

Avis de Soutenance

Monsieur Bastien CHADELLE

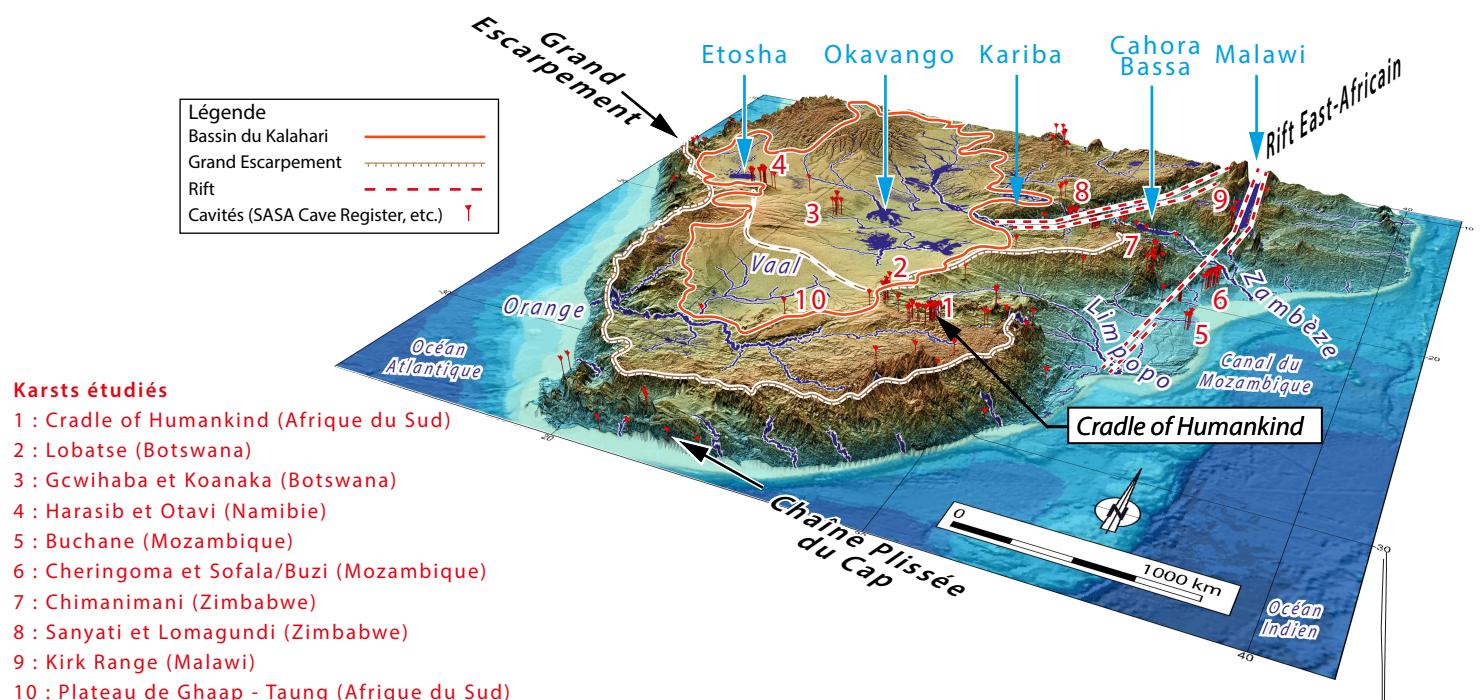
Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Cartographie et morphologie des karsts d'Afrique australe à travers l'analyse des données satellites et des données de terrain. Application à la recherche de potentiels karsts fossilifères à hominines en Afrique australe

dirigés par Monsieur Laurent Bruxelles et Monsieur Nicolas Poirier

Ecole doctorale TESC - Temps, Espaces, Sociétés, Cultures

Laboratoire TRACES - Travaux et Recherches Archéologiques sur les Cultures, les Espaces et les Sociétés



Soutenance prévue le **mercredi 17 décembre 2025 à 14h00**

Lieu : **Château du Mirail à L'Université Toulouse - Jean Jaurès**

Lien de la visio-conférence : <https://karstesien.fr/lien-soutenance.html>

Composition du jury

M. Laurent BRUXELLES	Directeur de recherche CNRS	IFAS USR3336	Directeur de thèse
M. Olivier DAUTEUIL	Directeur de Recherche CNRS	Université de Rennes	Rapporteur
M. Jacques JAUBERT	Professeur émérite de Préhistoire	Université de Bordeaux	Rapporteur
Mme Carole NEHME	Maître de conférence	Univ. de Rouen Normandie	Examinateuse
M. Nicolas POIRIER	Chargé de recherche CNRS	Université Toulouse	Co-directeur de thèse
M. Richard MAIRE	Ex-Directeur de recherche émérite	Université de Bordeaux	Examinateur
M. Marc JARRY	DAST Midi-Pyrénées INRAP	Université Toulouse	Invité
M. Hubert CAMUS	Karstologue CENOTE	Université Toulouse	Invité

