartographie et des Systèmes d'Information Géographique, Institut Géographique du National, République du Congo*
[5] *Département de Géologie, Faculté des Sciences, Université Marien Ngouabi, République du Congo*
[6] *Laboratoire SediCClim, Département de Géologie, Université de Liège, Liège, Belgique*
[7] *Département de Géographie et Environnement, Faculté de Sciences, Université Pédagogique Nationale, République Démocratique du Congo*

diversifié, concentré essentiellement dans les massifs calcaires (Fig. 1) du Haut-Katanga, du Lualaba, du Kasaï et du Kongo Central [1].

La région de Mbanza-Ngungu (Kongo Central) présente un relief vallonné où la dissolution karstique conditionne le modelé de surface et la dynamique hydrologique souterraine. Des formes karstiques telles que dolines, lapiaz, systèmes perte–résurgence et cavités souterraines ont été observées [2].



Figure 1 : *Carte de la RDC reprenant en brun les formations calcaires susceptibles de développer du karst.*

Bien que de nombreuses grottes aient été repérées dans le Kongo Central, elles restent peu étudiées d'un point de vue géologique et spéléogéomorphologique [3]. [4]. Pourtant, ces cavités constituent des archives stratigraphiques, hydrologiques et paléoclimatiques essentielles, ainsi que des réservoirs de biodiversité et d'eau, permettant d'appréhender l'évolution géodynamique et environnementale de la région.

Les cavités karstiques de cette zone peuvent résulter d'une interaction complexe de processus géologiques, hydrologiques et chimiques.

La forte concentration de formations karstiques dans la région de Mbanza-Ngungu laisse supposer l'existence de cavités souterraines pouvant servir de modèle de karstogenèse. L'étude d'une de ces grottes devrait permettre de caractériser des mécanismes de genèse et d'évolution des cavités de la région.

2. Contexte

Le réseau de Ndundu est situé au Sud-Ouest de la ville de Mbanza-Ngungu, elle-même localisée à environ 154 km de Kinshasa, dans la localité de Kinlele, province du Kongo Central, en République Démocratique du Congo (Fig. 2).

La région se caractérise par un climat chaud et humide, marqué par l'alternance de deux saisons principales : une saison des pluies allant de septembre à mai, entrecoupée par une petite saison sèche d'environ trois semaines qui intervient généralement entre janvier et février et une saison sèche de juin à septembre.

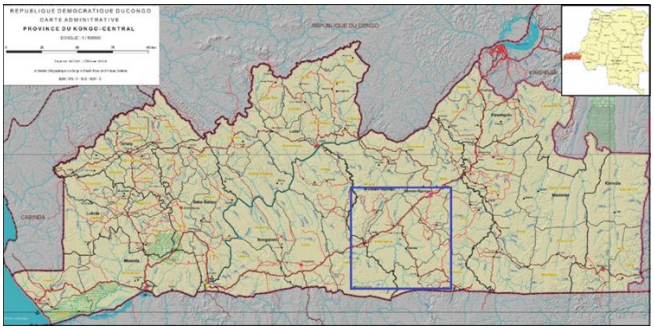


Figure 5 : *Carte de la localisation de la ville de Mbanza-Ngungu et de la zone d'étude, cadre bleu correspond à la zone répertoriée par Thijenira, le point rouge situe Ndundu 1.*

La végétation y est dominée par une savane arbustive et herbeuse, ponctuée de lambeaux de forêts primaires. Ces formations végétales ont favorisé le développement de galeries forestières ombrophiles, peu étendues, qui se disposent préférentiellement le long des talwegs humides [5].

Du point de vue hydrographique, le réseau est localement structuré et la géologie de la région favorise la mise en place d'un système de perte-résurgence [2]. La grotte qui fait l'objet de la présente étude appartient au bassin hydrographique de la Kwilu.

Les roches carbonatées soumises à la karstification au Kongo Central sont regroupées au sein du Sous-groupe Schisto-Calcaire, dont l'épaisseur peut dépasser 1 000 m. Attribué au Précambrien supérieur, cet ensemble repose sur le socle du Précambrien moyen et inférieur [1]. Ce groupe présente une extension régionale imp[5].ortante et constitue une large bande calcaire qui s'étend du Sud du Gabon au Nord de l'Angola, en passant par la République du Congo et la République Démocratique du Congo [6].

La grotte faisant l'objet de la présente étude affleure dans l'unité de Lukunga (CII), également appelée Formation C4, dont l'épaisseur est estimée à environ 300 m [7] [8]. Cette unité est caractérisée par un dépôt basal marqué par une composante plus clastique. On y observe une alternance d'ensembles calcaires et de passées schisteuses, ainsi que la présence de bancs de cherts siliceux (Fig. 3).

