جامعة سيدي محمد بن عبد الله بفاس
UNIVERSITÉ SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH DE FES

كلية العلوم ظهر المهراز فاس
FACULTE DES SCIENCES DHAR EL MAHRAZ FES

N° d'ordre : 24 /2023

Centre des Etudes Doctorales : Sciences et techniques

Formation Doctorale : Ressources Naturelles, Environnement et Développement Durable

Discipline : Géologie
Spécialité : Géosciences et Ressources Naturelles
Laboratoire : Laboratoire Géosciences, Environnement et Ressources Associées (LGERA), FSDM Fès.

Thèse pour l'obtention de DOCTORAT

Titre de la thèse : **Géopatrimoine du Moyen Atlas Plissé central et de la Moyenne Moulouya (régions de Boulemane, Missour et Bou Naceur) : inventaire et valorisation**

Préparée par : Ech-charay Kawtar

Soutenue le 18/03 /2023 devant le jury :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
Pr. Hassan AOURAGHE	PES	Université Mohamed Premier Faculté des Sciences, Oujda	Président
Pr. Saïd CHAKIRI	PES	Université Ibn Tofail, Faculté des Sciences, Kénitra	Rapporteur & examinateur
Pr. Habiba AASSOUMI	PES	Université Abdelmalek Esaâdi Faculté des Sciences, Tétouan	Rapporteur & examinateur
Pr. Ali TAOUS	PES	Université Sidi Mohamed Ben Abdallah, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines Saïs, Fès	Rapporteur & examinateur
Pr. Abdelkbir HMINNA	PH	Université Sidi Mohamed Ben Abdallah, Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	Examinateur
Pr. Khadija BOUMIR	PES	Université Sidi Mohamed Ben Abdallah, Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	Directeur de thèse
Pr. Driss OUARHAHCHE	PES	Université Sidi Mohamed Ben Abdallah, Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	Co- directeur de thèse

Année Universitaire : 2022-2023

ملخص

ترتكز منطقة الدراسة على مجالين بنيويين، وهما الأطلس المتوسط الملتوي وسهول مولوية الوسطى. الأطلس المتوسط الملتوي هو سلسلة جبال قارية تتراوح أعلى قمة فيها 3326 متر على مستوى جبل بو ناصر. وهو يتألف في الأساس من الكربونات من العصر الجوراسي. بالمقابل، تعتبر سهول ملوية الوسطى منطقة مستوية مغطاة برواسب من العصر الثالث. لقد عرفت هذه المنطقة تاريخًا جيولوجيًا وجيومرفولوجيا ساهم في تسليط الضوء على العديد من المواقع الجيولوجية والجيومورفولوجية.

تتضمن الدراسة الحالية جرد وتقيم للمواقع ذات الاهتمام الجيولوجي والجيومورفولوجي، والتي تنتشر على امتداد منطقتين هما: بولمان-ميسور وبو ناصر. تم تصنيف هذه المواقع وتدوينها باستخدام نهج تقييم جديد ينبع من دمج ثلاث منهجيات حديثة، تم تعديلها وتكييفها وفقًا لمفهومنا. تمت عملية التقييم على ثلاث مراحل: التقييم الأولي، التقييم المحدد والتقييم الكمي. الخطوة الأولى تتضمن جمع البيانات الببليوغرافية والدراسة الميدانية. الخطوة الثانية مخصصة للتقييم المحدد. بعد هذه الخطوة، قمنا بإعداد قائمتين، واحدة للمواقع الجيولوجية والأخرى للمواقع الجيومورفولوجية. تم تحديد وتقييم المواقع المختلفة وفقًا للمعايير والنقاط التي تسمح بتحديد مدى أهمية كل موقع. تم اختيار المواقع التي حصلت على درجة عالية فقط. الخطوة الثالثة والأخيرة تنطوي على التقييم الكمي للمواقع الجيولوجية والجيومورفولوجية المختارة. يترتب عن ذلك تقييم قيمها العلمية والتعليمية والجيوسياحية والبيئية والثقافية والجمالية، فضلاً عن درجات تدهورها وقدرتها على استيعاب السياح. يسمح التحديد الكمي للمعايير المختلفة بتفسير سهل للحفاظ على الأماكن الجغرافية في المستقبل.

المواقع الـ 64 التي تم تحديدها وتصنيفها وتقييمها لتتمتع بقيمة علمية هامة وقيم إضافية متعددة، وتشمل: القيمة التربوية، القيمة الجيوسياحية، القيمة البيئية، الجمالية و/أو الثقافية.

بالإضافة إلى ذلك، تم اقتراح مسارات متعددة الاهتمامات لتوضيح هذا التنوع الجيولوجي عبر جبال الأطلس المتوسط الملتوي الاوسط وسهول ملوية الوسطى.

إن إنجاز هذا العمل يُعتبر مساهمة في التنمية الاقتصادية الإقليمية للمنطقة، وتعزيز السياحة الجيولوجية المسؤولة، والحفاظ على هذا التراث الجيولوجي الغني.

الكلمات الرئيسية: المواقع الجيولوجية، المواقع الجيومورفولوجية، جرد، تثمين، جبال الأطلس المتوسط الملتوي، ملوية الوسطى، المغرب.

Résumé

La zone d'étude concerne deux domaines structuraux, à savoir le Moyen Atlas plissé central et la plaine de la Moyenne Moulouya. Le Moyen Atlas plissé est une chaîne de montagnes intracontinentale qui culmine à 3326m au Jbel Bou Naceur. Il est constitué essentiellement par des carbonates du Jurassique. Cependant la Moyenne Moulouya est une plaine couverte par des dépôts détritiques du Tertiaire. Cette région a connu une histoire géologique et géomorphologique qui a permis la mise à jour de nombreux géosites et géomorphosites.

La présente étude consiste en un inventaire et une évaluation des sites d'intérêt géologique et géomorphologique, qui sont répartis sur deux régions à savoir : Boulemane-Missour et Bou Naceur. Ces sites sont classés et inventoriés en adoptant une nouvelle approche d'évaluation qui résulte de la fusion de trois méthodologies récentes, modifiées et adaptées à notre concept. Cette procédure d'évaluation s'est déroulée en trois phases : l'évaluation préliminaire, l'évaluation spécifique et l'évaluation quantitative. La première étape concerne la collecte des données bibliographiques et l'étude de terrain. La deuxième étape est dédiée à l'évaluation spécifique. A la suite de cette étape, nous avons élaboré deux listes, une pour les géosites et une pour les géomorphosites. Les différents sites ont été identifiés et évalués selon des paramètres et des scores qui permettent de déterminer la pertinence de chaque site. Seuls les sites qui ont obtenu un score élevé ont été sélectionnés. La troisième et dernière étape implique l'évaluation quantitative des géosites et des géomorphosites sélectionnés. Il en résulte une évaluation de leurs valeurs scientifiques, éducatives, géotouristiques, écologiques, culturelles, esthétiques, leurs degrés de dégradation et leurs capacités de charge touristique. La quantification des différents paramètres permet une interprétation facile pour une éventuelle géoconservation.

