



**HAL**  
open science

## Mozambique and Southern Africa karsts identification by SIG.

Bastien Chadelle, Laurent Bruxelles

► **To cite this version:**

Bastien Chadelle, Laurent Bruxelles. Mozambique and Southern Africa karsts identification by SIG.. Karstologia Mémoires, 2022, 18th International Congress of Speleology - Savoie Mont Blanc 2022 - SYMPOSIUM 04 - Geomorphology and Speleogenesis, 5 (25), pp.199-202. hal-03916743

**HAL Id: hal-03916743**

**<https://hal.science/hal-03916743v1>**

Submitted on 31 Dec 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Karstic sediment, Palaeontology & Archaeology

S.03 - Cave deposits

S.08 - Archaeology and Palaeontology in caves



# Identification par SIG des karsts du Mozambique et d’Afrique australe

Bastien CHADELLE<sup>(1)</sup> & Laurent BRUXELLES<sup>(1,2)</sup>

(1) UMR5608 TRACES, UT2J, Toulouse, France, [chadelle.bastien@gmail.com](mailto:chadelle.bastien@gmail.com)

(2) GAES, University of the Witwatersrand, Johannesburg, Afrique du Sud, [laurent.bruxelles@inrap.fr](mailto:laurent.bruxelles@inrap.fr)

## Résumé

Le Grand Rift Est Africain et l’Afrique du Sud, sont les rares régions ayant révélé des fossiles d’homininés anciens vieux de plusieurs millions d’années. Les découvertes, dans le « Berceau de l’Humanité (UNESCO) », sont faites à l’intérieur de cavités protégées de l’érosion. Lors de la mission Human Origins In Mozambic & Malawi –HOMME- de 2019 (FOURVEL et al., 2021, ce volume) la découverte de faunes anciennes dans les grottes du Mozambique révèle que ce territoire, à mi-chemin entre les deux grandes régions fossilifères africaines, présente un grand potentiel archéo-paléontologique. Dans ce but, un doctorat a débuté en mars 2019. Il est financé par la bourse *80Prime* de la *Mission pour les Initiatives Transverses et Interdisciplinaires* (MITI) du CNRS. Le but est de réaliser un diagnostic karstologique du Mozambique, à partir des cavités bien connues de l’Afrique du Sud (BRUXELLES, 2019), pour découvrir des grottes à prospecter lors de nos prochaines missions. Cet article présente le travail cartographique préliminaire effectué, préalable aux missions de terrain, afin de guider les prospections.

## Abstract

**Mozambique and Southern Africa karsts identification by SIG.** The Great East African Rift and South Africa are the rare areas in which hominin fossils several million years old have been found. The finds, in the “Cradle of Humanity (UNESCO)”, are made inside cavities protected from erosion. The old fauna discovered in Mozambican caves during the 2019 mission of the Human Origins in Mozambic & Malawi (HOMME) project (FOURVEL, 2021, this volume) indicates that this territory; located between these two great african fossiliferous regions, could contain an archaeo-paleontological potential. To this end, doctoral research, started in March 2019, is funded by the *80Prime* grant of the “*Mission pour les initiatives transversales et interdisciplinaires*” of the CNRS. The aim is to carry out a karstological survey in Mozambique to identify caves to be explored during future fieldwork sessions. In this article, we present a preliminary cartographic work, conducted prior to the fieldwork, dedicated to the preparation of survey maps.

## 1. Introduction

Au Mozambique, trois principaux massifs carbonatés renferment plus de 80 grottes (LAUMANNNS, 1998). La mission HOMME de 2019 a permis de visiter 33 de ces cavités (Fig.1). Sur la base de cette reconnaissance, l’objectif est maintenant de définir les nouveaux secteurs de prospection des missions futures. Pour cela, une base de données cartographique est réalisée dans un système

d’information géographique (SIG), qui synthétise l’ensemble des données de terrains existants : cartographiques et bibliographiques. L’exploitation du SIG permet l’élaboration de minutes de terrain des massifs à prospecter. Ce sont des fonds de cartes, adaptées à nos études morphokarstiques, qui permettent de faire de la prospection archéo-paléontologiques.