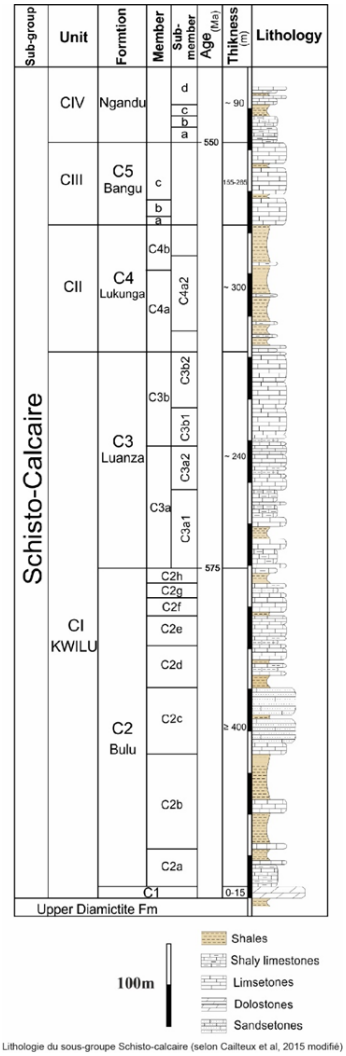


Figure 3 : *Litholog du schisto-calcaire (A. Thijenira, 2024, modifié d'après Delpomdor 2019 et Cailteux, 2015)*

Ndundu 1 fait partie d'un réseau karstique perte-résurgence composé de quatre grottes : Ndundu 1 (résurgence), Ndundu 2 (perte), Ndundu 3 (situé latéralement à Ndundu 1 sur le même axe que la galerie de la rivière) et Ndundu 4 (entrée sèche située en aval de Ndundu 2). Cette étude porte sur Ndundu 1 qui est la partie du réseau la plus riche en points d'observations grâce à sa morphologie interne et le nombre limité d'études détaillées sur la grotte renforce son intérêt scientifique et donc son choix.

3. Méthodes et matériels

3.1. Revue de la littérature

L'étude bibliographique a permis de circonscrire la zone d'étude, à collecter, analyser, classer, synthétiser et interpréter les données recueillies sur le sujet ou les thèmes similaires. Elle a aussi permis d'établir les critères de choix de la grotte tels que l'accessibilité, le réseau hydrographique actif et la pérennité des cours d'eau. La délimitation s'appuie principalement sur les travaux antérieurs, notamment ceux de [4] [9].

3.2 Les travaux de terrain

Ils ont conduit à l'identification et à la sélection de la grotte de Ndundu 1, initialement signalée et brièvement décrite par [10]. Cette cavité présente un intérêt scientifique particulier au regard de ses caractéristiques géologiques et spéléologiques.

La grotte offre l'avantage d'observer la roche en trois dimensions. Les travaux de terrain ont permis de collecter les données topographiques et d'observer la morphologie de la grotte, d'effectuer les observations lithologiques avec prises d'échantillons ainsi que les mesures structurales.

Les mesures topographiques ont été réalisées au lasermètre permettant à la fois la prise de distance, pente et azimut, méthode la plus adéquate pour la réalisation de topographie en grotte.

Les levés lithologiques, en raison de la progression descendante dans la formation, ont été réalisés sur trois stations différentes connectées entre-elles, de l'amont vers l'aval de la grotte. Le levé a ainsi été effectué de l'entrée jusqu'au fond de la cavité, chaque banc étant identifié, décrit, photographié et reporté sur la carte topographique réalisée.

L'étude structurale a porté sur l'identification et la caractérisation des structures liées à la tectonique cassante. Après leur repérage, ces structures ont été décrites, schématisées et consignées avec précision sur l'affleurement. Les mesures ont été réalisées à l'aide d'une boussole selon la méthode du pendage et de la direction de pendage (Dip-angle/Dip-direction), couramment utilisée en géologie structurale pour déterminer l'orientation spatiale des plans géologiques.

4. Résultats

4.1 Topographie et caractéristiques de la grotte

Les données topographiques acquises sur le terrain ont été traitées à l'aide des logiciels spécialisés TopoCalc'R et Visual Topo, permettant la modélisation du réseau et l'analyse de l'orientation des galeries. Les dessins définitifs ont ensuite été réalisés sous Adobe Illustrator, intégrant l'ensemble des informations vérifiées afin d'obtenir une représentation précise et exploitable de la cavité.

Ndundu 1 présente un développement de 854 m pour un dénivelé de –28 m et possède trois accès vers l'extérieur : un petit puits au Nord (E1), une entrée plus aisée située en amont de la résurgence (E2) et la résurgence elle-même (E3), qui constitue l'extrémité aval de la cavité (Fig. 4). L'accès amont s'effectue par un ressaut d'environ 4 m donnant sur des marmites au sol, avec à gauche un amas de sédiments contournable et à droite des bancs dolomitiques massifs formant la paroi.

À une trentaine de mètres de l'entrée apparaissent deux galeries superposées qui se reconnectent environ vingt mètres plus loin. La galerie supérieure, dite galerie des bananiers, correspond à un canyon richement concrétionné dont le sol est largement encombré de blocs. On y observe de nombreux spéléothèmes tels que coulées de calcite, draperies, stalactites, stalagmites et colonnes. Son plafond correspond à la base d'un banc de dolomies à stromatolithes où l'on distingue localement un niveau bréchique.

La galerie des bananiers recoupe la galerie de la rivière, parcourue par un écoulement actif et où la progression se fait principalement en rampant. Le développement de cette galerie semble contrôlé par une faille visible au plafond et en amont, elle se termine par un laminoir noyé. La rivière y circule le long

de bancs sableux recouverts de blocs et de galets où des traces de pattes d'animal ont été observées, avant de rejoindre la galerie sèche mais tapissée de sédiments, dite des pattes, qui se termine contre une paroi.

