



HAL
open science

Le karst comme patrimoine à valoriser et source de risques dans le Tadla-Azilal (Maroc)

Aude Nuscia Taïbi, Toufik Ait Omar, Yahia El Khalki, Mustapha El Hannani

► **To cite this version:**

Aude Nuscia Taïbi, Toufik Ait Omar, Yahia El Khalki, Mustapha El Hannani. Le karst comme patrimoine à valoriser et source de risques dans le Tadla-Azilal (Maroc). F. Cravidao; N. Santos; L. Dimuccio; R. Jacinto. Natureza, ambiente et territorio. Homenagem a Lúcio Cunha, Imprensa da Universidade de Coimbra, pp.447-456, 2026, 9789892627823. <hal-05552949>

HAL Id: hal-05552949

<https://hal.science/hal-05552949v1>

Submitted on 23 Mar 2026

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.



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0 - Attribution - Non-commercial use - No Derivative Works - International License

NATUREZA, AMBIENTE E TERRITÓRIO

HOMENAGEM A LÚCIO CUNHA

FERNANDA CRAVIDÃO
NORBERTO SANTOS
LUCA DIMUCCIO
PAULO NOSSA
RUI JACINTO
COORD

Natureza, Ambiente e Território é um livro de Homenagem a Lúcio Cunha, geógrafo, docente e investigador da Universidade de Coimbra recentemente jubilado. Reúne 81 textos de autores com diferentes formações académicas, de geografias diversas e de múltiplos quadrantes científicos-geografia física, ambiente, paisagem, turismo entre outros- A diversidade destes textos está retratada nos capítulos que organizam este livro: Testemunhos. Pessoas. Afetos/ Dialogo Interdisciplinar/Dialogo com a Geografia do Brasil / Geografias...Humana / Geologia – Geomorfologia / Carso / Riscos Naturais / Paisagem, Geopatrimónio / Turismo.

Estes textos testemunham, também, o percurso de Lúcio Cunha ao longo de quase 45 anos de vida académica plena de mérito, de excelência e de diálogos com outros. Diálogos com outras áreas científicas promovendo novas redes de reflexão cruzando múltiplos olhares, que em muito enriqueceram a Geografia portuguesa.

EDIÇÃO

Imprensa da Universidade de Coimbra
Email: imprensa@uc.pt
URL: <https://www.uc.pt/imprensa>
Vendas online: <https://livrariadaimprensa.uc.pt>

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Imprensa da Universidade de Coimbra

CONCEÇÃO GRÁFICA

Imprensa da Universidade de Coimbra

IMAGEM DA CAPA

Francisco Oliveira

INFOGRAFIA

Tiago Serafino

EXECUÇÃO GRÁFICA

KDP

ISBN

978-989-26-2782-3

ISBN DIGITAL

978-989-26-2783-0

DOI

<https://doi.org/10.14195/978-989-26-2783-0>

DEPÓSITO LEGAL

560659/26



Esta investigação teve o apoio do Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território (CEGOT), financiado por fundos nacionais, através da Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), com a referência UIDB/04084/2025.

© FEVEREIRO 2026, IMPRENSA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA

**LE KARST COMME PATRIMOINE A VALORISER ET
SOURCE DE RISQUES DANS LE TADLA-AZILAL
(MAROC)**

Aude Nuscia Taïbi

UMR ESO 6590 CNRS, Université d'Angers, France

Toufik Aït Omar

Laboratoire Dynamique des Paysages, Risques et Patrimoines, Université Sultan Moulay Slimane de Beni
Mellal, Maroc

Yahia El Khalki

Laboratoire Dynamique des Paysages, Risques et Patrimoines, Université Sultan Moulay Slimane de Beni
Mellal, Maroc

Mustapha El Hannani

UMR ESO 6590 CNRS, Université d'Angers, France

Territoire de forts contrastes géographiques, la région Tadla-Azilal (aujourd'hui région Beni Mellal-Khenifra) localisée dans le centre du Maroc, se décompose en trois unités complémentaires ; la plaine du Tadla au nord, la montagne atlasique au sud, et le piémont, considéré ici comme le vrai Dir, séparant ces deux entités (Fig.1).