Les 64 sites identifiés, classés et évalués, ont une valeur scientifique importante et diverses valeurs supplémentaires, à savoir : i) une valeur éducative ; ii) une valeur géotouristique ; iii) une valeur écologique, esthétique et/ou culturelle.

De même, des itinéraires multi-intérêts sont proposés pour illustrer cette géodiversité à travers le Moyen Atlas plissé central et la plaine de la Moyenne Moulouya.

La réalisation de ce travail, constitue une contribution au développement économique régional, à la promotion d'un géotourisme responsable et à la géoconservation de ce riche géopatrimoine.

Mots-clés : Géosites, géomorphosites, inventaire, valorisation, Moyen Atlas plissé, Moyenne Moulouya, Maroc.

Abstract

The study area concerns two structural domains, namely the central folded Middle Atlas and the Middle Moulouya plain. The folded Middle Atlas is an intracontinental mountain belt that culminates at 3326m at Jbel Bou Naceur. It is mainly constituted by Jurassic carbonates. However, the Middle Moulouya is a plain covered by detrital deposits of the Tertiary. This region has known a geological and geomorphological history that has allowed the discovery of many geosites and geomorphosites.

The present study consists in an inventory and an assessment of the sites of geological and geomorphological interest, which are located in two regions: Boulemane-Missour and Bou Naceur. These sites have been classified and inventoried by adopting a new approach of evaluation which results from the merging of three recent methodologies, modified and adapted to our concept. This evaluation procedure was carried out in three phases: preliminary evaluation, specific evaluation and quantitative evaluation. The first stage concerns the collection of bibliographic data and the field study. The second step is dedicated to the specific evaluation. Following this step, we elaborated two lists, one for geosites and one for geomorphosites. The different sites were identified and classified according to parameters and scores that determine the relevance of each site. Only sites that scored high were selected. The third and final step involves the quantitative evaluation of the selected geosites and geomorphosites. This results in an evaluation of their scientific, educational, geotouristic, ecological, cultural, aesthetic values, their degrees of degradation and their touristic carrying capacity. The quantification of the different parameters allows an easy interpretation for a possible future geoconservation.

The 64 identified, classified and evaluated sites have an important scientific value and various additional values, including: i) educational value; ii) geotouristic value; iii) ecological, aesthetic and/or cultural values.

Also, multi-interest itineraries have been proposed to illustrate this geodiversity through the central folded Middle Atlas and the Middle Moulouya plain.

The realization of this work, constitutes a contribution to the regional economic development, to the promotion of a responsible geotourism and to the geoconservation of this rich geoheritage.

Keywords: Geosites, Geomorphosites, Inventory, Assessment, Folded Middle Atlas, Middle Moulouya, Morocco.

Remerciements

Je tiens, avant de présenter ce travail, à remercier toutes les personnes qui ont gracieusement accepté de partager avec moi leurs expériences, leurs connaissances ou leur appui tout au long de mes recherches. Cette thèse est un véritable épisode de ma vie. Il est évident que le déroulement d'un tel projet requiert l'aide et la contribution de nombreuses personnes. Il est approprié ici d'exprimer à chacun d'entre eux mes remerciements pour les efforts et les apports grandement nécessaires à la réalisation de cet écrit.

Cette étude est le résultat de six années de recherche, dont l'année "creuse" du Covid 19, au sein de la Faculté des Sciences Dhar El Mahraz de Fès. Sans la confiance accordée par les Professeurs **Boumir Khadija** et **Ouarhache Driss**, il m'aurait été impossible de réaliser cette étude, étoffée par les fonctions de supervision et de formation qui m'ont été dévolues. Plus largement, ce sont tous les personnels scientifique, administratif et technique de la FSDM que je souhaite remercier sincèrement, en particulier, Monsieur le Pr. **Benlemlih Mohammed**, Doyen de la Faculté des Sciences Dhar el Mahraz et Monsieur le Pr. **El Hassouni Mohammed**, Vice Doyen chargé de la recherche scientifique et de la coopération.

Tout d'abord, je tiens à remercier ma directrice de thèse, le Professeur **Boumir Khadija**, enseignante et chercheuse à la Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, qui, du début à la fin de cette recherche, a su féconder et dynamiser ma réflexion par ses idées et son enthousiasme, tout en sachant me concéder la liberté de recherche à laquelle j'ai eu besoin durant les diverses phases de ce travail. De plus, elle a su assurer un encadrement scientifique durant les périodes clés. Au-delà de ce travail, je ne peux que me congratuler d'être formée à ses côtés, tant pour les connaissances qu'elle a pu me transmettre que pour la passion qu'elle m'a communiquée pour les sciences de la Terre.

Ainsi, sans la co-supervision du Professeur **Ouarhache Driss**, enseignant chercheur à la Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, les différents aspects abordés dans ce travail n'auraient pas acquis la maîtrise minimale nécessaire à ce type de recherche. Je tiens à le remercier profondément pour toutes les impulsions qu'il m'a données, tant dans la manière de tracer un parcours académique et scientifique que dans la manière de développer et d'approfondir le sujet. En effet, sans ses nombreux et judicieux conseils, je n'aurais pu perfectionner mon étude.

Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury : les professeurs : **Saïd CHAKIRI** (Université Ibn Tofail, Faculté des Sciences, Kénitra), **Habiba AASSOUMI** (Université Abdelmalek Essaâdi, Faculté des Sciences, Tétouan) et **Ali TAOUS** (Université

Sidi Mohamed Ben Abdallah, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines Saïs, Fès), rapporteurs de ce travail ; **Hassan AOURAGHE** (Université Mohamed I, Faculté des Sciences, Oujda) et **Abdelkbir HMINNA** (Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès) d'avoir accepté d'examiner et de juger ce travail de recherche.

Du point de vue financier, je tiens à remercier de tout cœur, mon père, qui m'a offert une voiture pour assurer mes déplacements sur le terrain, qui a financé mes voyages à l'étranger et au Maroc pour participer à des conférences internationales, et qui a payé toutes les dépenses pour que je puisse réussir ce travail de thèse.

En outre, je tiens à exprimer ma gratitude à Mme **Maidment Susannah** du Natural History Museum de Londres et M. **Butler Richard**, professeur de paléobiologie à l'Université de Birmingham, de m'avoir accordé la chance d'apprendre les techniques de fouille et d'excavation des ossements de vertébrés, lors d'une visite, en octobre 2021, de quelques sites d'intérêt paléontologique du Moyen Atlas plissé, à laquelle j'ai participé avec mes encadrants.

