



HAL
open science

Analyse des charbons de bois archéologiques de la séquence Later Stone Age du site préhistorique de Bushman Rock Shelter, Limpopo, South Africa : du terrain au travail de laboratoire

Elysandre Puech

► **To cite this version:**

Elysandre Puech. Analyse des charbons de bois archéologiques de la séquence Later Stone Age du site préhistorique de Bushman Rock Shelter, Limpopo, South Africa : du terrain au travail de laboratoire. ANTIPODES - Annales de la Fondation Martine Aublet, 2021, 10.48728/antipodes.211102. hal-03467509

HAL Id: hal-03467509

<https://hal.science/hal-03467509v1>

Submitted on 17 Dec 2021

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.

Analyse des charbons de bois archéologiques de la séquence Later Stone Age du site préhistorique de Bushman Rock Shelter, Limpopo, South Africa : du terrain au travail de laboratoire

Analysis of archaeological charcoals from the Later Stone Age sequence of the Prehistoric site of Bushman Rock Shelter, Limpopo, South Africa: From the field to the laboratory work

27 novembre 2021

Auteur

E. Puech

Université Côte D'Azur, CNRS, CEPAM, UMR 7264, 06300, Nice, France & Evolutionary Studies Institute, University of the Witwatersrand, Johannesburg, 2050, South Africa

elysandre.puech@cepam.cnrs.fr

<https://orcid.org/0000-0003-1247-3289>

Type de publication

Article original

Lien DOI

<https://doi.org/10.48728/antipodes.211102>

Citer cet article

E. Puech. Analyse des charbons de bois archéologiques de la séquence Later Stone Age du site préhistorique de Bushman Rock Shelter, Limpopo, South Africa : du terrain au travail de laboratoire. *Antipodes, Annales de la Fondation Martine Aublet*. 27 novembre 2021.

<https://doi.org/10.48728/antipodes.211102>

RESUME / ABSTRACT

Ce projet doctoral porte sur la première étude des restes de charbons de bois préservés sur le site de Bushman Rock Shelter (Limpopo, Afrique du Sud) et datés de la période préhistorique du Later Stone Age. Le site préserve une des rares archives terrestres de la transition de la fin Pléistocène - début Holocène, une période climatiquement critique et peu comprise en Afrique australe. Les restes de charbons y sont particulièrement bien préservés et abondants, offrant l'opportunité de documenter à la fois les changements de la végétation ligneuse autour du site, ainsi que les stratégies de gestion du combustible bois par les groupes humains qui ont occupé l'abri à cette période. Après une présentation succincte du site et des enjeux du projet, cet article se propose de décrire la démarche méthodologique adoptée pour la réalisation de l'étude anthracologique depuis le prélèvement des fragments de charbons pendant la fouille jusqu'à leur analyse en laboratoire. Une attention particulière est mise sur l'importance du matériel moderne de comparaison, de son acquisition et de son utilisation, étapes indispensables à l'identification et à l'interprétation des données archéologiques.

This PhD project focuses on the first charcoal study of the Later Stone Age sequence of the Bushman Rock Shelter site, Limpopo, South Africa. The site preserves one of the rare terrestrial archives of the Late Pleistocene-Holocene transition, a critical still poorly understood period in the southern African region. The abundant and well-preserved charcoal remains of the site offer a unique opportunity to document the past woody vegetation in the vicinity of the site as well as fuelwood management strategies by human groups occupying the shelter at this period. After a brief presentation of the site and the issues involved

in the project, this article describes the methodological approach adopted for the anthracological study, from the collection of charcoal fragments during the excavation to their analysis in the laboratory. Particular attention is paid to the importance of modern comparison material, its acquisition and use, which are essential steps in the identification and interpretation of archaeological data.

MOTS-CLEFS / KEYWORDS

Afrique Australe , Charbons de bois , Chasseurs-cueilleurs , Collections de référence , Gestion du bois de feu , Stratégie de sous-échantillonnage , Structures de combustion , Usage du feu

Combustion features , Fire use , Fuelwood management , Hunter-gatherer , Reference collections , Southern Africa , Sub-sampling strategy , Wood charcoal