## 2. Méthodologie de la base de données cartographiques sous SIG

En premier lieu, un SIG a été créé à partir des données de prospections des missions précédentes au Mozambique (missions HOMME de 2018 et de 2019) ; en Namibie (missions Human Origins in Namibia HON de 2015, 2016, 2017 et 2018) et en Afrique du Sud. Puis, ont été ajoutés des inventaires de cavités (LAUMANNNS, 1998 ; MERCATER et al. 2013 ; PICKFORD 1990, 2013 et 2019 ; grottocenter.org).

Le SIG a été complété par les relevés altimétriques japonais, notamment celles disponibles gratuitement depuis d’avril 2020 : AW3D30. Ces datas brutes permettent de produire des modèles numériques de terrain (MNT), à la résolution de 30 mètres (1 arc second). À partir du MNT on calcule des modèles ombrés, des cartes de pentes, des cartes

hypsométriques permettant de faire une analyse géomorphologique de chaque massif karstique. Les cartes géologiques des pays concernés, sont ensuite intégrées dans le SIG et sont listées dans le tableau 1. Ces formations géologiques ont nécessité une harmonisation numérique (vectorisation des rasters par exemple) et stratigraphique (en éliminant les frontières nationales notamment). Après avoir compilé les données existantes, sont rajoutées les nouvelles datas, c’est-à-dire les analyses morphokarstiques (cartographie des dépressions fermées, des dolines et des paléo-vallées, report en surface des réseaux karstiques, analyse des paléosurfaces, etc.), dans le but d’identifier les futures cibles de prospection.

Country	RasterVector	Name	Link	Authors	Scale	Year
South Africa	V	rsa_1m_shape_layer_font_tar	<a href="http://www.geoscience.org.za/images/Maps/DataFile/rsa_1m_shape_layer_font_tar.zip">http://www.geoscience.org.za/images/Maps/DataFile/rsa_1m_shape_layer_font_tar.zip</a>	Council of Geoscience	1M	2019
	V	CGS_RSA1M Geological polygon				
	R	Geological map of the Republic of South Africa and the Kingdoms of Lesotho and Swaziland	<a href="http://geoscience.org.za/cgs/">http://geoscience.org.za/cgs/</a>	Council of Geoscience, De Beer	1M	2019
	R	Composite map : Geological map of the republic of South Africa and the kingdoms of Lesotho and Swaziland		Council of Geoscience : C. Frick & N. Keyser	1M	1997
	R	Chronostratigraphic map of the republic of south africa and the kingdoms of Lesotho and Swaziland		Council of Geoscience	2M	2008
	R	Simplified geological map of the republic of south africa and the kingdoms of Lesotho and Swaziland		Council of Geoscience, Johnson & Wolmarans	2M	2008
	R	Gauteng and North West Dolomite Units		Water Geosciences Consulting, Holland	1,5M	2009
	R/V	2626 - 2628 - 2528 - 2526 250,000 Geological Series		Department of mineral and energy affairs, Director General L. Alberts, D. Sc., F. Inst. P., F.S.A.I.M.M.; Geological survey, Chief Director P.J. Smit, P.D	250k	1986
R	2527DA DB DC DD 500,000 Series		Departement of mines Van Mynwese	500k		
Mozambic	V	Mozambique1M_Lithology_v1.MAP	<a href="https://www.orrbodies.com/resource/geology-mozambique-1987/">https://www.orrbodies.com/resource/geology-mozambique-1987/</a>	Instituto Nacional de Geologia, BRGM Patrice Pinna, Pascal Marteau; JF Becq-Giraudon	1M	1987
	R	Carta Geological		Council of Geoscience		2008
	R		<a href="https://www.yumpu.com/en/document/read/5167791/gtk-consortium-geological-surveys-in-mozambique-arkistogsffi">https://www.yumpu.com/en/document/read/5167791/gtk-consortium-geological-surveys-in-mozambique-arkistogsffi</a>	GTK Consortium		
	R	GTK_MZ_1832_1833,1834,1835,1932_1933,1934,1935, 2032_2033,2034_2035		GTK – ITC – GONDWANA – SGU – GEUS, Direcção nacional de geologia, M.I. Lehtonen, H. Mäkitie, T. Manninen, B. Gustafsson, T. Eerola, T. Koistinen e C. Åkerman	250k	2006
Malawi	V		<a href="http://www.masdap.mw/">http://www.masdap.mw/</a>	Department of Surveys		
	R	Geology map of Malawi	<a href="https://nla.gov.au/nla.obj-2053903552/view">https://nla.gov.au/nla.obj-2053903552/view</a>	Bloomfield, Mason, Habgood	1M	1966
Botswana	V	Atlas of Namibia Project Directorate of Environmental Affairs	<a href="http://geoscienceportal.geosoft.com/Botswana/api/Extraction/Download?Folder=3b2e3d05-7f3c-4d78-983a-f0eb001e7e29&amp;file=geol-botswana.zip">http://geoscienceportal.geosoft.com/Botswana/api/Extraction/Download?Folder=3b2e3d05-7f3c-4d78-983a-f0eb001e7e29&amp;file=geol-botswana.zip</a>	Ministry of Environment and Tourism		2002
Namibia	V	SIG Namibie (Geology, hydrogeology etc)		?	?	2015
	R	Atlas of Namibia Project	<a href="http://www.uni-koeln.de/sfb389/e/e1/download/atlas_namibia/e1_download_physical_geography_e.htm">http://www.uni-koeln.de/sfb389/e/e1/download/atlas_namibia/e1_download_physical_geography_e.htm</a>	SF B 389 ACACIA	7,5M	2003
Madagascar	V	Simplified Geology of Madagascar	<a href="https://databasin.org/maps/">https://databasin.org/maps/</a>	Conservation Biology Institute (Besairie, 1964)	1M	2010