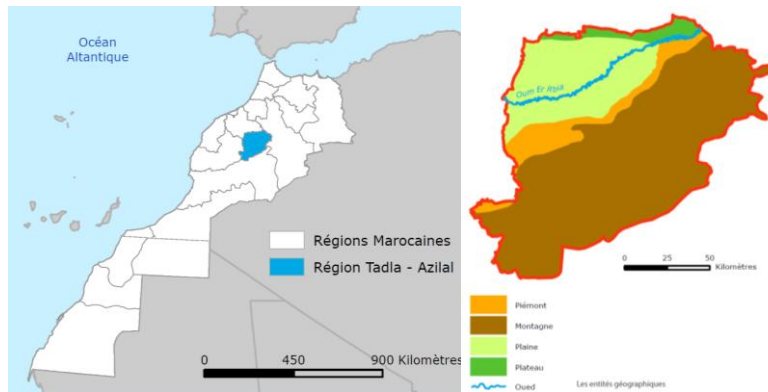


Figure 1 - La région Tadla-Azilal au Maroc et les trois unités géographiques

En raison de sa situation au cœur de la chaîne atlasique (Moyen Atlas méridional et Haut Atlas central), ce territoire se caractérise par des structures géologiques très spécifiques à dominante calcaire (Fig. 2 et 3), avec notamment des formes et formations karstiques de surface comme de profondeur, qui marquent le paysage composé de dolines, de combes, de cluses, de lapiés, de canyons, de grottes, de résurgences et de vallées sèches, de travertins, etc. (Fig. 4).

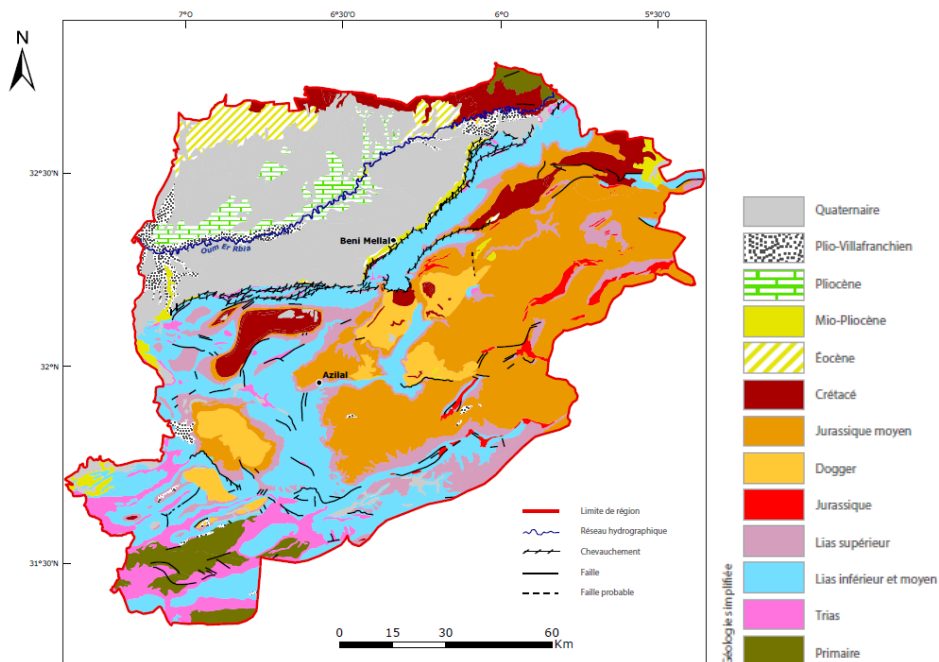


Figure 2 - Géologie simplifiée du Tadla-Azilal. (Source : Taïbi et al., 2015)