TEXTE INTEGRAL

Introduction

Le feu, stimulateur des innovations culturelles en Afrique australe

L'Afrique australe est une région incontournable pour la compréhension de l'évolution biologique et cognitive de notre espèce. L'intensification et la diversification de nouveaux comportements techniques et symboliques à partir de 100 ka BP ont ainsi été révélées par les récentes découvertes archéologiques [1]. L'usage du feu a joué un rôle fondamental dans le développement cognitif complexe des sociétés préhistoriques de la région. En plus de faire partie intégrante de la vie quotidienne des groupes de chasseurs-cueilleurs du passé, par exemple pour la cuisine ou le chauffage, son utilisation témoigne également d'innovations techniques basées sur des traitements thermiques : préparation pour façonnage d'outils, fabrication de colle pour emmanchement, préparation de colorants pour éléments de parure, ou de plantes à but médicinal [2-4]. Le feu, objet social et reflet des capacités techniques et symboliques, est de ce fait considéré comme marqueur d'identité et facteur de transformation sociale. Les charbons de bois, résidus des foyers préhistoriques, sont remarquablement bien conservés dans les sites sud-africains [5]. L'étude de ces restes botaniques, appelée anthracologie, est une discipline connue de la région, mais dont le cadre méthodologique reste encore à développer. Le riche registre disponible de sites archéologiques préservant des charbons, couplé à l'usage des nouveaux outils des sciences bioarchéologiques offrent aujourd'hui l'opportunité à la fois (i) d'évaluer le rôle socio-économique du feu et sa gestion au sein des communautés de chasseurs-cueilleurs préhistoriques et (ii) de contribuer à la reconstruction paléoenvironnementale via l'évolution de la végétation ligneuse dans une région clé pour la compréhension des processus évolutifs et des interactions sociétés/milieus.

Objectifs de recherche

Les occupants du bassin du Limpopo après la dernière glaciation

L'étude du riche assemblage de charbons préservés sur le site préhistorique de Bushman Rock Shelter permet d'explorer ces grandes questions autour du feu. Les restes de charbon, issus de la combustion incomplète du bois, contribuent largement à l'accumulation des dépôts sur le site et sont considérés comme étant principalement, voire exclusivement, d'origine anthropique. L'abri situé dans les terres du bassin du Limpopo, une région peu documentée au profit des sites côtiers, bénéficie depuis 2014 d'un programme international et multidisciplinaire dirigé par G. Porraz, CNRS, et A. Val, Universität Tübingen [6].