Ainsi, je dirige une pensée pleine de douceur vers toutes les personnes qui m'ont beaucoup aidé et accompagnées sur le terrain, en particulier mes camarades **Ouaskou Mustapha**, **Oussou Ahmed** et **Marzouki Anass** pour leur aide bénéfique et pour avoir travaillé dans un environnement stimulant. Je remercie également M. **Baroudi Mohammed**, directeur de l'hôtel Baroudi à Missour, qui m'a hébergé gratuitement tout au long de mes recherches, M. **Karimi Mohammed** du village de Tsiouant, et M. **Bouhlala Hakim**, guide de montagne agréé, pour leur aide précieuse. Bref, j'adresse mes remerciements à toutes les personnes qui m'ont chaleureusement aidé, sans oublier les autorités locales qui ont facilité mes déplacements sur le terrain.

Enfin, je voudrais terminer ces remerciements par les meilleurs, les membres de ma famille, qui m'ont soutenu dans mes études et dans ma vie privée : ma mère **Ibrahimi Fatima** et mon père **Ech-charay Mohammed**, à qui je dois, sans aucun doute, tout ce que je suis aujourd'hui, ma sœur **Ech-charay Chaymaa** et mon frère **Ech-charay Anass** pour leur soutien et leurs encouragements. Cette thèse n'aurait sans doute pas abouti sans leur présence, leur sacrifice et leur confiance.

Tables des matières

ملخص ..... **I**

Résumé ..... **II**

Abstract ..... **III**

Remerciements ..... **IV**

Tables des matières..... **a**

INTRODUCTION GENERALE **1**

Chapitre I : Généralités **4**

Introduction **4**

I. Problématique et objectifs **5**

II. Méthodologie de recherche **6**

III. Philosophie et pratique du tourisme durable et de la conservation du patrimoine géologique et géomorphologique **7**

IV. Concepts de géosite, géomorphosite, géotope, géoconservation, géodiversité, géotourisme, géopatrimoine et musées **9**

1. **Géosite** 9
2. **Géomorphosite** 10
3. **Géotope** 10
4. **Géopatrimoine** 10
5. **Géodiversité** 11
6. **Géotourisme** 11
7. **Géoconservation** 12

V. Programme national et international du patrimoine géologique et géomorphologique, et les géoparcs **13**

1. **Programme international des géosciences (PICG)** 14
2. **Géoparcs mondiaux UNESCO** 14
3. **Cadre législatif du patrimoine géologique au Maroc : la loi 33-13 et projet de loi 46-20** . 16

VI. Conclusion **16**

CHAPITRE II : Cadre général **18**

Introduction **18**

I. Contexte climatique **19**

II. Contexte écologique **20**

1. **Couvert végétal** 20
2. **Peuplement animal** 20

III. Réseau hydrographique **21**

IV. Profil démographique **22**
V. Activité économique **23**
VI. Contexte géologique et géographique **23**
1. **Cadre géologique et géographique général** 23
2. **Cadre géologique et géographique de la zone d'étude** 28
a. **Rides anticlinales** 28
b. **Les dépressions synclinales** 32
c. **Bassin de la Moyenne Moulouya** 33
VII. Conclusion **35**
Chapitre III : Méthodologie **36**
Introduction **36**
I. Méthodologie de Brilha (2016) **38**
1. **Évaluation qualitative des sites** 38
a. **Sélection** 38
b. **Identification** 39
2. **Évaluation quantitative** 40
3. **Évaluation du risque de dégradation et du potentiel pour les utilisations éducatives et touristiques** 41
II. Méthodologie de Santos et al. (2020) **42**
1. **Évaluation préliminaire** 42
2. **Caractérisation** 44
3. **Évaluation quantitative** 45
III. Méthodologie de González-Guerrero et al. (2016) **52**
1. **Capacité de charge physique (PCC)** 52
2. **Capacité de charge réelle (RCC)** 52
3. **Capacité de gestion (MC)** 53
4. **Capacité de charge effective (ECC)** 53
IV. Méthodologie adoptée **54**
1. **Évaluation préliminaire** 55
2. **Évaluation spécifique** 55
3. **Évaluation quantitative** 57
a) **Risque de dégradation** 61
b) **Capacité de charge touristique** 62
V. Discussion et conclusion **67**
Chapitre IV : Patrimoine géologique et géomorphologique **70**
Introduction **70**

I. Patrimoine géologique et géomorphologique de la région Boulemane-Missour 71
1. **Évaluation préliminaire** 73
2. **Évaluation spécifique** 73
3. **Évaluation quantitative** 95
4. **Exemple de fiche descriptive de deux géosites et deux géomorphosites** 101
5. **Bilan** 110

II. Patrimoine de la région d'Adrar Bou Naceur 112
1. **Évaluation préliminaire** 113
2. **Évaluation spécifique** 114
3. **Évaluation quantitative** 126
4. **Description complète d'un géosite et d'un géomorphosite** 132
5. **Bilan** 137

III. Recensement des sites étudiés 138
1. **Tableaux synthétiques des géosites et géomorphosites explorés et inventoriés** 138
2. **Interprétation** 141

IV. Conclusion 143

Chapitre V : Proposition de mesures de tutelle et de valorisation 145

Introduction 145

I. Proposition d'un circuit à intérêts multiples 146
1. **Tronçon Boulemane-Missour** 149
2. **Tronçon Missour-Oulad Ali** 156
3. **Tronçon Almis Marmoucha-Imouzzer Marmoucha** 160
4. **Tronçon Imouzzer Marmoucha-Boulemane** 163

II. Exemple de planification de la mise en valeur du patrimoine géologique et géomorphologique du Moyen Atlas plissé et de la plaine de la Moyenne Moulouya 167

III. Conclusion 172

Chapitre VI : Synthèse, conclusion, recommandation 173

Synthèse 173

Conclusion générale 175

Recommandations 178

Liste des abréviations 179

Liste des figures 180

Liste des tableaux 182

Références bibliographiques 184

Annexes 197

INTRODUCTION GENERALE

Dès les années 80, la communauté des géosciences a pris conscience de la nécessité d'assurer la protection des sites géologiques (Wimbledon et Smith-Meyer 2012). Depuis, plusieurs travaux scientifiques successifs ont développé une nouvelle terminologie en géosciences (géodiversité, géosite, géomorphosite, géopatrimoine, géoconservation, géotourisme, ...). Ces efforts ont été récompensés en 2015 par la ratification de la création du nouveau label Global Géoparc par l'UNESCO, plaçant ainsi le géopatrimoine au même niveau d'importance que le patrimoine biologique et le patrimoine culturel. Cette initiative a conduit à la multiplication des recherches dans le domaine du géopatrimoine, qui est actuellement couronnée par la création de 177 géoparcs dans 44 pays, assurant la promotion et la conservation du géopatrimoine. L'Europe est le continent le plus avancé dans ce domaine avec 81 géoparcs alors que l'Afrique n'en compte que 2 un au Maroc (M'Goun) et un en Tanzanie (Ngorongoro Lengai). En 2021, et afin d'encourager et de soutenir ce continent à développer la conservation de son géopatrimoine, l'UNESCO et le GGN (Réseau Mondial des Géoparcs) ont lancé une première initiative pour promouvoir le concept de géoparc en Afrique et dans le monde arabe. Au Maroc, plusieurs projets sont en préparation, tels que les géoparcs de Bani, Moyen Atlas, Saghro, Talassemtane...