En Afrique subsaharienne, deux grandes régions fossilières, considérées comme des berceaux de l'Humanité, ont préservé des fossiles d'hominines parmi lesquels figurent nos ancêtres, les premiers représentants du genre *Homo*. Ces régions sont : (1) le **Rift est-africain** en Afrique de l'Est, où les fossiles sont disséminés au sein d'anciens dépôts fluvio-lacustres et (2) les **karsts sud-africains** (Cradle of Humankind (*CoH*), Ghaap, Makapansgat), où les fossiles sont retrouvés au sein de remplissages karstiques, que ce soit à l'intérieur de grottes ou bien en plein-air, lorsque la surface topographique a érodé le toit des cavités comme c'est le cas du «*Type Site*» de la grotte de Sterkfontein.

L'objectif de cette thèse est de chercher de **nouveaux karsts** susceptibles de receler des hominines anciens et donc de faire le lien entre ces deux régions, plus précisément entre le *CoH* en Afrique du Sud et le débouché du Rift est-africain au nord du Malawi. Pour cela, nous avons développé une méthode spécifique, basée sur la cartographie et le traitement des données satellitaires, qui nous a permis d'identifier des karsts et surtout d'en estimer l'ancienneté en analysant leur contexte géomorphologique.

En Afrique australe, les karsts sont exclusivement cantonnés aux affleurements dolomitiques d'un ancien bassin marin paléoprotérozoïque, dont le bassin sédimentaire géologique du Transvaal (où se situent le *CoH* et Makapansgat) et le plateau karstique de Ghaap constituent des fragments ayant échappé à l'érosion des rivières et des fleuves (Molopo, Vaal, Orange, Crocodile, Limpopo, Olifants). Ces formations carbonatées ont été recouvertes par plusieurs centaines de mètres d'épaisseur de dépôts sédimentaires (Karoo, Kalahari) puis arasées par des paléosurfaces d'érosion successives (les différentes Surfaces Africaines).

En caractérisant la géologie, la géomorphologie et la géoarchéologie du *CoH* grâce à une cartographie de terrain fine, nous avons établi plusieurs **critères morphokarstiques** concourant au piégeage et à la conservation des fossiles plio-pléistocènes. Ce **modèle de karstification du CoH** constitue le premier résultat majeur de la thèse. Il indique que, outre la présence indispensable de **roches karstifiables** (1), les grottes fossilières du *CoH* se situent toujours à faible profondeur sous la **surface africaine** (2), exhumée de ses altérites (3), au toit de formations carbonatées **fantômisées** (4), en position d'**interfluves** de bassins versants hydrographiques (5), plus précisément en tête de **vallées peu profondes** (6) bloquées par des **knickpoints**, où les taux d'érosion sont restés très **faibles** (7).

Nous avons ensuite rechercher ces critères dans les autres karsts potentiels d'Afrique australe. Pour cela nous avons exploité les **mesures de relief par satellite** (JAXA ALOS *Daichi*) afin d'identifier les morphologies karstiques présentes en surface des formations carbonatées à l'affleurement, indiquant l'existence possible de grottes en profondeur. Cette étape n'a été appliquée que sur les régions considérées comme prioritaires mais elle doit à terme être testée sur tous les karsts d'Afrique.

Ces étapes (établissement du modèle de karstification du *CoH*, identification des karsts potentiels d'après les cartes géologiques et analyse des reliefs par satellites) constituent le « **Système d'Information Géographique des karsts de l'Afrique australe** ». Ce SIG nous a permis de produire, en amont des missions de terrain, des **atlas cartographiques** inédits, de haute résolution et parfaitement adaptés aux problématiques de recherche. Il a guidé efficacement les prospections dans plusieurs pays d'Afrique australe à la recherche de karsts fossilières.

Développé dans un premier temps à distance, le SIG a ensuite été confronté au terrain lors de missions en Afrique du Sud (Hoogland), au Mozambique, au Malawi, au Botswana (Lobatse et Aha Hills) et en Namibie (Hara-sib). Une prospection au Zimbabwe a permis d'écartier le massif de Chimanimani, dépourvu de roches karstifiables. Au Mozambique, un nouveau karst a été découvert dans le secteur de Pitao, tandis que le karst de Buchane s'est révélé trop récent pour présenter un intérêt majeur.