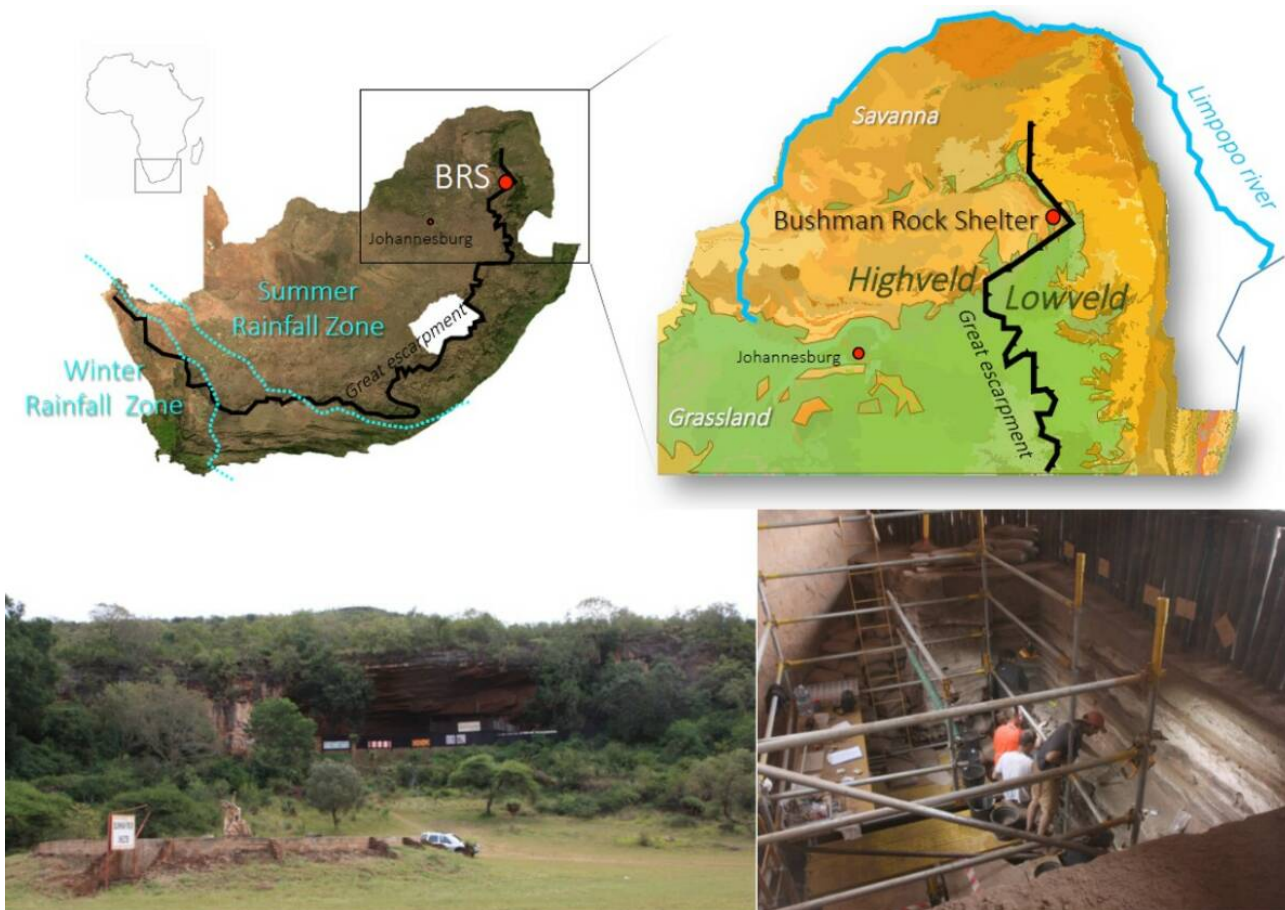


Fig.1 : En haut : location du site de Bushman Rock Shelter avec les zones de précipitation et les biomes. En bas à gauche : vue sud de l'abri. En bas à droite : zone de fouille.

Les charbons sont issus d'une séquence quasi continue et robustement datée comprise entre *ca* -15,7 et -10,7 ka cal BP dont la culture matérielle témoigne d'occupations de la période du Later Stone Age. Longtemps oubliée des problématiques liées à nos origines, cette période charnière atteste des derniers chasseurs-cueilleurs préhistoriques de la région avant l'installation des premiers groupes pastoraux il y a *ca* 2 ka. Cette séquence représente ainsi l'une des rares archives paléoenvironnementales terrestres d'Afrique australe ayant enregistré la période climatique critique de la transition Pléistocène/Holocène avec des occupations humaines qui lui sont associées. En effet, ces groupes humains ont fait face au dernier changement climatique majeur du passé: le passage il y a 11,7 ka cal BP de la dernière glaciation globale de la fin du Pléistocène au climat tempéré de l'Holocène [7]. Si les mécanismes de cette transition sont bien documentés dans l'hémisphère Nord, elle reste encore peu comprise dans cette région de l'hémisphère Sud où les occupations humaines ont évolué dans des milieux écologiques contrastés entre littoral et intérieur des terres. À cet égard, cette première étude anthracologique sur le site revêt un caractère exceptionnel puisqu'elle renseigne un moment clé et peu connu de l'histoire humaine et climatique de la région dont les données respectives sont directement interprétables et corrélables.

Résumé de la méthode

Ce travail de recherche doctorale s'articule autour de deux approches complémentaires :

(i) *Une approche paléoéconomique.* Les charbons concentrés dans des lentilles plus ou moins riches en matière organique (graines, brindilles et os brûlés) assimilés à des structures de combustions (dépôt primaire) témoignent de niveaux d'occupations in situ. Leur étude permet d'appréhender la gestion du bois en tant que combustible depuis sa collecte (territoire d'approvisionnement, choix taxinomique, état physiologique) jusqu'à son usage (propriétés physico-chimiques du combustible, usage symbolique et/ou fonctionnel du foyer).

(ii) *Une approche paléoécologique.* Les charbons dispersés dans les couches cendreuse (dépôt secondaire remobilisé et accumulé sur la longue durée) comportant une plus grande diversité d'espèces ligneuses, apportent une information synthétique reflétant l'évolution de la végétation locale boisée en lien avec les changements environnementaux.