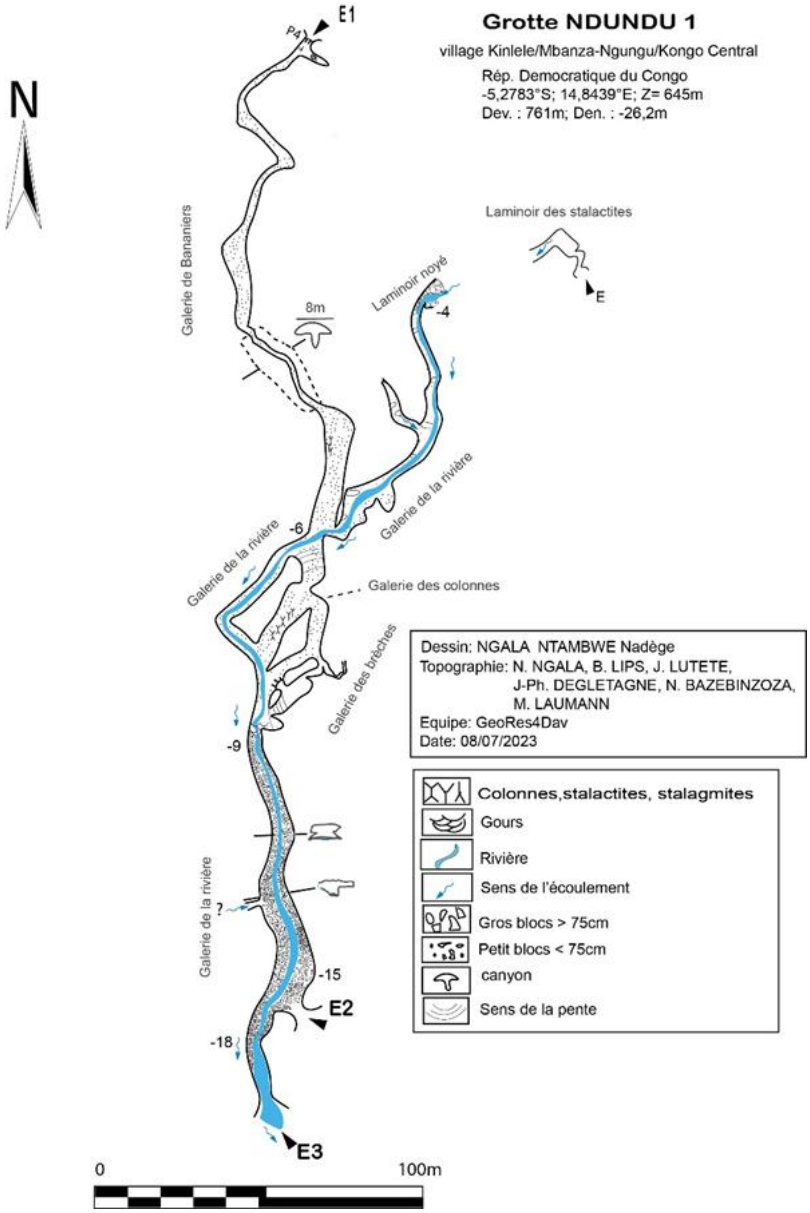


Figure 4 : *La carte topographique de Ndundu 1*

Vers l'aval, des venues d'eau latérales augmentent le débit et plusieurs galeries parallèles se développent au sud, notamment la galerie des colonnes, la galerie des brèches et la galerie des porcs-épics. La galerie des colonnes, fortement concrétionnée, forme une boucle avec la galerie de la rivière et se caractérise par une succession de colonnes divisant la galerie en deux. Plus en aval, la rivière s'écoule de gour en gour jusqu'à la résurgence, puis circule à l'air libre sur une vingtaine de mètres avant de se perdre dans Ndundu 2.

Il est important de signaler que le plafond de cette grotte présente une forme sinueuse (méandriforme). Et que par endroits surtout dans la galerie des bananiers et à la jonction des galeries de la rivière, des brèches et des colonnes, on peut observer un niveau bréchique au plafond. Les parois sont également caractérisées par des surcreusements où sont parfois piégés des niveaux bréchiques.

4.2 La lithologie de la grotte de Ndundu

La coupe lithologique observée dans la grotte de Ndundu met en évidence une succession de bancs dolomitiques massifs entrecoupés par des niveaux de remplissage bréchiques (Fig. 5). L'étude pétrographique des lames minces réalisées à partir des échantillons prélevés dans la cavité a été effectués au microscope polarisant, et les différents faciès ont été analysés et classés selon les modèles de [11] pour les carbonates, ainsi que ceux de [12] et de [13].