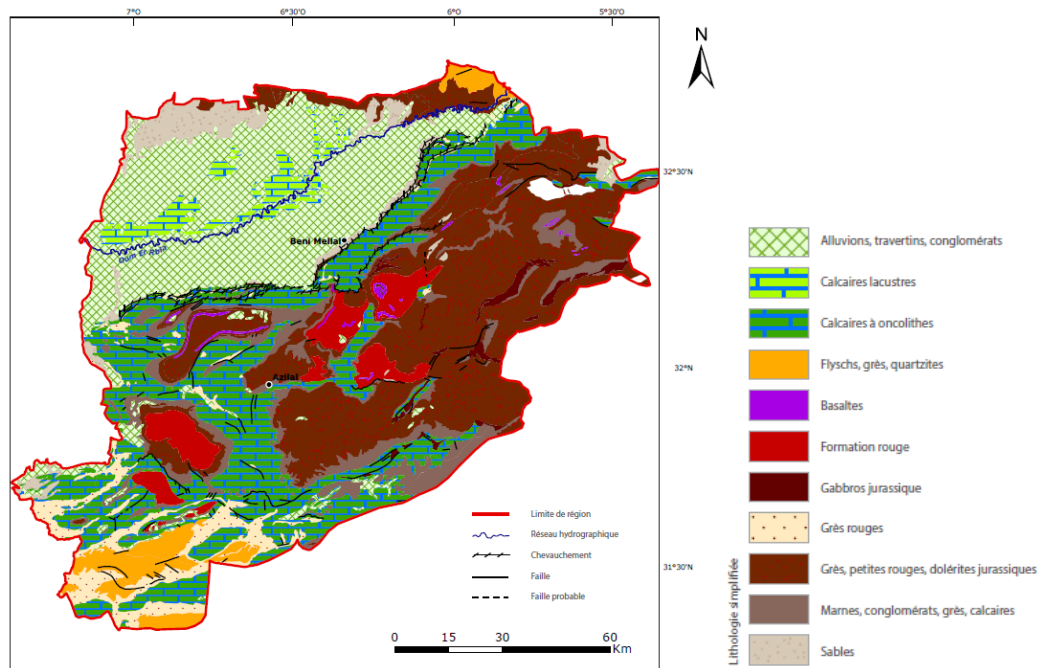


Figure 3 - Lithologie simplifiée du Tadla-Azilal. (Source : Taïbi et al., 2015)

Le karst dans la région de Tadla-Azilal est en effet très développé et concerne les calcaires et dolomies du Lias inférieur et moyen ainsi que les calcaires du Jurassique moyen et du Turonien (synclinaux d'Aït Attab, Ouaouizeght). L'extension de ces ensembles karstiques varie de quelques kilomètres carrés à environ 365 km² pour le système le plus important, celui de Aïn Asserdoune. Certains ensembles comme au niveau du Jbel Rat par exemple, sont constitués d'un seul système, d'autres, comme le plateau d'Aït Abdi, ou celui d'El Hounet, etc., d'un nombre important de petits systèmes. Ce fractionnement est en général bien expliqué par les conditions géologiques (faible extension de l'ensemble carbonaté, forte intensité de la tectonique), mais aussi par les variations du niveau de base, responsables de la création de nombreux réseaux de conduits karstiques plus ou moins superposés, comme c'est le cas des systèmes karstiques de haute montagne.

La structure géologique de l'Atlas, ces systèmes karstiques et les aquifères associés contribuent de manière remarquable à la pérennité et au soutien des étiages des rivières atlasiques soumises aux contraintes climatiques méditerranéennes.