Tableau 1 : Sources bibliographiques et caractéristiques des cartes géologiques compilées en janvier 2021.

### 3. Synthèse cartographique des massifs karstiques en Afrique australe

Le SIG permet de réaliser des cartes synthétiques, dont un exemple est donné en figure 2 : la carte des massifs carbonatés (en rouge) et des grottes connus (en noir) de l'Afrique australe. Pour réaliser cette carte, nous avons, tout d'abord, cartographié les dolomies néoarchéennes (-2,6 Ga) de Chuniespoort (Malmani supergroup). Elles affleurent notamment dans le « Cradle of humankind ». L'extension de ces dolomies a été suivie de part et d'autre de cette région fossilifères, notamment vers le Gauteng et le plateau de Ghaap. De l'autre côté du désert du Kalahari, en Namibie, ce sont les formations carbonatées d'Otavi (Damara supergroup) d'âge néoproterozoïque (1 Ga à 500 Ma), qui ont été cartographiées. Ce sont les reliefs karstiques du Kaokoveld, d'Otavi et des Aha Hills. Au Mozambique, trois principaux massifs karstiques carbonatés sont présents (Fig. 3). Les analyses, reportées dans le tableau 2, ont permis de caractériser les karsts de Buzi (Fig.4), de Cheringoma et de Buchane, situés dans les formations carbonatées d'âge tertiaire (66 à 40 Ma). Au nord du Mozambique et au Malawi, de nombreux petits affleurements de marbres, d'âge précambrien (4,560 Ga), ont été aussi cartographiés (CUMBE, 2017). Ils pourraient faire l'objet de visites de prospection. Les formations carbonatées de Madagascar ont aussi été représentées, notamment les karsts de Tsingy.

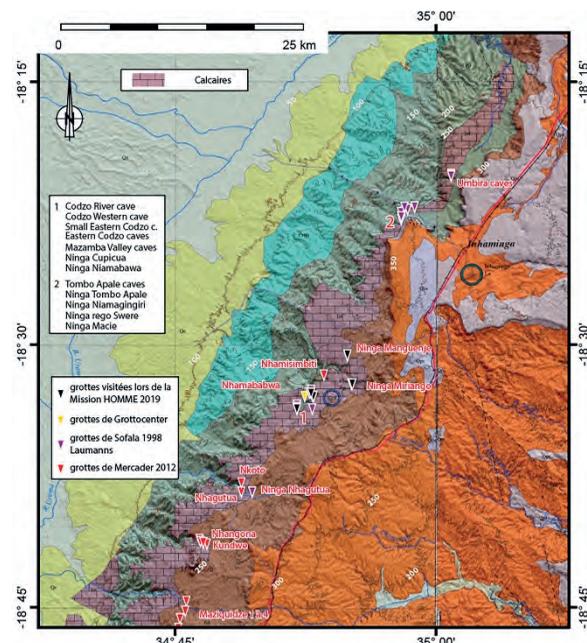


Figure 1 : Localisation des cavités visitées en 2019 (en noir) et contexte géologique régional du Massif de Cheringoma.