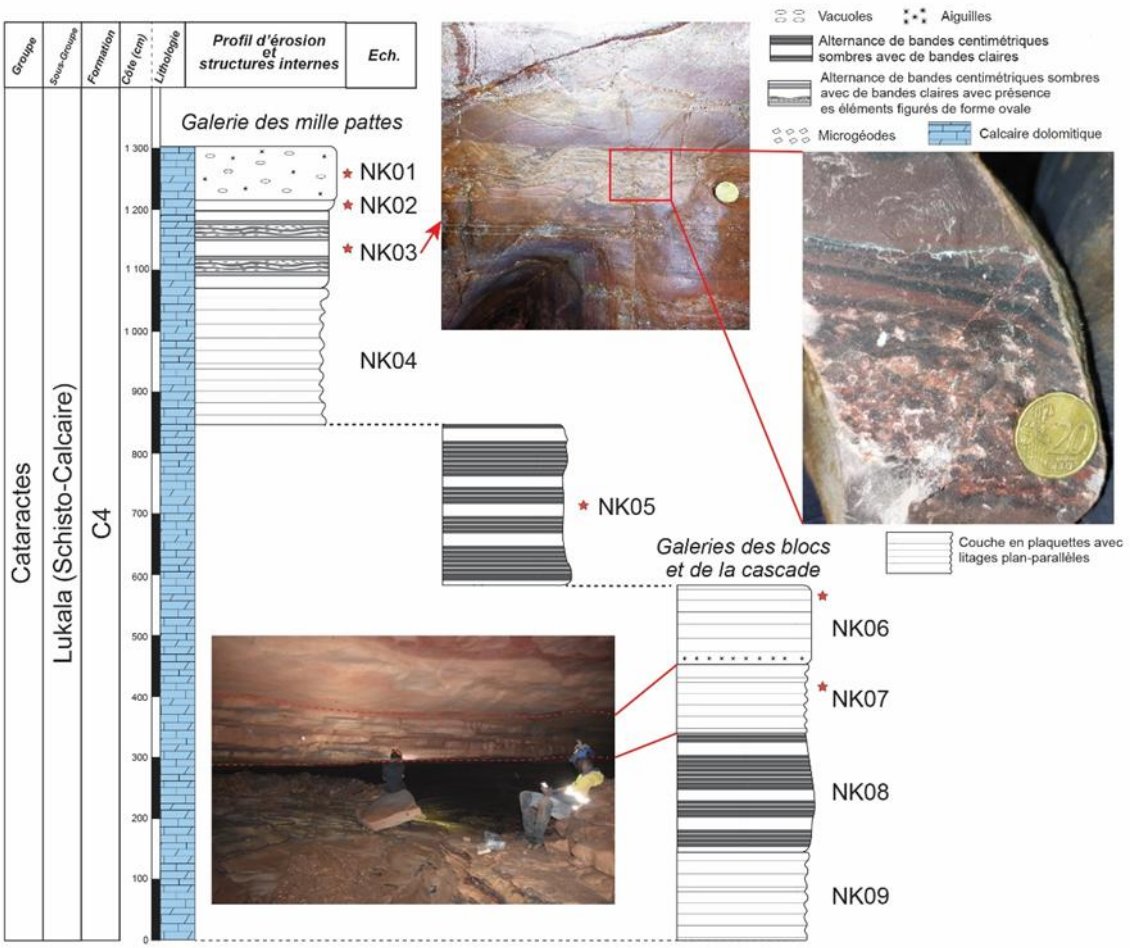


Figure 5 : *(A) Coupe lithostratigraphique de la grotte Ndundu 1, illustrant la succession des niveaux lithologiques observés (ND01 à ND06), les principales figures sédimentaires. (B à E) sur les photos de terrain représentatives des niveaux identifiés.*

Au sommet, un banc métrique de dolomie massive (ND1) de couleur gris-clair est observé, en contact avec le niveau ND2 sur le flanc gauche. Ce banc massif présente des stratifications planes parallèles avec alternance de lits clairs et sombres contenant des aiguilles, des géodes et des microgéodes remplies de calcite. L'analyse microscopique révèle un microfaciès de type orthochimique dominé par une matrice micritique homogène (Fig. 6 A), avec la présence ponctuelle de minéraux opaques tels que gypse, oxydes de fer et pyrite. La porosité y est très faible et limitée à de fines vacuoles dispersées dans la micrite, ce qui confère à la roche une perméabilité très réduite.

Le niveau ND2, caractérisé macroscopiquement par une organisation laminaire avec alternance de lits clairs et sombres, correspond en lame mince à une texture de type wackestone à microsparite (Fig. 6 B). La porosité intergranulaire initiale y est totalement colmatée par la microsparite, ce qui entraîne une perméabilité quasi nulle.

À la base de ND2, on observe une dolomie massive gris sombre (ND3) caractérisée par la présence de stromatolithes. L'analyse pétrographique montre un microfaciès allochimique constitué principalement de peloïdes associés à des intraclastes, avec une alternance de mudstone et de wackestone (Fig. 6 C et D). Bien qu'une porosité intergranulaire ait probablement existé initialement, celle-ci est aujourd'hui entièrement colmatée par la microsparite, ce qui confère à ce niveau une faible perméabilité actuelle.

Sous ce niveau apparaît localement un remplissage bréchique de type debris flow composé de blocs, galets et sable dans une matrice argileuse, témoignant d'un épisode de remaniement et de remplissage gravitaire. Ce dépôt repose sur une dolomie grise massive (ND4), marquée par la présence de peloïdes et d'intraclastes dans une matrice micritique (Fig. 6 E et F). La texture souvent jointive et la cimentation micritique entraînent une quasi-absence de porosité intergranulaire ouverte. L'ensemble de ces caractéristiques indique que ces niveaux constituent globalement des horizons carbonatés compacts à faible capacité de circulation de fluides.

Plus bas dans la coupe, la dolomie sombre massive (ND5) présente des litages plans-parallèles bien visibles sur les parois de la galerie. L'analyse en lame mince montre une roche essentiellement orthochimique dominée par une matrice micritique homogène contenant localement des minéraux opaques et quelques cristaux de calcite dispersés (Fig. 6 G et H). La porosité primaire y est extrêmement réduite et se limite à quelques micropores isolés, ce qui se traduit par une perméabilité très faible. Ce niveau est localement affecté par des zones de surcreusement remplies par des dépôts bréchiques, traduisant des phases de remaniement sédimentaire au sein de la cavité.

La succession se termine par une dolomie sombre en plaquettes (ND6) caractérisée par un litage parallèle à bancs centimétriques réguliers. En lame mince, ce niveau correspond à un pelmicrite à matrice micritique dominante contenant des

peloïdes et quelques minéraux opaques dispersés (Fig. 6 I et J). La micrite compacte colmate presque entièrement les espaces intergranulaires, ce qui rend la porosité quasi inexistante et limite fortement la perméabilité de la roche.