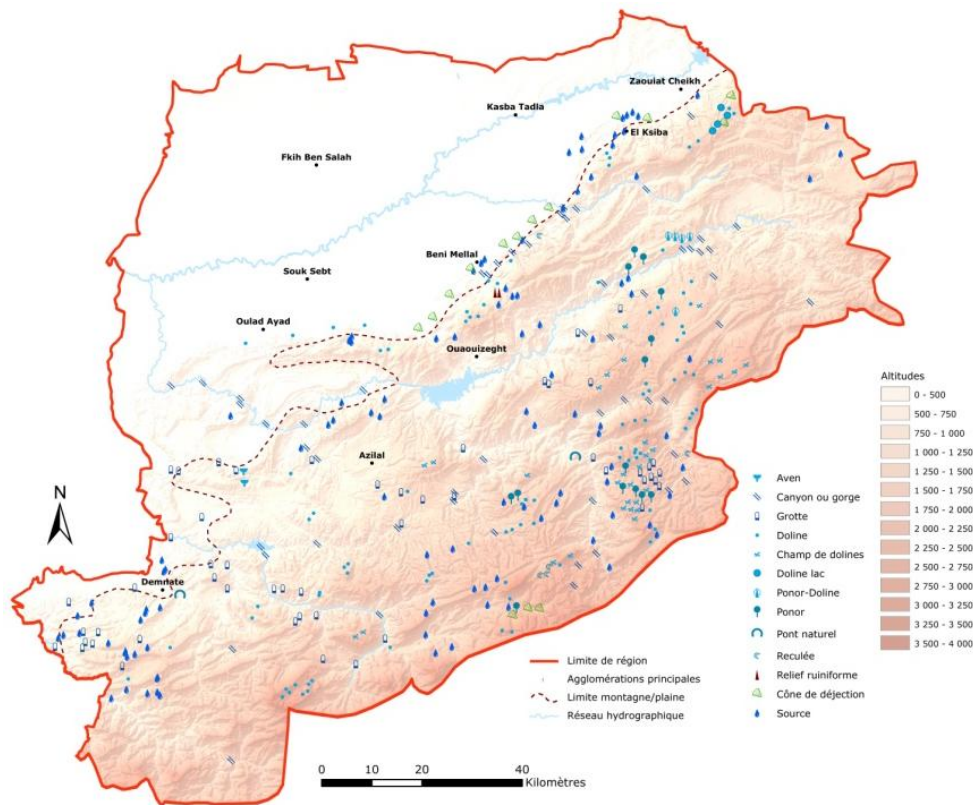


Figure 4 - Le patrimoine géomorphologique karstique du Tadla-Azilal (Source : Taïbi et al., 2015)

Ils alimentent également un chapelet de sources qui jaillissent le long de la faille chevauchante du Tadla, tout le long du Dir (piémont). La plus puissante d'entre elles, Aïn Asserdoune (Débit moyen interannuel de $1.1 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$) alimentant la ville de Beni Mellal, exutoire principal de l'aquifère liasique, est caractérisée par un régime simple, pluvial, avec deux périodes hydrologiques bien marquées (hautes eaux de février à juin et basses eaux dès la fin de l'été) (Hakim, 1982 ; Bouchaou, 1997).

Ces sources ont favorisé le développement de travertins, formations carbonatées externes issues de la précipitation des carbonates contenus dans des eaux karstiques au contact de bio-organismes incrustants, grâce à des eaux abondantes, régulières, saturées en carbonates de calcium (CaCO_3), un couvert végétal et pédologique suffisamment dense et une ripisylve bien développée dans leur environnement immédiat (production du CO_2). On les trouve donc tout le long du dir, c'est-à-dire juste au pied de la montagne atlasique, à Beni Mellal, Ghorm Laalam, Zaouit Cheikh, etc. ((Hakim, 1982 ; Bouchaou, 1995 ; El Khalki et Hafid, 2002).

Le patrimoine karstique comme ressource territoriale

La région de Tadla-Azilal héberge une grande variété de géomorphosites, paysages splendides et de haute valeur patrimoniale, et c'est notamment cette richesse en géomorphosites karstiques, ainsi que les traces de pas de dinosaures sauropodes et théropodes d'Aït Blal, des Aït Bouguemaz, de Bin El Ouidane et d'Iouariden, qui explique le classement d'une grande partie de cette région au niveau national et international en géoparc M'Goun (Aït Omar, 2021). C'est d'ailleurs avec la création de ce géoparc M'Goun en 2004, qu'à réellement commencé la préoccupation pour les géopatrimoines au Maroc.