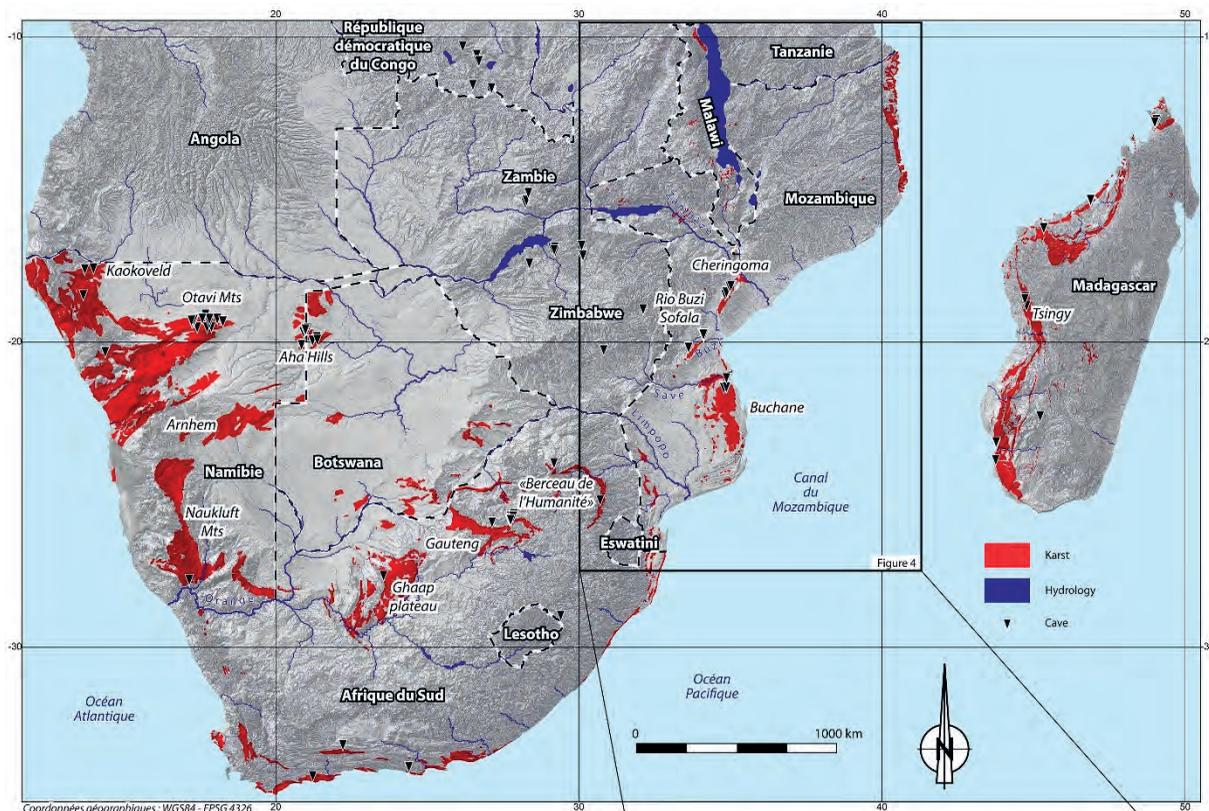


Figure 2 : Carte synthétique des massifs karstiques et des cavités de l'Afrique australe (état d'avancement de janvier 2021).