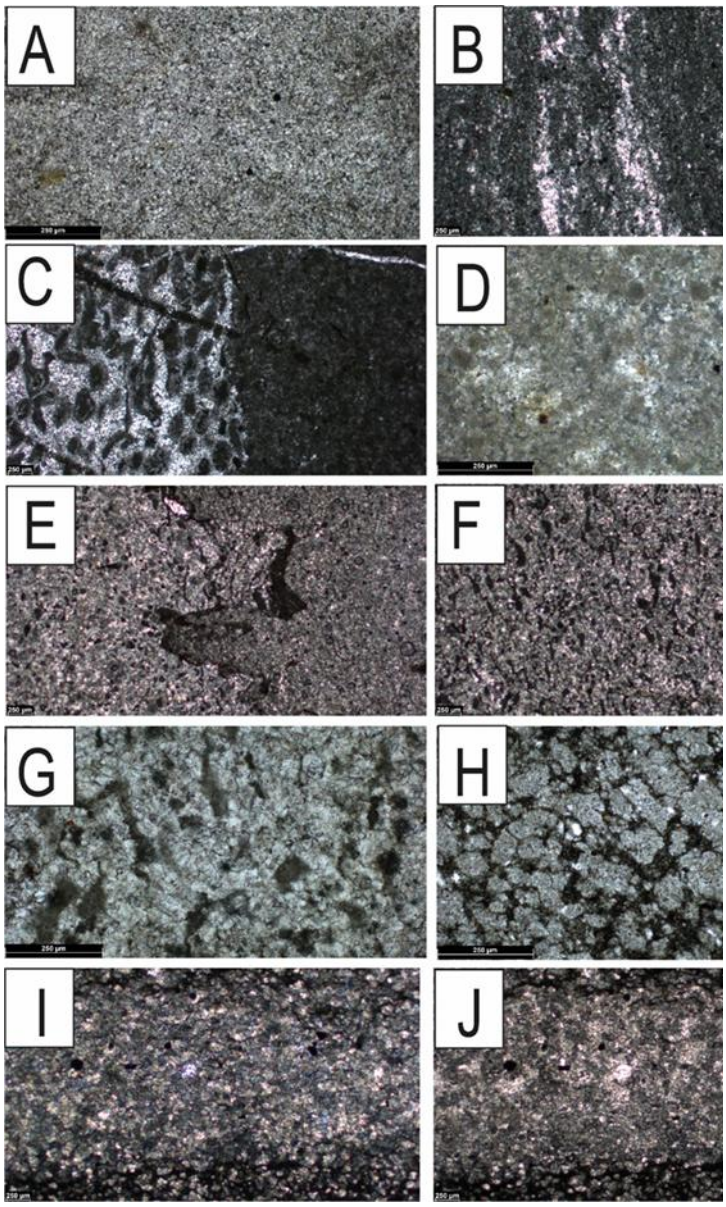


Figure 6 : *Photos microscopiques des différents niveaux lithostratigraphiques de la grotte Ndundu 1 : ND1(6A), ND2 (6B), ND3 (6C et D), ND4 (6E et F), ND5 (6G et H) et ND6 (6I et J)*

Dans l'ensemble, la succession lithologique de Ndundu est dominée par des dolomies micritiques compactes (ND1 à ND6) dont la porosité primaire est largement réduite ou colmatée par la diagenèse. Les rares zones potentiellement plus ouvertes correspondent essentiellement aux niveaux bréchiques, mais leur extension reste limitée et leur organisation interne est souvent peu structurée. Par conséquent, la circulation des fluides au sein de la cavité semble davantage contrôlée par les fractures, les discontinuités structurales et les processus de karstification que par la porosité primaire des roches carbonatées. Cette organisation suggère un ensemble globalement peu perméable à l'échelle de la coupe lithologique observée.

4.3 Analyse structurale de Ndundu 1

Les données structurales recueillies dans la cavité ont été analysées selon la méthode stéréographique, qui permet de représenter les structures planaires et linéaires sur un diagramme bidimensionnel [14] [15]. Les projections ont été réalisées à l'aide des canevas de Wulff et de Schmidt, tandis que le traitement et la visualisation des données ont été effectués avec le logiciel Win Tensor, permettant une interprétation plus précise des interactions structurales.

Une multitude de structures tectoniques essentiellement de nature cassante ont été découvertes, 81 fractures ont été mesurées. Les roses diagrammes (Fig. 7) montrent que les fractures s'organisent suivant deux orientations dominantes : NO-SE et NE-SO. La majorité des fractures présentent des pendages élevés, généralement compris entre 75° et 90°. L'exploitation des données de fracturation sous forme d'histogrammes de fréquences met en avant des classes directionnelles majeures (Fig. 8). La famille NO-SE se distingue par les classes N120–N139 (24 occurrences) et N140–N159 (16 occurrences). La famille NE-SO est principalement représentée par les orientations N060–N079 (22 occurrences) et N040–N059 (12 occurrences).

L'expression de ces fractures varie selon trois configurations principales. Des fractures sont visibles sur les parois et plafonds, certaines formant des trames entrecroisées, tandis que d'autres suivent le tracé des galeries. Des fractures ont guidé la formation de spéléothèmes, révélant une corrélation entre les deux.