Ce géoparc a été constitué autour de ce patrimoine géologique et géomorphologique particulier, que ce soit pour son intérêt scientifique, pour sa rareté ou encore pour sa valeur pédagogique. Les géomorphosites de tailles diverses, témoins de l'histoire de la Terre et de la vie ainsi que de l'évolution des paysages, sont complétés par des sites de valeur écologique, archéologique, historique ou culturels.

Le patrimoine ainsi mis en valeur, faisant de ce territoire un espace attractif pour sa grande beauté et dépaysant, doit servir le développement économique régional, dans une perspective de développement durable, par le biais du géo-tourisme par exemple.

Bien que peu reconnu, même si certains sites font l'objet depuis longtemps d'une fréquentation touristique intense aux cascades d'Ozoud, au pont d'Imi N'Ifri ou à Aïn Asserdoune, le karst et les formes et formations spectaculaires qu'il crée, sont des éléments majeurs de ce patrimoine géomorphologique, dont la valeur peut être évaluée par une méthodologie simple et systématique qui considère la valeur scientifique comme étant une base principale associée à plusieurs valeurs additionnelles, qui, toutes ensemble, ont le même poids que la première (Aït Omar et al, 2019). La valeur scientifique s'appuie sur des critères d'intégrité, de représentativité, de rareté et la valeur paléogéographique. Elle est complétée par des valeurs écologiques, esthétiques et socio-culturelles ainsi que des critères liés aux potentialités d'usage des géomorphosites (Activité économique, accessibilité, infrastructure touristique et sécurité du site) (Aït Omar et al, 2019).

Cette méthode appliquée à deux géomorphosites d'Aïn Asserdoune et du Canyon de Moudj représentatifs de la géomorphologie de la moyenne montagne de Béni Mellal, a montré une valeur géomorphologique globale relativement importante pour ces deux sites (0,54 pour Aïn Asserdoune et 0.53 pour le canyon de Moudj), bien que le premier soit totalement dénaturé par les aménagements (faible intégrité), ce qui n'est pas le cas du second, intact. Cependant, le site de Aïn Asserdoune est caractérisé par de fortes valeurs

économiques, esthétiques et historiques et artistiques, et dispose d'une très bonne accessibilité et d'infrastructures (Aït Omar et al, 2020). Paradoxalement, ces atouts sont aussi ses faiblesses, le site étant soumis à une pression intense du fait de sa surfréquentation. Le canyon de Moudj, malgré son intérêt écologique remarquable (Habitat pour les singes magots), propose quant à lui une valeur socio-culturelle très faible (Aït Omar, 2021).

Cette évaluation, appliquée à l'ensemble des géopatrimoines de cette région (Aït Omar, 2021) a pour ambition de servir de base pour faire des propositions de gestion des sites, cohérente avec les spécificités de chacun, et participer à faire reconnaître l'intérêt touristique et éducatif de ces géopatrimoines au grand public et aux décideurs locaux et nationaux.

Le karst, élément de risque

Cette dynamique karstique active, prometteuse pour le développement économique, est également à l'origine de risques dans cette région, notamment d'effondrement dans la médina de Beni Mellal sur le piémont (Wafik et al., 2023). En effet, la médina de Beni Mellal (ancienne cité Day) qui couvre une superficie de 35 ha, où se concentre l'habitat traditionnel avec le quartier de Somaâ au sud-est de la ville, est construite sur des formations travertineuses développées au cours du Quaternaire par les eaux incrustantes de Aïn Asserdoune, une des plus importantes exurgences jaillissant le long du dir (Hakim, 1982 ; Bouchaou, 1995 ; El Khalki et Hafid, 2002). L'ancienneté de ces formations travertineuses y favorise le développement de processus complexes de karstification (dissolution et érosion) qui résultent de la circulation des eaux de la nappe liasique de l'Atlas. Cette karstification, pose actuellement des problèmes géotechniques de compaction des sols, de soutirage et de suffusions et, enfin, d'effondrements brutaux des toits des cavités souterraines. Ces processus sont aggravés par la surdensification de la médina, qui comptait une population de l'ordre de 8900 habitants, soit une densité de 255 habitants/ha dans les années 2000 (Agence Urbaine BM, 2001), par l'imperméabilisation des sols (routes, parking, etc.) et la création de cavités artificielles. En effet, depuis l'Antiquité, les Mellalis ont exploité les multiples ressources qu'offraient ces travertins en y créant notamment des grottes refuges, des lieux d'activités artisanales et en y puisant des matériaux de construction, créant ainsi une multitude de cavités souterraines sous les bâtiments (fig. 5).