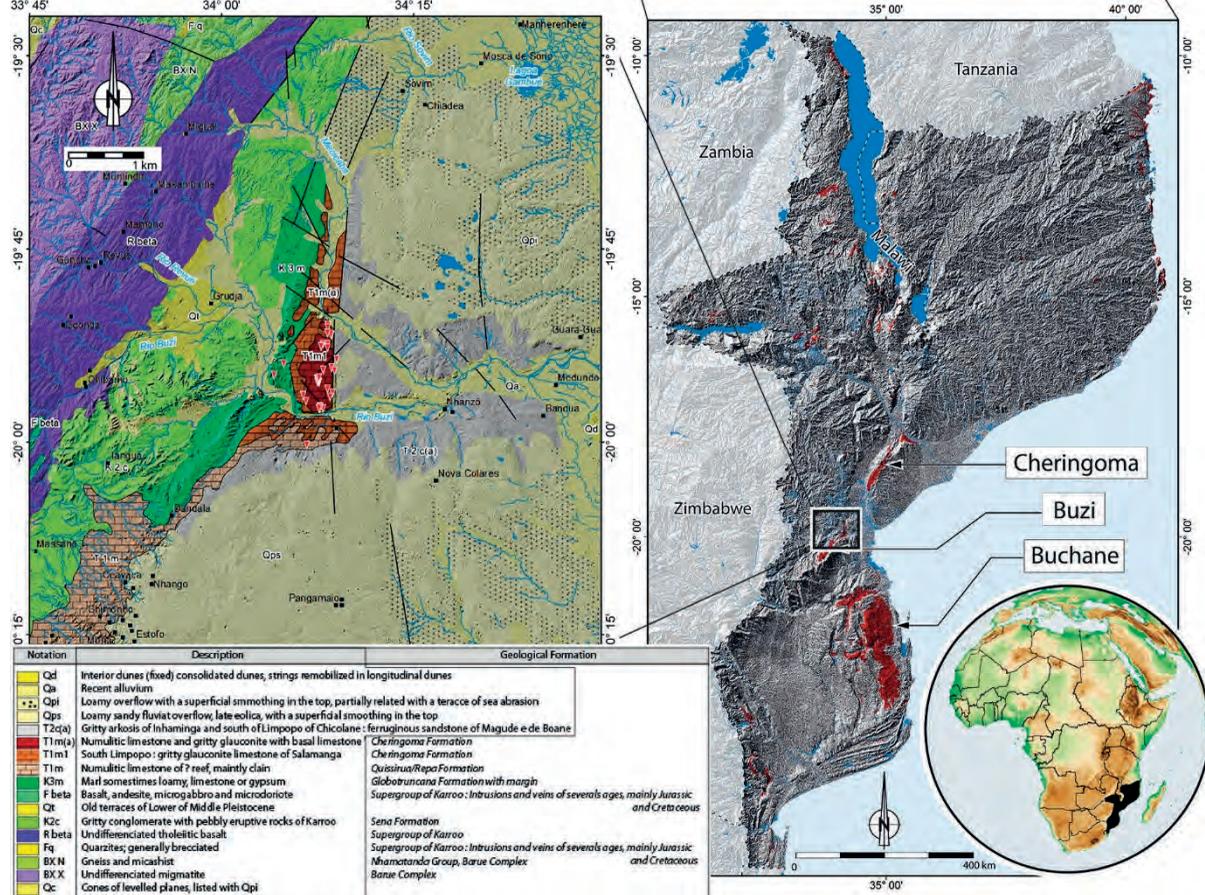


Figure 4 : Contexte géologique de Buzi

Figure 3 : Karsts (en rouge) du Mozambique et du Malawi.

Karstic massif	Geologic Formation	Age	Name	Lithologic description	Thickness	Area (km <sup>2</sup> )	Caves	Caves names
CHERINGOMA	Quissirua/Repa	Cenozoic (Eocene)	T1m	Numulitic limestone or ? reef, mainly clay	30 m - 1400 m	311	2	Ninga Manguenje, Western Codzo Cave
	Sancul / Cogune	Cenozoic	T2m	Fossiliferous reef limestone, sandy at the base	?	633	8	Ninga Miriango, Eastern Codzo, Smaller Eastern Codzo, Ninga Niamabawa, Ninga Cupicua, Mazamba Valley, Codzo River
BUCHANE	Jofane / Morrumbene	Cenozoic	T2m(a)	Reef limestone or sandy limestone	11 to 50 m	12689	11	Magochene, Embondeiro, Cagi(Caverna X), Inhaluele, de Cobra, Caverna VIII, Caverne VI/Via/II
BUZI	Quissirua/Repa	Cenozoic (Eocene)	T1m	Numulitic limestone or ? reef, mainly clay	30 m	566	2	Nyaboa caves, Boca complex
	Cheringoma	Cenozoic	T1m(a)	Numulitic limestone and glauconitic sandstone with limestone at base	200 m	39	21	Dimba, Mutanda Francisco, Xonondo, Kunangua, Muchakaima, Chipayike, Goonde
	Cheringoma	Cenozoic	T1m1			99	8	Pwanda, Maconjo, Chipayike, Gruta Maruluwire

Tableau 2 : Caractéristiques géologiques des trois principaux massifs karstiques du Mozambique.