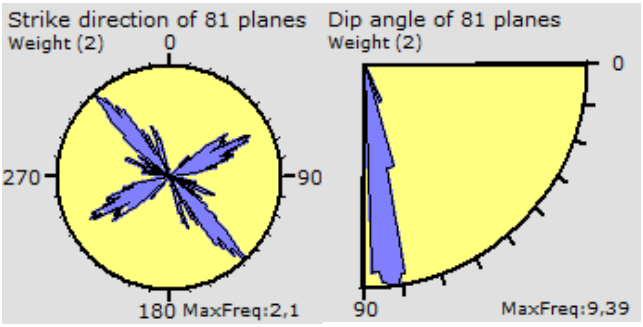


Figure 7 : *Roses diagrammes montrant les orientations dominantes des fractures dans Ndundu 1*

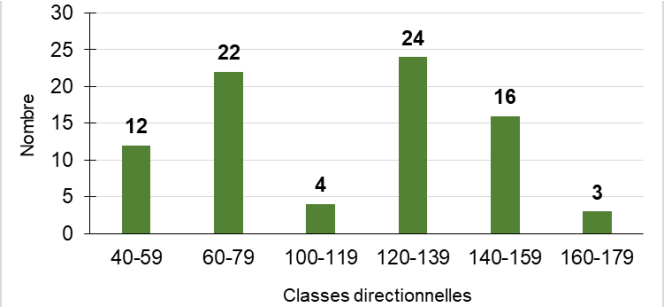


Figure 8 : *Histogramme de fréquences des directions de fracturation dans le réseau Ndundu.*

Des fractures présentant des marqueurs cinématiques ont été identifiées, permettant de caractériser le style structural. Ces marqueurs correspondent à des fractures en extension au sein d'une zone de relais, initiant ainsi une ouverture en pull-apart (Fig. 9). Ces fractures correspondent alors à des failles

décrochantes ouvertes, comme en témoigne leur remplissage par de la calcite. Les failles décrochantes appartenant aux familles F1 et F2 illustrées sur l'image ci-dessous présentent un jeu dextre en vue de bas en haut dans les plafonds, mais apparaissent comme des failles senestres lorsqu'observées depuis la surface, c'est-à-dire de haut en bas.

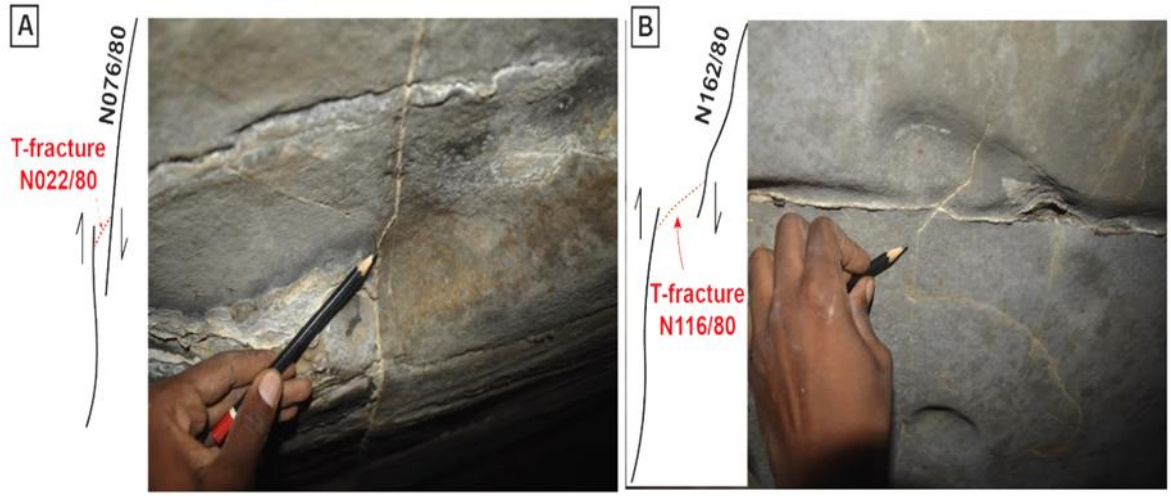


Figure 9 : *Grotte-résurgence Ndundu 1 : failles décrochantes avec des fractures en extension dans des zones de relais. A : faille décrochante NE-SO (F1) ; Faille décrochante NO-SE (F2).*

Les principales fractures identifiées au sein de ce réseau ont été comparées à la topographie afin d'examiner la relation entre leur orientation et celle des galeries. Les diagrammes en rose représentant l'orientation des fractures dans les différentes sections sont présentés dans la figure 10B. Elles sont pour la plupart orientées NE-SO. Un diagramme a aussi été réalisé (fig. 10C) reprenant les directions des différentes galeries de la grotte qui sont majoritairement orientées N-S, la grotte elle-même suivant cette direction globale N-S (Ndundu 1) marquée par la direction de la vallée sus-jacente (carte de la fig. 10A).