Si cette démarche scientifique est communément adoptée pour répondre aux problématiques des périodes paléolithiques des régions européennes [8], elle requiert de relever des défis méthodologiques majeurs en Afrique australe où la grande diversité des espèces ligneuses (>950 espèces d'arbres et arbustes indigènes des savanes et des prairies dans la zone d'étude) complexifie le processus d'identification des taxons présents dans l'assemblage [9]. En Afrique australe, le potentiel des charbons archéologiques comme outil de reconstruction de la végétation ligneuse passée a été exploité pour la première fois à Boomplaas Cave [10]. Depuis, encore trop peu d'analyses anthracologiques en contexte préhistorique ont contribué aux études paléoenvironnementales de la région [11-12]. L'originalité de ce travail de recherche réside ainsi dans la mise en place d'un cadre méthodologique standardisé assurant l'intégrité des résultats et leur reproductibilité pour de futures études dans une région où le potentiel reste encore à exploiter.

L'acquisition des données de terrain

L'assemblage des charbons archéologiques

Les charbons de bois préservés dans la stratigraphie ont été systématiquement prélevés par tamisage à sec de maille 3 mm des sédiments fouillés lors des campagnes de fouille entre 2015 et 2018. Leurs récoltes s'effectuent par *décapage*, sous-carré et unité stratigraphique à l'instar des autres vestiges archéologiques [6,13]. Les vestiges archéologiques issus de la fouille de Bushman Rock Shelter sont stockés à l'Evolutionary Studies Institute à l'Université de Witwatersrand. Un permis d'exportation a été obtenu pour les charbons archéologiques pour en effectuer les analyses au CEPAM à l'université Côte d'Azur.

Collecte de bois modernes pour collection de comparaison

La structure anatomique du bois, caractéristique des essences, est préservée après carbonisation et les taxons peuvent être identifiés au microscope à lumière réfléchiée. L'identification taxinomique des charbons de bois constitue une étape inhérente à toute analyse anthracologique, mais peut s'avérer extrêmement difficile dans cette partie du monde, très riche en espèces ligneuses, qui se caractérisent par la grande similarité anatomique inter spécifique au sein des familles ou des genres. Les divers régimes climatiques et reliefs qui caractérisent la région contribuent également à la grande variabilité intra spécifique de l'anatomie du bois qui est intrinsèquement liée aux conditions écologiques de croissance de l'arbre. Par conséquent, la précision de l'identification et leur interprétation pour la reconstruction de la végétation ligneuse passée dépendent du degré de connaissance de l'anatomie des taxons et de l'écologie de la végétation actuelle [14].

La création d'une collection de bois de référence des espèces indigènes est indispensable pour assurer la fiabilité des identifications taxinomiques des charbons archéologiques. Des collections de référence modernes sur les charbons de bois existent pour l'Afrique australe mais sont souvent spécifiques à des zones géographiques relativement limitées et ne sont pas systématiquement publiées et/ou disponibles pour consultation [e.g.15].

Pour mener à bien ce projet, une prospection importante de la végétation environnante du site de Bushman Rock Shelter a ainsi été réalisée sur la base des descriptions détaillées des « types de végétation » de savane et de prairie [16] présents, afin d'identifier les espèces importantes qui devraient être intégrées pour compléter la collection de comparaison de bois de référence disponible à l'université de Witwatersrand.

56 espèces de branches de bois sélectionnées provenant de différents arbres et arbustes ont été échantillonnées en novembre 2018.



Fig.2 : Échantillonnage de bois moderne pendant une mission de terrain autour du site archéologique (E. Puech).

Ensuite, 9 autres bois ont été échantillonnés à côté du site archéologique d'Olieboomspoor près de Lephalele dans le biome de la savane en octobre 2019. En outre, d'autres bois modernes des environs de la BRS (échantillonnés précédemment par C. Sievers et M. Murungi à d'autres fins botaniques) ont également été ajoutés à la collection. Des échantillons de référence comme des feuilles, des graines et/ou des fruits et des fleurs de chacun des spécimens ont été systématiquement collectés pour en garantir l'identification, grâce à l'expertise des botanistes R. Reedy et K. Balkwill au Wits C.E. Moss Herbarium de l'université de Witwatersrand.

Visites des collections de bois et charbons de référence

Toujours dans l'optique de compléter les taxons qui présenteraient un intérêt écologique pour la zone d'étude, des xylothèques européennes possédant des bois de l'Afrique australe ont également été contactés. Des collaborations avec différents laboratoires de recherche possédant des xylothèques de bois d'Afrique australe ont permis également d'enrichir le corpus des référentiels. Accueillies par l'anatomiste du bois P. Langbour pour consulter la xylothèque des bois tropicaux du Cirad, Unité de Recherche BioWooEB, à Montpellier en novembre 2019, 25 nouvelles essences ont pu être décrites et photographiées [17]. La collection de charbons de référence de Namibie [18] et des bois tropicaux d'Afrique (>100 essences avec descriptions et photographies) du département d'archéobotanique africaniste de l'Université de Goethe à Francfort a également pu être observée au cours d'un séjour en juillet 2021 sous la supervision des anthracologues K. Neumann et A. Höhn.