Le Maroc est connu mondialement par son histoire géologique et ses affleurements exceptionnels, facilement définissables grâce à son climat aride et semi-aride qui a joué un rôle primordial dans le façonnement de ses paysages et de sa géomorphologie. Il en recèle une telle richesse, une telle variété et une telle harmonie dans le domaine de la géologie et de la géomorphologie. Cette richesse a poussé les scientifiques marocains à s'intéresser au patrimoine géologique d'autant plus qu'il est, non seulement une clé pour comprendre l'évolution de la terre et pour développer la croissance économique, mais aussi un enjeu du développement durable. C'est un patrimoine qui appartient à toute l'humanité, d'où la nécessité de l'étudier, de le valoriser, de le protéger et de le préserver pour les générations futures.

Dans ce sens, récemment, de nombreuses initiatives scientifiques, législatives et gouvernementales, ont démontré un intérêt croissant pour le patrimoine géologique et le développement d'un tourisme durable au Maroc. Ces efforts ont été couronnés par la création du 1er Géoparc en Afrique, le Géoparc de M'goun situé dans le Haut Atlas, qui a reçu le label Global Géoparc de l'UNESCO en 2014 et reconduit en 2018. Des travaux s'intéressant au

géopatrimoine de cette région ont été publiés ultérieurement (Bouzekraoui et al. 2018a, 2018b ; Arrad et al. 2018, 2019 ; Aït Omar et al. 2019 ; Raïs et al. 2021). Les recherches se sont multipliées à travers tout le territoire national pour inventorier et valoriser la géodiversité dont regorge le Maroc (e.g. Sadki et al. 2016 ; El Wartiti et al. 2017 ; Berred et al. 2019a, 2019b, 2020, 2022 ; Aoulad-Sidi-Mhend et al. 2019 ; Beraaouz et al. 2019 ; Lahmidi et al. 2020, 2021, 2022 ; Mehdioui et al. 2020, 2022) dans le but de créer davantage de Géoparcs.

Parmi les régions qui suscitent un intérêt croissant au géopatrimoine, le Moyen Atlas (Fig.1) qui est l'une des régions du Maroc qui offre une étonnante variété de sites géologiques, géomorphologiques et paysagers remarquables qui ont des valeurs scientifiques, éducatives, géotouristiques, écologiques, culturelles et esthétiques.

Par conséquent, plusieurs études géopatrimoniales ont été effectuées essentiellement dans la partie nord-ouest du Moyen Atlas (De Waele et Melis MT 2008 ; El Wartiti et al. 2009 ; Charrière et al. 2011 ; Oukassou et al. 2019 ; Mounir et al. 2018 ; Baadi et al. 2021a, 2021b). Cependant, aucune étude de la géodiversité n'a été entreprise auparavant dans la zone sud-orientale du Moyen Atlas plissé et la Moyenne Moulouya.

Cette région est dotée d'un emplacement stratégique et d'excellentes ressources naturelles et culturelles qui lui confèrent d'être une destination favorable et complète pour les amateurs du tourisme montagnard. En effet, cette richesse nous a incitées à entreprendre un projet de recherche afin d'identifier les éventuels sites d'intérêts géologiques et géomorphologiques, les étudier, les inventorier et les valoriser en proposant des circuits géotouristiques à multiples intérêts. Pour cette étude, nous proposons une méthodologie d'évaluation qui résulte du fusionnement de trois méthodologies récentes celles de Brilha (2016), Santos et al. (2020), González-Guerrero et al. (2016), modifiées et adaptées à la zone d'étude.

Ce mémoire de thèse est structuré en six chapitres :

Chapitre I : consacré aux généralités sur le géopatrimoine.

Chapitre II : comprend une présentation de la zone d'étude, de son contexte géologique, géographique, hydrique, climatique, économique et son profil démographique.

Chapitre III : traite à la méthodologie de travail que nous avons adoptée.

Chapitre IV : concerne le géopatrimoine potentiel de la région de Boulemane-Missour et de la région de Bou Naceur.

Chapitre V : expose des propositions de mesures, de protection et de développement en tant que circuits géotouristiques.

Chapitre VI : comprend une synthèse, conclusion générale et quelques recommandations.