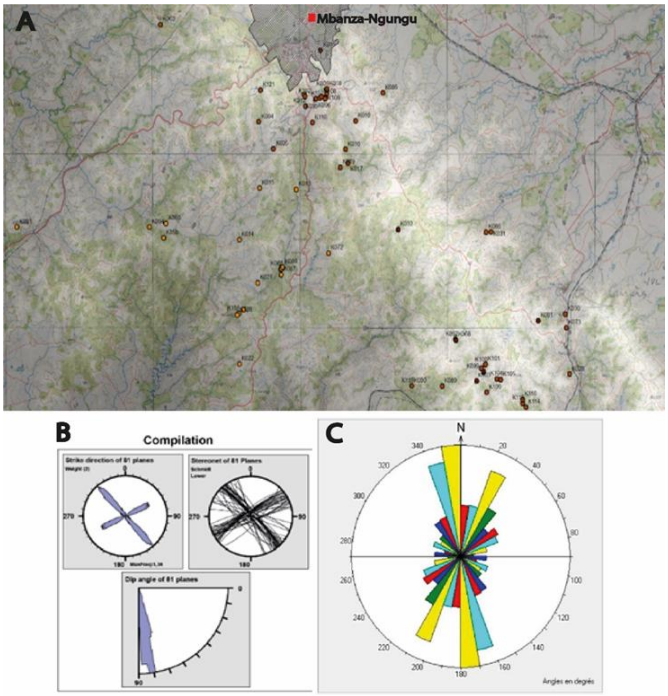


Figure 9 : *(A) carte topographique de la région de Mbanza-Ngungu avec quelques cavités de la région (B) rosace des différents mesures structurales de Ndundu 1 (C) rosace des différentes mesures topographiques de Ndundu 1.*

Discussion

Le réseau des grottes de Ndundu constitue un remarquable exemple de système karstique de type perte-résurgence dont les entrées s'alignent dans une vallée. L'entrée la plus en amont se situe à une altitude d'environ 660 mètres. Elle s'ouvre directement sur une rivière intermittente, activée lors des crues saisonnières. L'analyse de sa morphologie, de sa dynamique hydrologique et de son contexte structural permet de mieux comprendre les processus de genèse et d'évolution de ce réseau souterrain.

Globalement, la direction générale des galeries ne montre pas de corrélation avec les structures mesurées, ni avec les grandes fractures régionales, cela se voit clairement en comparant les roses de directions structurales, régionales et de direction de galeries.

Le report de la topographie sur le MNT et/ou la carte topographique, montre que le réseau de Ndundu suit une vallée reliant la crête située à 765m d'altitude à la rivière principale en suivant la plus grande pente. Cette configuration suggère une origine liée à une incision progressive d'un ancien cours d'eau de surface dans les formations calcaires. La disposition du réseau souterrain, en lien direct avec la topographie de la vallée, renforce cette hypothèse d'une karstogenèse guidée par l'érosion fluviatile.

Dans le contexte de Ndundu, l'eau s'est infiltrée en exploitant le réseau de fractures ouvertes, ce qui lui permet de s'organiser le long des axes de plus forte pente et d'initier ou d'élargir les conduits souterrains.

L'enfoncement progressif du réseau s'observe par la présence de méandres fossiles dans les plafonds. L'allure sinueuse des galeries indique un écoulement phréatique sous pression, se développant dans un contexte de faible gradient hydraulique, typique des régimes de saturation complète [16]. Cette dynamique a conduit à la formation de conduits méandriformes,

influencés par l'hétérogénéité structurale et lithologique des calcaires dolomitiques. L'enfoncement se poursuit à travers plusieurs niveaux de creusement, marqués par des surcreusements latéraux visibles sur certaines parois.

Ce phénomène est particulièrement manifeste dans la galerie des Bananiers, jusqu'à sa jonction avec la galerie principale de la rivière, ainsi qu'à la jonction de cette dernière avec la galerie des Brèches, caractérisée par une série de gours. Ces structures témoignent d'une dynamique ancienne d'écoulements sous pression. Les gours ne se forment pas directement en régime sous pression actif, car la vitesse de l'eau et la pression empêchent le dégazage nécessaire à la précipitation de la calcite. Toutefois, ils peuvent apparaître après un abaissement du niveau d'eau, dans des conduits initialement formés sous pression [17][18].

Par ailleurs, la présence de dépôts bréchiques allochtones dans les zones de surcreusement suggère des épisodes de crues soudaines, probablement liés à des précipitations torrentielles [19].

Le développement principal du réseau suit une direction nord-est / sud-ouest (N040-N059 et N140-N159), qui est plus au moins parallèle à l'axe de la vallée. Une seconde orientation, nord-ouest / sud-est (N120-N139), est également représentée. Bien que le rôle direct des structures tectoniques soit modéré dans ce contexte, plusieurs failles orientées selon les directions régionales ont été identifiées, notamment en amont de la galerie de la rivière dans Ndundu 1.

Aucune trace de fantomisation n'a été observée dans le réseau de Ndundu. Les processus de dissolution restent actifs, avec une morphogenèse lente mais continue dans les galeries par action de l'eau phréatique [20][21].

Les spéléothèmes tels que stalactites et stalagmites se développent principalement à la sortie des fractures ouvertes, là où l'eau continue de percoler lentement. Leur géométrie est étroitement liée à la structure de la roche hôte, conformément aux observations faites dans d'autres systèmes karstiques structuraux [20][22].

La grotte de Ndundu illustre un exemple typique de karstogenèse contrôlée à la fois par les conditions hydrologiques, la topographie de surface et la structuration interne de la roche. Son étude permet d'approfondir la compréhension des processus de développement souterrain dans les environnements tropicaux humides, où les crues saisonnières et la percolation jouent un rôle majeur dans la dynamique karstique.

Conclusion

La grotte de Ndundu s'illustre comme un réseau karstique de type perte-résurgence, façonné essentiellement par une dynamique phréatique sous faible gradient hydraulique. Sa genèse semble intimement liée à l'incision d'un ancien cours d'eau de surface qui aurait ensuite évolué en réseau souterrain via un processus de dissolution active.

Le développement de galeries sinueuses et méandriformes, combiné à une relative stabilité structurale, suggère une karstogenèse progressive, peu influencée par la tectonique. Les failles régionales y jouent un rôle secondaire, en guidant localement certaines orientations de galeries, mais sans entraîner de grandes discontinuités ou effondrements majeurs.