L'acquisition des données en laboratoire

Constitution de la collection de bois de référence

Après avoir été séchés, les spécimens de bois récoltés ont été pesés et mesurés avant et après la combustion afin de comparer par espèce l'effet de la carbonisation sur la réduction du bois. Ils ont été carbonisés dans un four à moufle LENTON 0861, disponible à l'Evolutionary Studies Institute, pendant 3 heures à 500 °C. Ensuite ils ont été examinés selon les trois dimensions du bois, transversale, longitudinale et tangentielle, pour une observation standard au microscope optique à lumière réfléchiée et aux grossissements de 100x, 200x et 500x [19]. Environ 150 caractères anatomiques du bois ont été systématiquement décrits pour chaque spécimen selon la liste de l'Association Internationale des Anatomistes du Bois (IAWA) [20] et ont été photographiés à l'aide du logiciel d'analyse d'images associé au microscope.

Standardisation des caractères anatomiques : clés d'identification et atlas des bois d'Afrique australe

Il n'existe actuellement pas d'atlas ou de clé d'identification anatomique exhaustive des bois pour la zone d'étude. Cette étude s'appuie donc sur la littérature disponible mais disparate et sur quelques atlas publiés pour le Sahara, l'Afrique de l'Ouest, australe et centrale [e.g.12] [18,21], sur la base de données en ligne « Inside Wood » [22] ainsi que la collection de charbons de référence disponible à l'université de Witwatersrand à Johannesburg. Il s'est alors imposé de réunir dans une même base de données les différentes descriptions et photomicrographies de bois extraites des publications, des collections consultées ainsi que de la collection réalisée pour cette recherche. Accompagnée d'un atlas photographique détaillé, cette base permettra de constituer une clé d'identification numérique des bois de la région à l'instar de celle publiée pour la Guyane française [23] à l'aide du logiciel libre Xper2® dédié à la classification taxinomique.

Protocole de sous-échantillonnage : représentativité et estimation de la diversité et de la fragmentation taxinomique

Une fonction mathématique a permis d'estimer le nombre de fragments préservés à plus de 100 000 répartis sur 267 décapages fouillés de 40 cm x 50 cm de surface et représenté par 26 unités stratigraphiques. Compte tenu du nombre particulièrement élevé de charbons de bois préservés, un protocole de sous-échantillonnage a été établi pour s'adapter aux particularités de conservation de l'Afrique australe et permettre d'atteindre les objectifs de recherche. Pour amorcer cette démarche, une revue de la littérature a permis d'établir une liste exhaustive des études anthracologiques antérieures réalisées dans la région de l'Afrique australe et régulièrement mise à jour. Une classification détaillée des différentes méthodes publiées pour l'étude des charbons de bois en fonction de la provenance géographique, de l'âge de dépôt, de la période culturelle associée, de leur abondance, de leur conservation, etc. a également été répertoriée. Il en est ressorti le besoin de proposer une méthode reproductible pour chaque unité analysée mais également transposable à d'autres sites permettant d'évaluer si la richesse et la fragmentation taxinomique de l'échantillon analysé reflète adéquatement celles de l'assemblage total.

Pour la première fois mis en place dans une étude anthracologique dans la région, ce protocole se propose d'évaluer et de limiter les biais de représentativité de l'échantillon analysé, permettant d'obtenir une taille d'échantillon raisonnable, représentative de l'assemblage total et statistiquement significative.