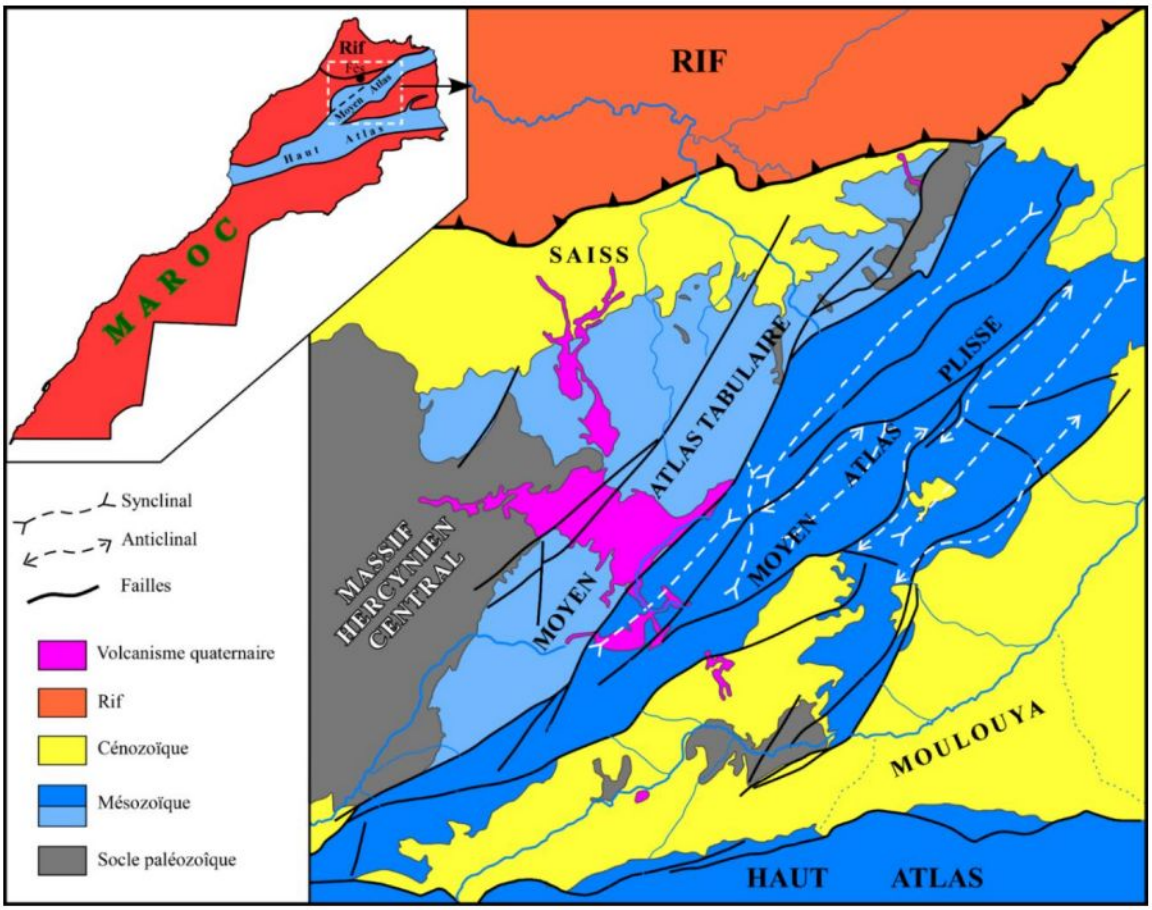


Fig. 1. Carte géologique simplifiée du Moyen Atlas et de la plaine de la Moulouya (Echcharay et al. 2022). Redessinée à partir de la carte 1 millionième du Maroc (Hollard et al. 1985).

Chapitre I : Généralités

Introduction

Le patrimoine géologique revêt une importance cruciale non seulement pour la compréhension de l'évolution de la Terre, mais également en tant qu'actif économique important, d'où la nécessité de l'identifier, de l'étudier, de le protéger et de l'inventorier. Sa préservation est un enjeu majeur du développement durable, car ce patrimoine appartient à l'ensemble de l'humanité et doit être transmis aux générations futures.

Le Moyen Atlas et la plaine de la Moyenne Moulouya, tout comme de nombreuses autres régions du Maroc, abritent une riche diversité géologique et géomorphologique intéressante et diversifiée d'une grande importance nationale et internationale. Ces régions racontent les histoires géologiques et géomorphologiques du temps passé. Ce géopatrimoine peut être mis à contribution par le truchement du plan géotouristique, en faveur d'un développement régional viable.

Dans ce chapitre, nous présentons la problématique et les objectifs de notre recherche. Viennent ensuite la méthodologie de recherche que nous avons adoptée et la définition des concepts généraux liés au géopatrimoine. Enfin, nous examinons les initiatives nationales et internationales visant à protéger et à gérer ce que l'on appelle le "capital naturel géologique". Ces actions et interventions visent à préserver, à améliorer et à valoriser ce précieux patrimoine naturel pour les générations actuelles et futures.

I. Problématique et objectifs

Notre zone de recherche est caractérisée par des formations géologiques allant du Trias au Quaternaire. De nombreuses études ont donc été menées dans la région afin de comprendre l'histoire géologique régionale (e.g. Termier 1936 ; Colo 1961 ; Du Dresnay 1971, 1979 ; Duée et al. 1978 ; Fedan 1984a, 1984b, 1984c ; Fedan and Thomas 1985 ; Elmi and Benshili 1987 ; Fedan 1988 ; Benshili 1989 ; Charrière 1990 ; Bassoullet et al. 1991 ; Andreu 1993 ; Sadki et al. 1994 ; Benshili and Elmi 1994). La tectonique, la sédimentation, l'hydrologie et le conditionnement climatique ont joué un rôle déterminant dans le façonnement de plusieurs sites d'intérêts géologique et géomorphologique et dont la majorité d'entre eux n'ont jamais fait l'objet d'une étude en terme de géopatrimoine.

La diversité et la densité de ces sites, la rareté des études du géopatrimoine, le faible taux de fréquentation touristique dans la région, la dégradation des sites et leurs expositions au pillage et au trafic illicite, l'hospitalité de la population amazighe, nous ont incités à choisir cette zone pour notre projet de recherche. Le but est d'identifier, d'inventorier, et de valoriser le patrimoine géologique et géomorphologique de cette région en vue de le préserver et en faire un levier au développement local. En effet, ces sites sont des documents rares, voire uniques, qui constituent une richesse non renouvelable, d'où l'intérêt de les étudier et de les géoconserver. Ainsi, le développement du géotourisme dans la région peut servir à la fois à la vocation des sciences de la Terre et celle du secteur touristique, dans une perspective de développement durable.

En effet, la région de Boulemane-Missour et la région de Bou Naceur sont caractérisées par un patrimoine géologique riche et varié qui doit être mis en valeur au profit de la population indigène et des visiteurs. Ces régions sont connues par une histoire géologique et géomorphologique très intéressante. Du fait du climat qui est de type aride à semi-aride, la couverture végétale est faible favorisant une bonne exposition des affleurements et une meilleure visibilité des sites d'intérêt géotouristique. Le lancement d'une activité géo-écotouristique dans cette région est l'un des principaux piliers du développement territorial dans la région.

Il convient toutefois de noter que la plupart des méthodologies d'inventaire développées sont applicables soit aux géomorphosites, soit aux géosites, mais pas aux deux. Ainsi, les méthodologies développées ne sont pas adaptables à tous les types de terrain. En ce sens, une méthodologie visant à évaluer à la fois les géosites et les géomorphosites devrait être développée pour permettre une meilleure adéquation avec la zone étudiée.

L'objectif de ce travail est de fournir une nouvelle méthodologie, adaptée aux géosites et aux géomorphosites afin de fournir un inventaire qui permet un dénombrement, une description et une évaluation des différents monuments géologiques et géomorphologiques existant dans la zone de recherche. Ce travail vise également la projection d'un ensemble de propositions de développement et de valorisation pour les différents sites naturels. De plus, ce projet souligne l'importance des géosites et géomorphosites dans le développement économique de la région et admet une sensibilisation des autorités locales et la population autochtone sur la nécessité de veiller à la protection de leur patrimoine géologique et géomorphologique. Par ailleurs, les données de cette thèse pourraient être intégrées dans le concept d'inventaire du patrimoine géologique et géomorphologique et servir de base à des travaux ciblés et à une planification rationnelle permettant de valoriser avec précision les multiples vocations de la zone d'étude.