Par ailleurs, l'absence de fantomisation dans cette cavité indique un système dont la spéléogenèse s'est principalement déroulée par dissolution en milieu saturé actif. Les concrétions dont les stalactites, gours se développent préférentiellement au niveau des fractures et témoignent d'un écoulement lent et prolongé. La circulation d'eau y reste actuellement, saisonnière et bien structurée, ce qui confère au système une certaine stabilité morphologique. Ndundu incarne un karst phréatique classique, peu perturbé par la tectonique.

Remerciement

Les auteurs expriment leur profonde gratitude à toutes les personnes et aux différents services qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Leurs conseils, leur disponibilité ainsi que leur appui technique et logistique ont été d'une grande importance pour l'aboutissement de cette étude.

Nous tenons particulièrement à remercier la Coopération belge à travers le projet GeoRes4Dev du Musée Royal de l'Afrique Centrale (MRAC) pour son accompagnement et son soutien dans le cadre du renforcement des capacités et la promotion de la recherche en géosciences.

Références Bibliographiques

[1] Michel, P. (1991). Le karst tropical humide. Essai de synthèse : l'exemple du Zaïre. *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, 27, 3–22.
[2] Quinif, Y. (1985). Une morphologie karstique typique en zone intertropicale : les karsts du Bas-Zaïre. *Karstologia*, 6(1), 43–52.
[3] Shaw, T. (2013). *Caves of the Democratic Republic of the Congo: Exploration, science and history*.
[4] Thijenira, A. L., Ngala, N. N., Kanika, T. M., Kimbembi, A. M., Nkodia, H., & Lahogue, P. (2024). État des lieux et spécificités géologiques des cavités karstiques des formations du sous-groupe schisto-calcaire des régions de Mbanza-Ngungu, Kimpese et Songololo (Kongo Central, République Démocratique du Congo). *Journal Africain des Sciences*, 1(1), 30–45.
[5] Lepersonne, J. & Trottereau, G., 1973 Note explicative de la carte géologique 1/200 000. Dir. Serv. Geol. Zaire, p 66
[6] Alkmim, F. F., & Martins-Neto, M. A. (2012). Proterozoic first-order sedimentary sequences of the São Francisco craton, eastern Brazil. Marine and petroleum Geology, 33(1), 127-139
[7] Cailteux, J. L., Delpomdor, F. R., & Ndobani, J. P. N. (2015). The Neoproterozoic West-Congo "Schisto-Calcaire" sedimentary succession from the Bas-Congo region (Democratic Republic of the Congo) in the frame of regional tentative correlations. *Geologica Belgica*.
[8] Delpomdor, F., Tack, L., Cailteux, J., & Préat, A. (2015). The C2 and C3 formations of the Schisto-Calcaire Subgroup (West Congo Supergroup) in the Democratic Republic of the Congo: An example of post-Marinoan sea-level fluctuations as a result of

extensional tectonisms. *Journal of African Earth Sciences*, 110, 14–33.

[9] Thijenira, A. L. (2025). *Étude du karst de la région allant de Mbanza-Ngungu à Songololo (Kongo Central, RDC) : Inventaire et topographie souterraine des grottes replacées dans leur contexte géologique*.

[10] Heuts, M., & Leleup, N. (1954). *La géographie et l'écologie des grottes du Bas-Zaïre*. Les Habits de Caecobarbus geertsi.

[11] Dunham, R. J. (1962). Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In W. E. Ham (Ed.), *Classification of carbonate rocks* (pp. 108–121). American Association of Petroleum Geologists.

[12] Embry, A. F., & Klovan, J. E. (1972). Absolute water depth limits of Late Devonian paleoecological zones. *Geological Society of America Bulletin*, 83(10), 3175–3180. https://doi.org/10.1130/0016-7606 (1972)83[3175: AWDLOL] 2.0.CO; 2

[13] Flügel, E. (2010). *Microfacies of carbonate rocks: Analysis, interpretation and application* (2nd ed.). Springer.

[14] Rowland, S. M., Duebendorfer, E. M., & Schiefelbein, I. M. (2007). *Structural analysis and synthesis: A laboratory course in structural geology* (3rd ed.). Blackwell Publishing.

[15] Fossen, H. (2016). Structural geology. Cambridge university press.

[16] Ford, D. C., & Ewers, R. O. (1978). The development of limestone cave systems in the dimensions of length and depth. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 15(11), 1783–1798. https://doi.org/10.1139/e78-186

[17] Dreybrodt, W. (1988). *Processes in karst systems: Physics, chemistry, and geology*. Springer-Verlag.

[18] Palmer, A. N. (2007). *Cave geology*. Cave Books.

[19] Gunn, J. (Ed.). (2004). *Encyclopedia of caves and karst science*. Fitzroy Dearborn.

[20] Audra, P., Mocochain, L., Bigot, J. Y., & Nobécourt, J. C. (2002). The role of condensation-corrosion in thermal speleogenesis: Study of a hypogenic karst system. *Geodinamica Acta*, 15(3), 157–167. https://doi.org/10.1016/S0985-3111 (02)01063-6

[21] Dubois, C., Bini, A., & Quinif, Y. (2022). Karst morphologies and ghostrock karstification. Géomorphologie: relief, processus, environnement, 28(1), 13-31.

[22] Ford, D. C., & Williams, P. W. (2007). *Karst hydrogeology and geomorphology*. Wiley. Fossen, H. (2010). Extensional tectonics in the North Atlantic Caledonides: a regional view.