Deux unités stratigraphiques "test" ont été choisies pour évaluer la pertinence de la méthode à adopter pour l'ensemble de la séquence. Ces unités ont été identifiées comme des couches dites " synthétiques ", résultant d'un processus dépositionnel accumulé sur du long terme, difficilement attribuable à des activités spécifiques. Les fragments de charbon de bois contenus dans ces unités ont été triés, pesés et comptés par classe de taille. La classe de taille, la diversité, la spatialité et la fragmentation interspécifiques ont été discutées. Ainsi, les résultats de cette étude préconisent d'analyser les charbons de Bushman Rock Shelter selon 3 classes de taille < 5 mm, [5 ; 10 [mm et ≥ 10 mm afin d'observer la fragmentation différentielle des taxons. Une résolution à l'unité stratigraphique est suffisante pour rendre compte des changements de la végétation ligneuse au sein de la stratigraphie. Un minimum de 500 fragments par couche est recommandé pour assurer la représentativité de l'assemblage totale. Enfin, il est proposé de présenter les courbes de saturation en échelle logarithmique pour une meilleure visualisation de la représentativité de la richesse spécifique dans la couche étudiée [24].

Progression de l'analyse anthracologique

Ces aspects méthodologiques indispensables à la réalisation de cette thèse permettent d'avancer en parallèle l'identification taxinomique des charbons au laboratoire du CEPAM. Pour une identification en routine, les fragments de charbons issus de l'assemblage archéologique de Bushman Rock Shelter sont observés à l'aide d'un microscope optique à lumière réfléchi. Quand celles-ci sont présentes, les signatures anatomiques issues de la dégradation du bois (ex. attaques fongiques) ou dendrométriques informant sur l'état du bois mis au feu (ex. fentes de retrait) sont systématiquement relevées. Cette analyse, dite taphonomique, renseigne sur les processus post- et ante-combustion et apporte des informations précieuses sur les pratiques de la collecte du bois (abattage vs ramassage, calibre du bois, etc.). La description exhaustive et à fort grossissement de leurs caractères anatomiques, est rendue possible grâce à l'utilisation d'un microscope électronique à balayage (MEB) disponible au CCMA du campus de Valrose de l'Université Côte d'Azur.

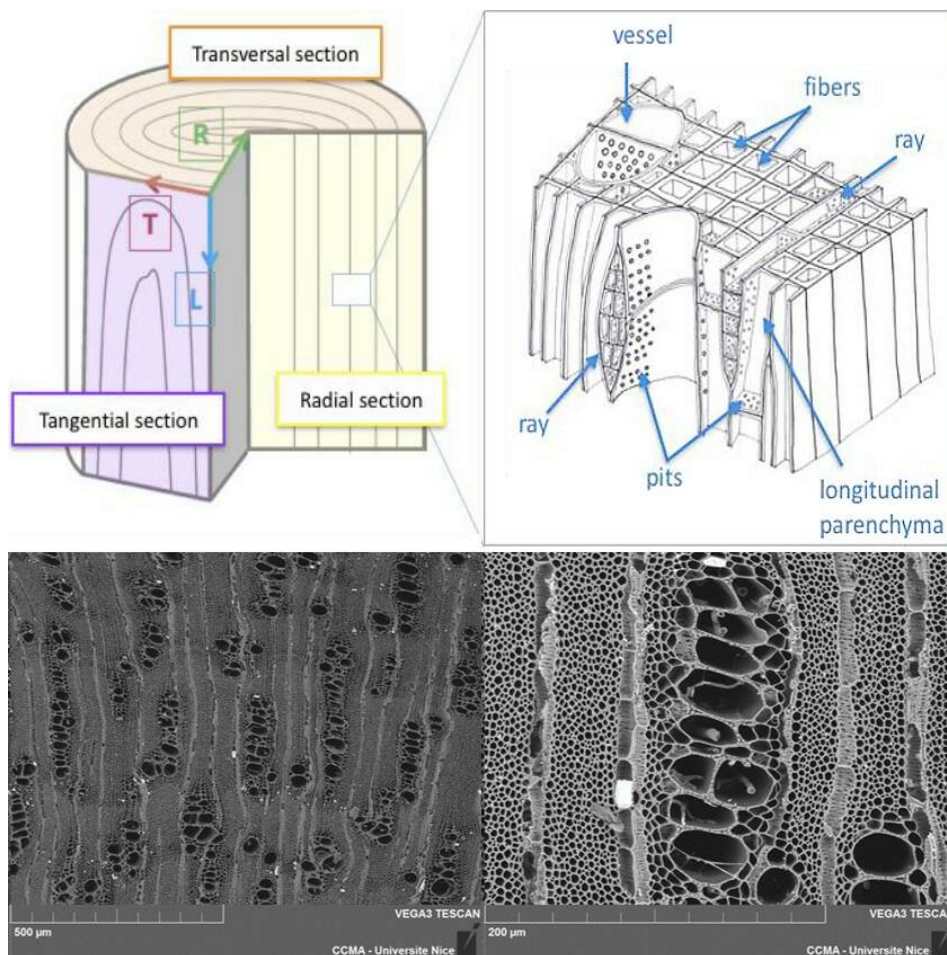


Fig.3 : En haut : schéma tridimensionnel de la structure anatomique d'un bois d'angiosperme (d'après Trouy, 2015). En bas : image au microscope électronique à balayage d'une coupe transversale d'un charbon archéologique de *Boscia* sp.