Les missions de prospection menées dans les collines karstifiées et fossilières du nord-ouest du Botswana (**projet HOMINI'KARST**) ont par exemple apporté des informations cruciales sur les niveaux de base de paléolacs, intrinsèquement liés à la karstification (déboufrage des fantômes de roche). Ces données ont permis de perfectionner encore les modèles et le SIG, dont une version simplifiée est accessible à l'adresse suivante :

<https://www.karstesien.fr/gee.html>

Sur cette base, et avec l'intégration de nouvelles observations de terrain, les modèles et le SIG continueront d'évoluer afin de mieux caractériser ces karsts et faciliter leur détection à l'échelle du continent, d'autant plus que la résolution des données satellitaires ne cesse de progresser.

Mots-clés : géologie, géomorphologie, géoarchéologie, SIG, karst, grotte, fossile, hominine, paléosurface, *Cradle of Humankind*, berceau de l'humanité, surface africaine, paléoenvironnement, 3D, MNT.

In sub-Saharan Africa, two large fossil-rich regions, considered to be the "Cradles of Humankind", contain preserved hominin fossils, including those of our ancestors, the first representatives of the genus Homo. These regions are: (1) the **East African Rift** in East Africa, where fossils are scattered within ancient fluvial-lacustrine deposits, and (2) the **South African karsts** (Cradle of Humankind (CoH), Ghaap, Makapansgat), where fossils are found in karstic fills, either inside caves or in the open-air, when the topographic surface has eroded the cave roofs, as is the case at the Sterkfontein Cave « Type Site ».

This PhD dissertation aims to identify **new karsts** that are likely to contain ancient hominin remains, thereby establishing a link between these two regions, more specifically between the CoH in South Africa and the outlet of the East African Rift in northern Malawi. To this end, I developed a specific method based on mapping and satellite data processing, which enabled me to identify karsts and, above all, to estimate their age by analyzing their geomorphological context.

In southern Africa, karsts are exclusively confined to the dolomitic outcrops of an ancient Paleoproterozoic marine basin, of which the Transvaal Geological Sedimentary Basin (where the CoH and Makapansgat are located) and the Ghaap Karst Plateau are fragments that have escaped erosion by rivers and streams (Molopo, Vaal, Orange, Crocodile, Limpopo, Olifants). These carbonate formations were covered by several hundred meters of sedimentary deposits (Karoo, Kalahari) and then leveled by successive paleo-erosion surfaces (the African Surfaces).

By characterizing the geology, geomorphology, and geoarchaeology of the CoH through detailed field mapping, We have established several **morphokarstic criteria** that contribute to the trapping and preservation of Pliocene-Pleistocene fossils. This **model of karstification in the CoH** is the first major result of this research. It indicates that, in addition to the essential presence of **karstifiable rocks** (1), the fossil-bearing caves of the CoH are always located at shallow depths below the **African surface** (2), exhumed from its weathered layers (3), at the top of **ghost-rocked carbonate** formations (4), in the **interfluvies** of hydrographic watersheds (5), more precisely at the head of shallow valleys (6) blocked by knick-points, where erosion rates have remained very **low** (7).

I then searched for these criteria in other potential karsts in southern Africa. To this end, I used **satellite relief measurements** (JAXA ALOS Daichi) to identify karst morphologies present on the surface of exposed carbonate formations, indicating the possible existence of caves at depth. I applied this step only to regions considered to be priorities, but it must ultimately be tested on all karsts in Africa.

These steps (establishment of the CoH karstification model, identification of potential karsts based on geological maps, and analysis of satellite relief data) constitute the "**Geographic Information System for Karsts in Southern Africa.**" This GIS enabled me to produce, prior to field missions, unique, high-resolution **cartographic atlases** that were perfectly suited to the research issues at hand. It effectively guided prospecting in several southern African countries in search of fossiliferous karsts.

Initially developed remotely, We then tested the GIS in the field during missions in South Africa (Hoogland), Mozambique, Malawi, Botswana (Lobatse and Aha Hills), and Namibia (Harasib). A survey in Zimbabwe ruled out the Chimanimani massif, which lacks karstifiable rocks. In Mozambique, I discovered a new karst in the Pitao area, while the Buchane karst proved too recent to be of major interest.

For example, missions carried out in the karstified and fossiliferous hills of northwestern Botswana (**HOMINI'KARST project**) provided crucial information on paleolake base levels, which are intrinsically linked to karstification (clearing of ghost rocks). This data has further refined the models and GIS, a simplified version of which is available at:

<https://www.karstesien.fr/gee.html>



On this basis, and with the integration of new field observations, the models and GIS will continue to evolve to better characterize these karsts and facilitate their detection on a continental scale, especially as the resolution of satellite data continues to improve.