Figure 5 - Carte des cavités souterraines de la médina de Beni Mellal par investigations géophysiques (source : Wafik et al., 2023) et cavité remplie d'eaux usées et ordures.

La forte densité de population a entraîné aussi des conséquences importantes sur la morphologie du bâti, les bâtiments ayant été souvent surélevés, avec l'ajout d'un premier puis d'un deuxième étage au rez-de-chaussée initial, générant un surpoids non négligeable sur un sol déjà fragile (Najine et al., 2010). Par ailleurs, 45 à 50 % des habitations de la médina n'étaient pas branchées au réseau d'assainissement en 2006 selon des enquêtes de terrain et celles de l'Inspection Régionale de l'Urbanisme et de l'Aménagement de Territoire (IRUAT) de Beni Mellal en 2001. Les eaux usées, acides, sont toujours déversées dans les cavités ou à ciel ouvert, directement dans le réseau karstique, activant le processus de karstification (Wafik et al., 2023). De plus, les fuites dans le réseau d'eau potable de la Médina sont de l'ordre de 40%, en raison d'un réseau ancien et défectueux (Agence Urbaine de Beni Mellal, 2008). Cette eau s'infiltré dans le sous-sol et participe à la dégradation de la couche calcaire superficielle, agrandissant ainsi les cavités. Les matières en suspension colmatent alors les parois des cavités, où l'eau stagne et remonte par capillarité dans les murs de terre des constructions traditionnelles. Celles-ci, instables, sont alors menacées d'effondrement. On trouve également de véritables décharges dans les cavités anciennement utilisées par les Mellalis, aujourd'hui à l'abandon.

Au début des années 2000, c'étaient 18 % des maisons de la médina qui étaient situées dans des zones à haut risque d'effondrement karstique, et 82 % dans des zones à risque moyen (IRUAT, 2001). En 2021, c'était encore 240 habitations qui étaient classées à risque très élevé d'effondrement en raison de la proximité des cavités de la surface, 230 à risque élevé et 196 à risque moyen selon l'IRUAT (fig. 6). Ce degré moyen de risque est d'ailleurs à nuancer, car une réactivation, anthropique ou naturelle, du processus de karstification

peut intervenir à tout moment, et les maisons situées au-dessus des cavités sont en réalité en permanent risque d'effondrement. La maison effondrée avec le décès d'une femme en mars 2021 (Médias 24, avril 2021) ne figurait ainsi pas parmi les édifices classés à risque. Le risque reste donc bien présent malgré la démolition de 257 bâtiments depuis les années 2000 et le relogement de leurs habitants dans un lotissement An-Nour en banlieue de la ville, et l'investissement de 31 millions de Dirhams par l'Etat et la commune notamment.



Figure 6 - Carte de la vulnérabilité aux effondrements de la médina de Beni Mellal (source : Wafik et al., 2023) et effondrement d'une maison dans la médina le 27/01/06 avec un bilan de 2 morts.

A ce jour, aucune solution viable n'a été proposée, car les difficultés sont multiples. L'une d'entre elles est l'impossibilité d'évaluer exactement le nombre de cavités, car leur superposition empêche la détection de celles situées à une certaine profondeur.