## 4. Cartographie haute-résolution des karsts du Mozambique et du Malawi

Le potentiel karstique des régions de Cheringoma, Buzi et Buchane est connu depuis les prospections spéléologiques de Laumanns en 1998, 1999 et 2015. La cartographie haute résolution du plateau calcaire de Cheringoma (Fig. 1), qui s'étend sur plus de 50 km et à l'altitude constante de 250 m, montre qu'il est incisé par des canyons qui ont recoupé de nombreuses cavités. Une prospection systématique le long de ces canyons pourrait permettre de découvrir de nouvelles cavités, notamment au nord. Au sud de la rivière Buzy, les calcaires de la formation Quissirua / Repa, représentés par des caissons sur la figure 4, affleurent vers

le sud sur plus de 500 km<sup>2</sup>. Ils devront être prospectés car ils sous-tendent un plateau assez élevé et karstifié.

La cartographie d'autres formations carbonatées, non encore reconnues, du Mozambique et du Malawi, offre un potentiel non-négligeable de découvertes. Ces karsts seront explorés lors des deux prochaines missions vers le nord du pays et au Malawi. Le travail de terrain et l'acquisition de nouvelles données permettra d'affiner le modèle karstique au retour de mission et permettra d'améliorer la compréhension que nous avons de ces karsts.

## 5. Perspectives et suite de la thèse

La cartographie sera étendue à l'ensemble de l'Afrique durant la thèse. Concernant le Mozambique, l'analyse des karsts sera couplée à celles des données géologiques de sismique-réflexion, réalisée au fond du canal du Mozambique pour la recherche pétrolière et qui permet d'avoir la géométrie des dépôts sédimentaires au droit des deltas du Zambèze et du Savé. D'après ces études, ces

fleuves ont commencé leurs travaux d'érosion dès le Crétacé. Ces corrélations permettront, peut-être, de dater le creusement des karsts eux-mêmes. En effet, il est important de préciser non seulement leurs âges mais aussi, celui de leurs démantèlements qui a permis le piégeage des fossiles d'homininés anciens.

## Références

- BABY G. (2017) *Mouvements verticaux des marges passives d'Afrique australe depuis 130 Ma, étude couplée : stratigraphie de bassin – analyse des formes du relief* – Thèse- Université de Rennes 1 – 371 p.
- BRUXELLES L. (2019) *Les karsts du berceau de l'Humanité en Afrique australe*. HDR Livret 2 Analyse des travaux scientifiques Projet de recherche 133 p.
- CUMBE A.N.F. (2017) *O Património Geológico de Moçambique : Proposta de Metodologia de Inventariação Caracterização e Avaliação* – Universidade Do Minho Escola de Ciências Departamento de Ciência da terra, 273 p.
- LAUMANN M. (1998) Mozambique 1998: Report on the European Speleological Project "Cheringoma 1998". *Berliner Höhlenkundliche Berichte*, 2, p.1-75
- MERCADER J.& SILEN P. (2013) Middle and Later Stone Age Sites from Sofala, Gorongosa (Central Mozambique) NYAME AKUMA n° 80 p. 3-14.
- PICKFORD 1990 Some Fossiliferous Plio-Pleistocene Cave Systems of Ngamiland, Botswana - *Botswana Notes 1 Records*, Volume 22 15 p.
- PICKFORD 2013 *Motivation, Palaeontological Survey*, Gorongosa, 28 p.
- PICKFORD 2019 *Namibia Paleontology Expedition 13 September – 6 October 2019* 18 p.  
<https://www.grottocenter.org/index.php?lang=Fr> (février 2020)  
<https://www.diva-gis.org/gdata> (février 2020)  
<https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/data/index.htm> (mai 2020)  
<http://geoscience.org.za/cgs/> (février 2020)