Keywords: geology, geomorphology, geoarchaeology, GIS, karst, cave, fossil, hominin, paleo surface, Cradle of Humankind, African surface, paleoenvironment, 3D, MNT

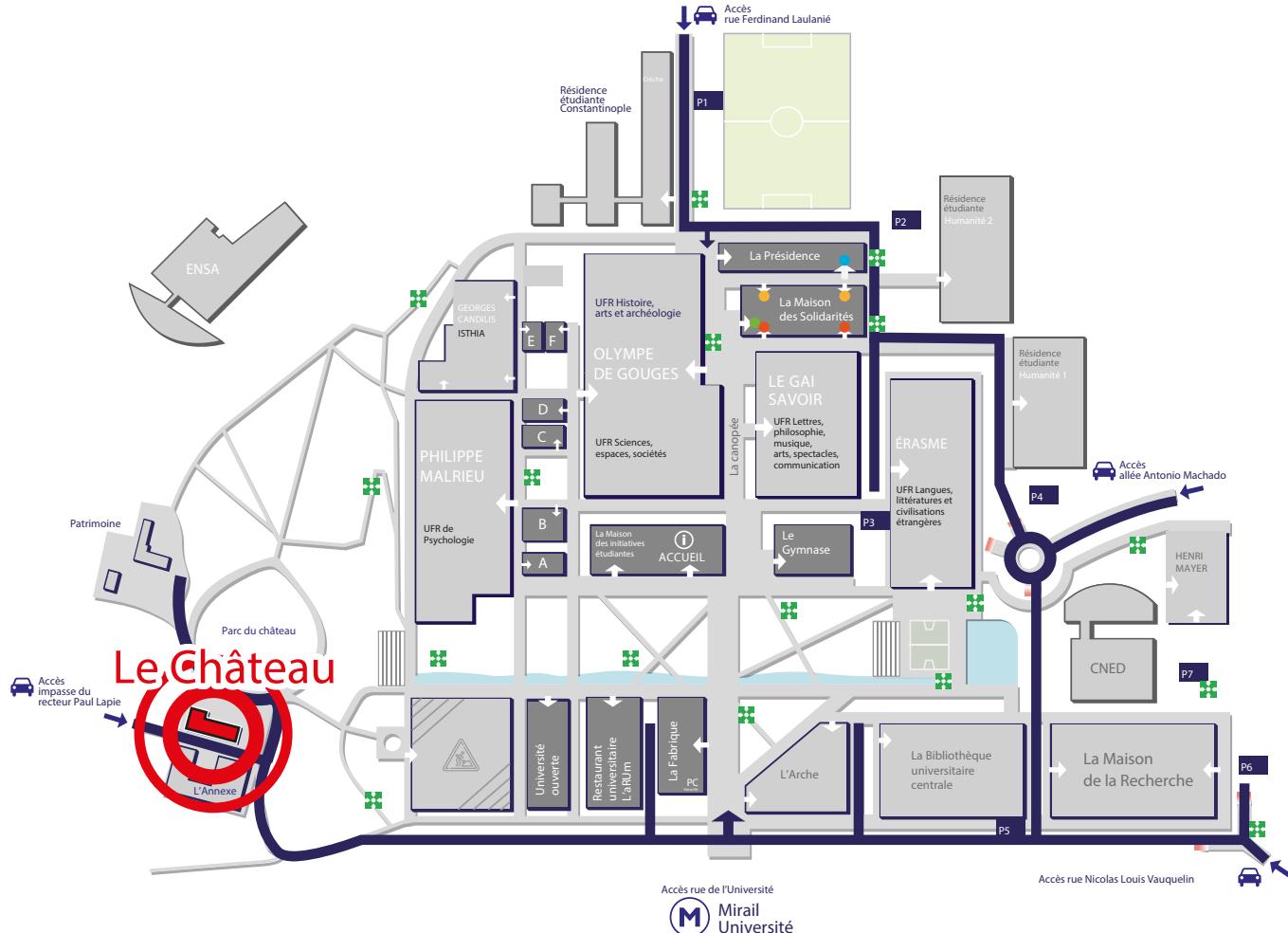
Le mercredi 17 décembre 2025 à 14 h

à l'Université Toulouse - Jean Jaurès

Château de Mirail - 3 Impasse du recteur Paul Lapie

(métro ligne A Mirail-Université)

Lien de la visio-conférence : <https://karstesien.fr/lien-soutenance.html>



La soutenance sera suivie d'un pot et d'un moment d'échange sur site.

Nous espérons vous voir nombreux.