Conclusion

Selon les contextes géologiques, géomorphologiques et anthropiques des processus karstiques, ils créent des opportunités de développement, notamment par le géotourisme, ou au contraire sont facteurs de risques très actifs. Dans un cas comme dans l'autre, ces processus militent pour un inventaire exhaustif des formes et formations karstiques et pour une compréhension fine et approfondie des processus à l'œuvre, fournissant des éléments objectifs pour mettre en œuvre des politiques de gestion et de développement efficaces.

Bibliographie

- Ait Omar T. 2021, Les géomorphosites de la partie Nord-Est du géoparc régional du M'Goun, (Région Béni Mellal Khenifra) : Inventaire, Evaluation et valorisation géotouristique, Thèse en cotutelle Universités de Beni Mellal (Maroc) et d'Angers (France) : 498 p.
- Ait Omar T., Taïbi A.N., El Hannani M., El Khalki Y., (2020). Le géomorphosite karstique d'Ain Asserdoune, Atlas de Béni Mellal (Maroc). *Dynamiques Environnementales*, Cahier « Géomorphosites », 45, pp. 249-255.
- Ait Omar T., Taïbi AN., El Hannani M., El Khalki Y., 2019, Nouvelle méthodologie d'inventaire et d'évaluation des géomorphosites dans le contexte du géoparc M'goun (Maroc), *GéoEcoTrop*, 43(4) : 569-580.
- Agence Urbaine de Beni Mellal, 2001, La médina de Beni Mellal : réalités et perspectives, conditions d'habitat : rapport préliminaire : 45p.
- Bouchaou L., 1995, Fonctionnement des aquifères atlasiques et leur relation avec les aquifères de la plaine : cas de l'Atlas de Beni Mellal et de la plaine du Tadla. Thèse d'Etat, Université Cadi Ayyad, Marrakech : 154p.
- Bouchaou L., Chauve P., Mudry J., Mania J., Hsissou Y. 1997. Structure et fonctionnement d'un hydrosystème karstique de montagne, *Geodynamica acta*, 9, 4:170-176.
- El Khalki Y., 2002, Les hydrosystèmes karstiques des causses du sw du Moyen Atlas : étude hydrologique et hydrochimique – Ain Leuh, El Hammam, Ajdir et sources de l'Oum Er Rbia. Thèse d'état, Université Cadi Ayyad, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, Beni Mellal (en arabe).
- El Khalki Y. et Hafid A., 2002, Turbidité, indicateur du fonctionnement perturbé du géosystème karstique de l'Atlas de Beni Mellal (Moyen Atlas méridional, Maroc). *Karstologia*, n° 40, 2 : 39-44.
- Hakim B. 1982, Recherches hydrologiques et hydrochimiques sur quelques karsts méditerranéens - Liban, Syrie et Maroc. Thèse d'Etat, Aix-en-Provence.
- Inspection Régionale de l'Urbanisme et de l'Aménagement de Territoire (IRUAT), 2001, Plan Local d'Habitat et de Développement Urbain (PLH DU) de Beni Mellal : 90p.
- Najine A., Filahi M., Jaffal M., Bahi L. 2010, Cavités souterraines de la Médina de Béni-Mellal, origine, typologie, caractérisation et techniques de restauration. NADIR PRINT Beni Mellal. ISBN / 2010:978-9954-30-090-9. 260. 83–89 : 173p.
- Taïbi AN., El Khalki Y., El Hannani M. 2015, Atlas régional Région du Tadla Azilal (Maroc), Université d'Angers : 99 p. https://www.academia.edu/11716074/Atlas_r%C3%A9gional_R%C3%A9gion_Tadla_Azilal?auto=download
- Wafik A., Benmoussa A., Najine A., Rajji A., Kharmouch A., Bouhachim S., 2023, Etude de la Vulnérabilité à l'Effondrement des Cavités de l'Ancienne Médina de Béni Mellal, Maroc. *European Scientific Journal*, ESJ, 19 (40), 23. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n40p23>