II. Méthodologie de recherche

Afin d'aboutir aux différents objectifs susmentionnés, nous avons développé une méthodologie qui s'adapte aux différents sites géologiques et géomorphologiques de notre zone de recherche. Cette démarche comporte quatre étapes principales à savoir l'évaluation préliminaire, l'évaluation spécifique, l'évaluation quantitative et la réalisation d'une fiche descriptive pour les différents sites (Fig. 2). Cette procédure nous a permis d'identifier et d'inventorier le patrimoine géologique et géomorphologique de la région étudiée.

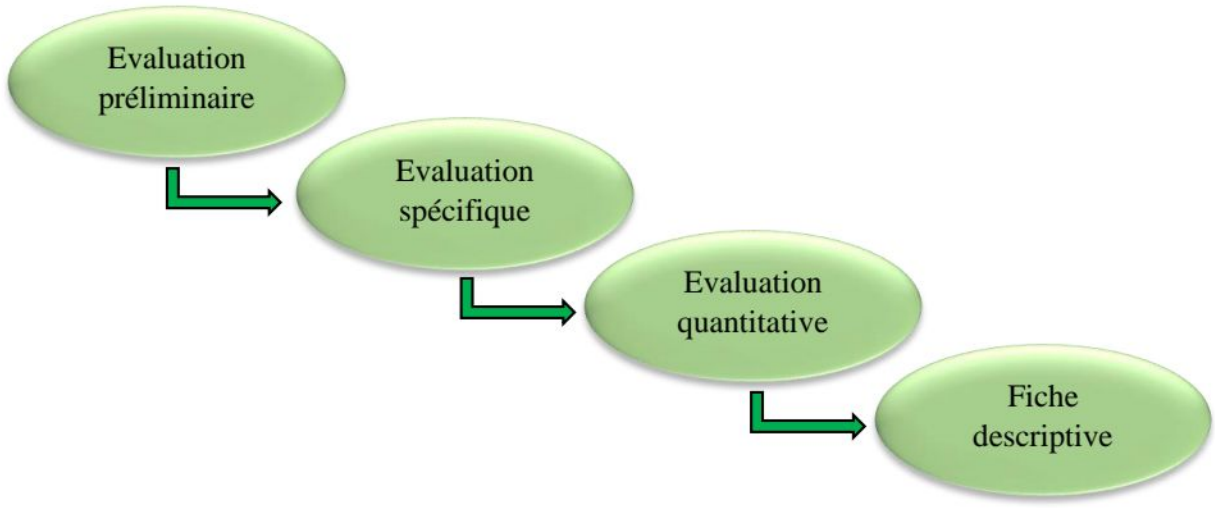


Fig. 2. Les différentes étapes de la méthodologie de travail que nous avons adoptée.

III. Philosophie et pratique du tourisme durable et de la conservation du patrimoine géologique et géomorphologique

Au cours des dernières décennies, la liaison entre le tourisme et le développement durable a pris forme. L'objectif est de limiter les effets négatifs du tourisme de masse, permettant ainsi l'intégration du patrimoine naturel, tant géologique et écologique que socioculturel dans le développement économique local, régional et national, favorisant de manière notable la création d'emplois et l'amélioration des conditions de vie des populations indigènes tout en préservant l'environnement et les ressources naturelles (Ming 2015).

En effet, le concept de développement durable date de la Conférence de Washington sur le développement international en 1968 (Caldwell 1984), puis à la Conférence des Nations Unies sur l'environnement humain de 1972 à Stockholm (Barbier 1987), suivie de la publication du document de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement en 1987, connu sous le nom de Rapport Brundtland. Il a ensuite été approuvé lors de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement organisée à Rio de Janeiro en 1992 (Ming 2015). Cependant, en Afrique, le concept de développement durable et le rôle de l'éducation dans la quête du développement durable sont restés flous et non reconnus dans la plupart des pays (Manteoaw 2012).

Or, le tourisme durable est défini par l'Organisation Mondiale du Tourisme (OMT) comme étant "un tourisme qui prend totalement en compte ses incidences économiques, sociales et environnementales présentes et à venir, en satisfaisant les exigences des visiteurs, des professionnels, de l'environnement et des communautés d'accueil". Il consiste à établir un équilibre entre les trois axes du développement durable dans la réalisation et la mise en place d'activités touristiques (Fig. 3).

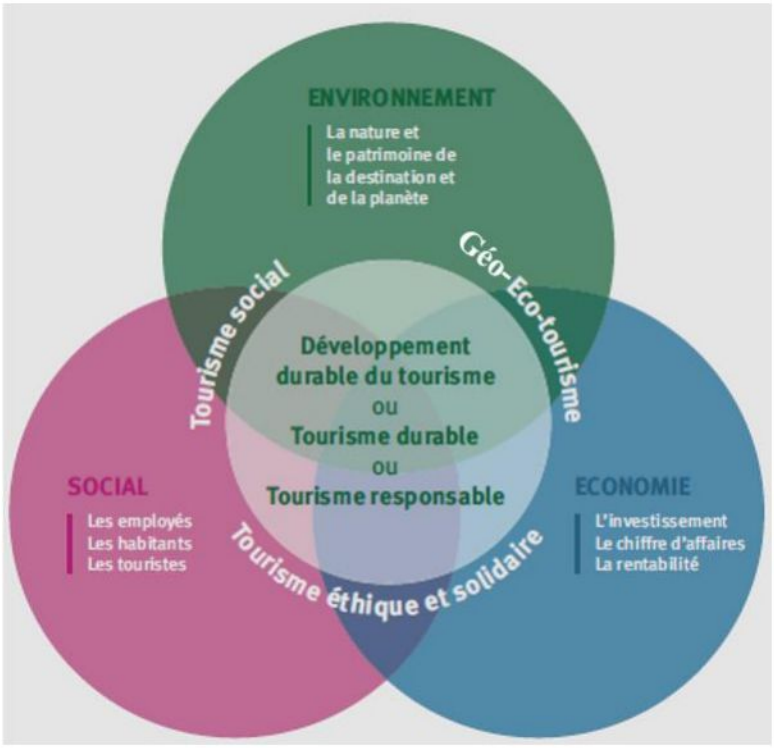


Fig. 3. Schéma explicatif du tourisme durable (modifié d'après l'Organisation Mondiale du Tourisme 2004).

Afin de garantir un bon développement du tourisme durable, différents facteurs doivent être pris en considération, parmi lesquels : i) le tourisme doit viser à améliorer la qualité de vie de la population locale, tout en préservant la nature et en proposant au visiteur une offre touristique de qualité (Inskeep 1991 ; Müller 1994 ; Hunter 1995a, 1995b) ; ii) le tourisme doit garantir la durabilité de l'intérêt touristique en assurant la continuité de l'environnement naturel et des ressources culturelles des sites touristiques (Wall 1993 ; Hunter 1995a, b ; Godfrey 1998) ; iii) la collaboration du secteur du tourisme avec d'autres secteurs sur les sites touristiques est favorisée pour assurer l'intégrité des ressources car ils partagent ces caractéristiques environnementales et culturelles (Murphy 1994).