Enfin les résultats sont soumis à des tests statistiques pour en garantir une interprétation robuste et sont confrontés aux autres données environnementales et culturelles disponibles pour la région et la période étudiée. En l'état actuel, quatre unités stratigraphiques et cinq structures associées à des activités de combustion ont été analysées. Cela représente plus de 2 500 fragments identifiables répartis sur une trentaine de « types » anatomiques de charbons archéologiques individualisés, correspondant chacun à un ou plusieurs taxons. Ces « types », actuellement en cours de description et d'identification, sont principalement représentés par des mimosoïdés (la grande famille des acacias), des Astéracées (*Brachylaena* sp. principalement), des Anacardiées (marula et *Searsia* sp.) mais aussi *Boscia* sp., *Olea europea sbsp africana*, ou encore *Ziziphus* sp. Les descriptions des « types » archéologiques de charbons identifiés sur le site de Bushman Rock Shelter seront publiées afin de discuter et d'argumenter les identifications proposées au regard de la littérature et des collections disponibles pour la région. Déjà proposées dans d'autres régions du continent au Cameroun et au Congo [14,25], elles permettront de poser un regard critique sur le processus d'identification des charbons dans cette région riche en espèces ligneuses. Ces travaux méthodologiques auront vocation à servir de base à l'interprétation des spectres de fréquences des essences identifiées le long de la séquence de Bushman Rock Shelter qui sera présentée dans une synthèse sur l'évolution de la végétation ligneuse et du climat associé à la transition Pléistocène/Holocène autour du site.

Remerciements

Cette recherche doctorale est réalisée dans le cadre d'une cotutelle internationale entre l'université Côte d'Azur à Nice et l'université Witwatersrand à Johannesburg sous la supervision d'I. Théry et de M. Bamford. Ce doctorat ne bénéficie pas de contrat doctoral ou de financement sur trois ans. Le travail de terrain en Afrique du Sud a reçu une subvention de la Fondation Martine Aublet (Paris, France) pour l'année universitaire 2018-2019 ainsi que d'une Aide à la Mobilité Internationale de l'Institut français en Afrique du Sud (IfAS-Recherche) en septembre et octobre 2019. L'une des missions à Johannesburg fut consacrée à la co-organisation d'un workshop international "Around the fire. Fire and its uses, from MSA to LSA in South Africa: palaeoenvironments, fuel management, heat treatments and symbolic use of fire" en collaboration avec l'IfAS-Recherche en septembre 2019. Les visites des différentes xylothèques ont été rendues possibles grâce à une

aide à la mobilité pour la mise en place de nouvelles collaborations financée par l'Académie 5 de l'université Côte d'Azur.