Parmi les formes de tourisme durable figure le géotourisme, qui repose sur la vulgarisation de la géologie et de la géomorphologie afin qu'elles soient facilement comprises par le grand public.

En effet, la géologie et la géomorphologie sont des sciences qui décrivent l'histoire de la terre. Elles nous aident à comprendre l'évolution de la planète Terre depuis 4,6 milliards d'années jusqu'à aujourd'hui. Les roches, minéraux et fossiles constituent un patrimoine de l'histoire de la vie et de la planète. Ils témoignent de la progression des temps géologiques en révélant les changements qui ont façonné la surface de la terre au fil des temps (APGGQ 2000).

Le patrimoine géologique et géomorphologique constitue une richesse non renouvelable, d'où la nécessité de le préserver. L'exploitation minière, le développement des infrastructures de base, la construction de bâtiments et de routes, l'extension urbaine, l'érosion et les inondations peuvent détruire des informations géologiques et géomorphologiques ayant une grande valeur scientifique, éducative et géotouristique.

Ces dernières décennies, la conservation des ressources géologiques et géomorphologiques a été activement encouragée dans le monde entier par la création de zones protégées telles que les réserves naturelles, les parcs régionaux et nationaux, et les géoparcs. L'objectif premier de ces zones est la conservation, la sensibilisation du public et le développement communautaire et économique dans des régions éloignées des grandes villes. Les sites ciblés sont très nombreux, entre autres : gorges, rivières, grottes, côtes, dunes de sable, vestiges d'anciennes périodes glaciaires, formations volcaniques, sources chaudes et froides, lacs, gisements fossilifères et structures géologiques.

IV. Concepts de géosite, géomorphosite, géotope, géoconservation, géodiversité, géotourisme, géopatrimoine et musées

1. Géosite

Le terme géosite est utilisé par des institutions telles que : l'UNESCO, l'Union Internationale des Services Géologiques (UISG), l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature et des Ressources Naturelles (UICN) et par les communautés scientifiques anglophones (Grande-Bretagne, États-Unis) (De Wever et al. 2006). Il est utilisé pour désigner une localité qui fait partie du patrimoine géologique, caractérisée par une importance singulière et qui permet de comprendre l'histoire de la planète Terre (Fuertes-Gutiérrez et Fernández-Martínez 2012).

Ainsi, pour Reynard (2004b) les géosites représentent des parties de la géosphère ayant une valeur géologique et/ou géomorphologique exceptionnelle, qui sont considérées comme des témoignages de l'évolution de la géomorphologie de la planète, de l'évolution du paysage et du climat, et qui sont étroitement liées au patrimoine géologique et géomorphologique.

Par conséquent, nous constatons que les géosites illustrent l'histoire géologique de la région telle que la paléontologie, la stratigraphie et la tectonique..., tandis que les géomorphosites illustrent les formes de relief et le rôle de l'érosion dans le modelage du paysage. Pour cette raison, il s'est avéré pertinent de distinguer les géosites des géomorphosites car ils ne présentent pas les mêmes valeurs géologiques (Ech-charay et al. 2022).

2. Géomorphosite

Un géomorphosite est défini par Reynard et al. (2009) et par Pereira et Pereira (2010) comme un type de géosite. Un géomorphosite présente une partie de la géosphère caractérisée par une importance spécifique pour la compréhension de l'évolution de la Terre. Il est délimité dans l'espace et il se distingue nettement de son environnement.

En réalité, il existe deux définitions distinctes : l'une qui considère les géomorphosites comme des preuves de l'histoire de la Terre, et une autre, plus large, qui considère comme géomorphosites toutes les formes de relief auxquelles on peut attribuer une valeur.

3. Géotope

Conformément à Grandgirard (1997, 1999), les géotopes sont des objets géologiques ou géomorphologiques ayant une valeur scientifique pour la compréhension de l'histoire, des espèces et du climat de la Terre. Ainsi, selon Strasser et al. (1995), les géotopes sont des parties du territoire comprenant des montagnes, collines, vallées, lacs, rivières, phénomènes karstiques, mines, gravières, ... qui ont une valeur géoscientifique intéressante.

En effet, les géotopes nous permettent de mieux comprendre la signification des processus de surface et l'importance des roches en tant qu'élément constitutif du paysage. Ainsi, ils nous permettent de connaître l'évolution spatiale et temporelle d'une région. De ce fait, les géotopes sont des témoins naturels de grande importance, voire essentiels, tant pour le grand public que pour la science (Reynard 2004a).

Il convient de noter que les géotopes englobent l'ensemble du domaine de la recherche géoscientifique. Il existe des géotopes structuraux, paléontologiques, sédimentologiques, minéralogiques, pétrographiques et géochimiques, stratigraphiques, géomorphologiques, hydrologiques, spéléologiques, géohistoriques et géoculturels (Grandgirard 1997).

4. Géopatrimoine

Le mot géopatrimoine a fait sa première apparition avec Bradbury (1993) et Sharples (1993, 1995). Il a ensuite été adopté par Dixon (1996), Semeniuk (1996), Semeniuk et Semeniuk (2001) et Anon (2006).

Le terme géopatrimoine est issu du mot patrimoine qui désigne un élément hérité du passé ou de la tradition et qui doit être transmis à l'avenir ; c'est une notion d'héritage particulier de nature géologique (Brocx et Semeniuk 2007).

Le géopatrimoine est ainsi défini par Philippe Billet (2002) comme l'ensemble des vestiges de l'histoire de la planète qui participent à la compréhension des événements physiques et biologiques qui ont marqué notre globe.

En fait, le patrimoine géologique ou géopatrimoine fait référence à des sites géologiques spécifiques d'une grande importance scientifique et qui sont caractérisés par des éléments qui correspondent à une base pour la reconstitution du développement du globe.

De manière plus prospective, le géopatrimoine met l'accent sur la diversité des roches, des minéraux et des fossiles, ainsi que les formes de relief et autres caractéristiques géomorphologiques qui illustrent les conséquences actuelles et anciennes du conditionnement climatique et des phénomènes terrestres (McBriar 1995).

5. Géodiversité

Il existe deux versions principales de la signification du concept de géodiversité (Sharples 2002): i) la version développée par Joyce (1997) et Semeniuk (1997) qui considèrent que la géodiversité est spécifique à un site ou à une région et fait référence à la variété naturelle des caractéristiques géologiques, géomorphologiques, pédologiques et hydrologiques ; ii) celle développée par les géoscientifiques (Sharples 1995 ; Kiernan 1995, 1997 ; Dixon 1996 ; Household et al. 1997) qui considèrent la géodiversité comme la variété des caractéristiques géologiques.