Références

- [1] Wurz S. Human Evolution, Archaeology and the South African Stone Age Landscape During the Last 100,000 Years. In: *Knight, J., Rogerson, C.M. (Eds.), The Geography of South Africa: Contemporary Changes and New Directions, World Regional Geography Book Series. Springer International Publishing, Cham; 2019, pp. 125-132.* https://doi.org/10.1007/978-3-319-94974-1_13
- [2] Wadley L. Recognizing complex cognition through innovative technology in Stone Age and Palaeolithic sites. *Cambridge Archaeological Journal* 2013; 23(2): pp. 163-183.
- [3] Wadley L. What Stimulated Rapid, Cumulative Innovation After 100,000 Years Ago? *J Archaeol Method Theory* 2021; 28: pp. 120-141.
- [4] Stockton ED. Reflections around the campfire. *Artefact (The Melbourne)* 1981; 6: pp. 3-16.
- [5] Mentzer SM. Microarchaeological Approaches to the Identification and Interpretation of Combustion Features in Prehistoric Archaeological Sites. *J Archaeol Method Theory* 2014; 21: pp. 616-668. <https://doi.org/10.1007/s10816-012-9163-2>
- [6] Porraz G, Val A, Dayet L, De La Peña P, Douze K, Miller CE, Murungi ML, Tribolo C, Schmid VC, Sievers C. Bushman Rock Shelter (Limpopo, South Africa): A perspective from the edge of the highveld. *The South African Archaeological Bulletin* 2015; 70: pp. 166-179.
- [7] Fitchett J, Grab S, Bamford M, Mackay A. Late Quaternary research in southern Africa: progress, challenges and future trajectories. *Trans. of the Royal Soc. of S.A.* 2017; 72(3): pp. 280-293.
- [8] Théry-Parisot I. *Economie des combustibles au paléolithique: expérimentation, taphonomie, anthracologie.* CNRS ; 2001 (No. 20).
- [9] Schmidt E, Lotter M, McClelland W. *Trees and shrubs of Mpumalanga and Kruger national park.* Johannesburg: Jacana Media ; 2002.
- [10] Deacon HJ, Scholtz A, Daitz LD. Fossil charcoals as a source of palaeoecological information in the Fynbos region. Fynbos palaeoecology: a preliminary synthesis. *South African National Scientific Programmes Report* 1983, pp. 174-82.
- [11] Allott L.F. *Palaeoenvironments of the Middle Stone Age at Sibudu Cave, KwaZulu-Natal, South Africa: An analysis of archaeological charcoal* (PhD Thesis); 2006.
- [12] Chikumbirike J. *Archaeological and palaeoecological implications of charcoal assemblages dated to the Holocene from Great Zimbabwe and its hinterland* (PhD Thesis); 2014.
- [13] Puech E. Gestion du bois et paléoenvironnements à la transition Pléistocène / Holocène dans le bassin sud du Limpopo. Les chasseurs-cueilleurs du Later Stone Age du site de Bushman Rock Shelter. In : *Carnets de terrain - IFAS-Recherche Field notes, Lesedi #21* ; 2019, pp.48-50. (<http://www.ifas.org.za/research/2019/lesedi-21-july-2019/>)
- [14] Höhn, A, Neumann K. Charcoal identification in a species-rich environment: The example of Dibamba, Cameroon. *IAWA Journal* 2018; 39: pp. 87-547. <https://doi.org/10.1163/22941932-20170195>
- [15] Krumholtz CP. *'n Studie van die houtanatonomie van die vernaamste houtsoorte van Suid-Afrika en 'n sleutel vir hul mikroskopiese uitkenning* (Thesis). Stellenbosch University; 1977.
- [16] Mucina L, Rutherford MC. *The vegetation of South Africa, Lesotho and Swaziland.* South African National Biodiversity Institute; 2006.
- [17] Langbour P, Paradis S, Thibaut B. Description of the Cirad wood collection in Montpellier, France, representing eight thousand identified species. *Bois & Forêts Des Tropiques* 2019; 339: pp. 7-16.
- [18] Eichhorn B. *Anthrakologische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte des Kaokolandes, Nordwest-Namibia.* PhD-Thesis. University of Cologne; 2002.

- [19] Loney L, Casteel RW. Simplified procedure for examining charcoal specimens for identification. *Journal of Archaeological Science* 1975; 2: pp.153–159. [https://doi.org/10.1016/0305-4403\(75\)90035-7](https://doi.org/10.1016/0305-4403(75)90035-7)
- [20] Wheeler EA, Baas P, Gasson PE. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Journal* 1989.
- [21] Neumann K, Schoch W, Détienne P, Schweingruber FH. *Woods of the Sahara and the Sahel: an anatomical atlas*. Haupt; 2000.
- [22] InsideWood, 2004 onward. Published on the Internet <http://insidewood.lib.ncsu.edu/search>
- [23] Bodin SC, Scheel-Ybert R, Beauchêne J, Molino JF, Bremond L. CharKey: An electronic identification key for wood charcoals of French Guiana. *IAWA Journal* 2019; 40: pp. 75–520.
- [24] Puech E, Bamford M, Porraz G, Val A, Théry-Parisot I. Evaluating sampling methods in charcoal-rich layers and high diversity environment: a case study from the Later Stone Age of Bushman Rock Shelter, South Africa. *Quaternary International* 2021; 593: pp. 36-49.
- [25] Hubau W, Van den Bulcke J, Kitin P, Mees F, Van Acker J, Beeckman H. Charcoal identification in species-rich biomes: a protocol for Central Africa optimised for the Mayumbe forest. *Review of Palaeobotany and Palynology* 2012; 171: pp. 164-178.
-