La géodiversité a été évoquée et a même semblé, à un moment donné, remplacer le terme de géopatrimoine. Certains auteurs ont fait de la géodiversité un concept similaire à la biodiversité (Kiernan 1990 ; Eberhard 1997). Étant donné le succès apparent du terme biodiversité pour stimuler le soutien à la préservation de la biosphère, d'où l'espoir que le terme géodiversité puisse transférer une partie de l'enthousiasme pour la géoconservation dans le domaine des géosciences (Eberhard 1997 ; Brocx et Semeniuk 2007).

6. Géotourisme

Le terme géotourisme est défini par la National Geographic Society (NGS), comme un tourisme qui soutient et met en valeur une destination en se fondant sur les éléments suivants : le caractère géographique, l'environnement, la culture, l'esthétique, le patrimoine et le bien-être des habitants locaux.

En fait, le géotourisme intègre les concepts du tourisme durable, le concept d'écotourisme, les bases du développement durable et les bénéfices qu'il peut apporter aux touristes et aux

résidents locaux (Berred 2020). Par ailleurs, pour que le géotourisme soit un véritable succès dans une région, il est essentiel d'impliquer et de respecter les conditions suivantes : la participation de la communauté, des entreprises locales et des groupes de citoyens ; la génération de bénéfices économiques pour la communauté ; l'économie et l'utilisation rationnelle des ressources ; le respect de la culture et des traditions locales.

7. Géoconservation

La géoconservation est un concept qui porte sur la protection des éléments géologiques et géomorphologiques, tels que les paysages, les reliefs, les affleurements rocheux, et les sites permettant d'examiner les caractéristiques géologiques, à des fins patrimoniales, scientifiques, éducatives et géotouristiques (Semeniuk 1996 ; Semeniuk et Semeniuk 2001 ; Brocx et Semeniuk 2007).

En général, la géoconservation est devenue importante en raison de la reconnaissance du fait que les systèmes terrestres ont une histoire à transmettre et qu'ils sont associés à l'histoire continue du développement humain, étant donné son association avec d'autres valeurs telles que les valeurs historiques, culturelles, esthétiques et religieuses. Ainsi, les systèmes terrestres sont le socle de tous les processus écologiques et constituent une partie de l'héritage de nos sciences (Torfason 2001).

L'un des aspects de la géoconservation est la préservation des éléments géopatrimoniaux dans les musées. En effet, le géopatrimoine se caractérise par deux types d'éléments : in situ et ex situ. Les éléments in situ sont situés sur le site, tandis que les éléments ex situ sont les collections conservées dans des musées.

Ces éléments ex-situ ont un statut différent et une utilisation multiple. Ils sont collectés à des fins diverses, telles que la valeur scientifique, la valeur esthétique et/ou l'importance archivistique. Les collections de géopatrimoine diffusent des connaissances, tant auprès des étudiants que du grand public.

En effet, la géoconservation du géopatrimoine se concentre sur la sauvegarde des éléments les plus précieux et les plus significatifs, compte tenu des nombreuses menaces auxquelles ils peuvent être affrontés, telles que la collecte illégale de spécimens, l'érosion, l'exploitation des géomatériaux, la croissance de la végétation, le développement urbain, etc.

À titre d'exemple, certains biens du géopatrimoine, en raison de leur originalité ou de leur rareté, sont à considérer dans leur ensemble, comme dans le cas de certains affleurements du sud du Maroc riches en fossiles paléozoïques (Fig. 4) (De Wever et Guiraud 2018).

Les spécimens géologiques de cette région sont vendus comme des œuvres d'art et des pièces de collection (Fig. 4), ce qui accélère leur disparition et la perte de leur valeur scientifique, éducative et géotouristique. En revanche, une fois acquis par un musée, les exemplaires géologiques sont référencés. Leur enregistrement marque la propriété et garantit une certaine forme de sécurité juridique.



Fig. 4. Exemple de fossiles commercialisés provenant du Paléozoïque du sud-est du Maroc (région d'Erfoud).

V. Programme national et international du patrimoine géologique et géomorphologique, et les géoparcs

Le patrimoine géologique et géomorphologique constitue une richesse non réductible. Il décrit l'histoire de la terre depuis 4,6 milliards d'années à nos jours. La préservation de ce patrimoine est un défi pour la société humaine, confrontée à plusieurs problèmes tels que le réchauffement climatique, l'exploitation irrationnelle des ressources, la pollution ... d'où la nécessité de le préserver et de le sauvegarder pour les générations futures.

L'UNESCO a pris l'initiative de lancer un programme international de géosciences et de géoparcs (PIGP) qui s'appuie sur deux coopérations : l'Union Internationale des Sciences Géologiques (UISG) et le Réseau Mondial des Géoparcs (GGN). Ces deux coopérations ont lancé deux programmes internationaux : le programme international des géosciences (PICG) et les Géoparcs mondiaux UNESCO.

1. Programme international des géosciences (PICG)

C'est un programme qui aborde cinq thèmes intéressants à savoir : les ressources terrestres, le changement planétaire, les géorisques, l'hydrogéologie et la géodynamique.

Le Programme International des Géosciences (PICG) travaille en étroite collaboration avec l'Union Internationale des Sciences Géologiques (UISG) depuis 1972 et, depuis 2018, avec la "Jeju Province Development Corporation" (JPDC) de la République de Corée, afin de réunir les scientifiques du monde entier pour qu'ils bénéficient de l'esprit de coopération sous l'égide de l'UNESCO.

L'objectif principal de ce programme est de favoriser la coopération scientifique internationale, le partage des connaissances dans le domaine des géosciences et le renforcement des capacités, dans le but de promouvoir l'utilisation durable des ressources naturelles, de faire progresser les nouvelles initiatives liées à la géodiversité et au géopatrimoine, et de réduire les risques naturels.

2. Géoparcs mondiaux UNESCO

Un géoparc est une zone géographique exceptionnelle unie par un patrimoine géologique et géomorphologique intéressant ainsi que par un paysage étonnant d'importance internationale. Il est géré selon des critères très stricts et suivant un concept très précis de protection, de conservation, d'éducation, de développement durable et d'implication des communautés locales. En effet, les efforts de l'UNESCO pour créer des Géoparcs ont commencé en 2001. En 2004, 17 géoparcs européens et 8 chinois ont formé le réseau mondial des géoparcs (GGN). Ce réseau permet aux projets nationaux de patrimoine géologique et géomorphologique de contribuer et de bénéficier de l'adhésion à un réseau mondial de partage et de coopération.

Ainsi, en 2015, un nouveau label géoparcs a été créé par l'UNECSO, dont le but est la reconnaissance gouvernementale de l'importance de la gestion des sites et paysages géologiques exceptionnels de manière intégrale. Il convient de noter qu'à ce jour, 177 géoparcs mondiaux de l'UNESCO ont été créés dans 47 pays (Fig. 5).

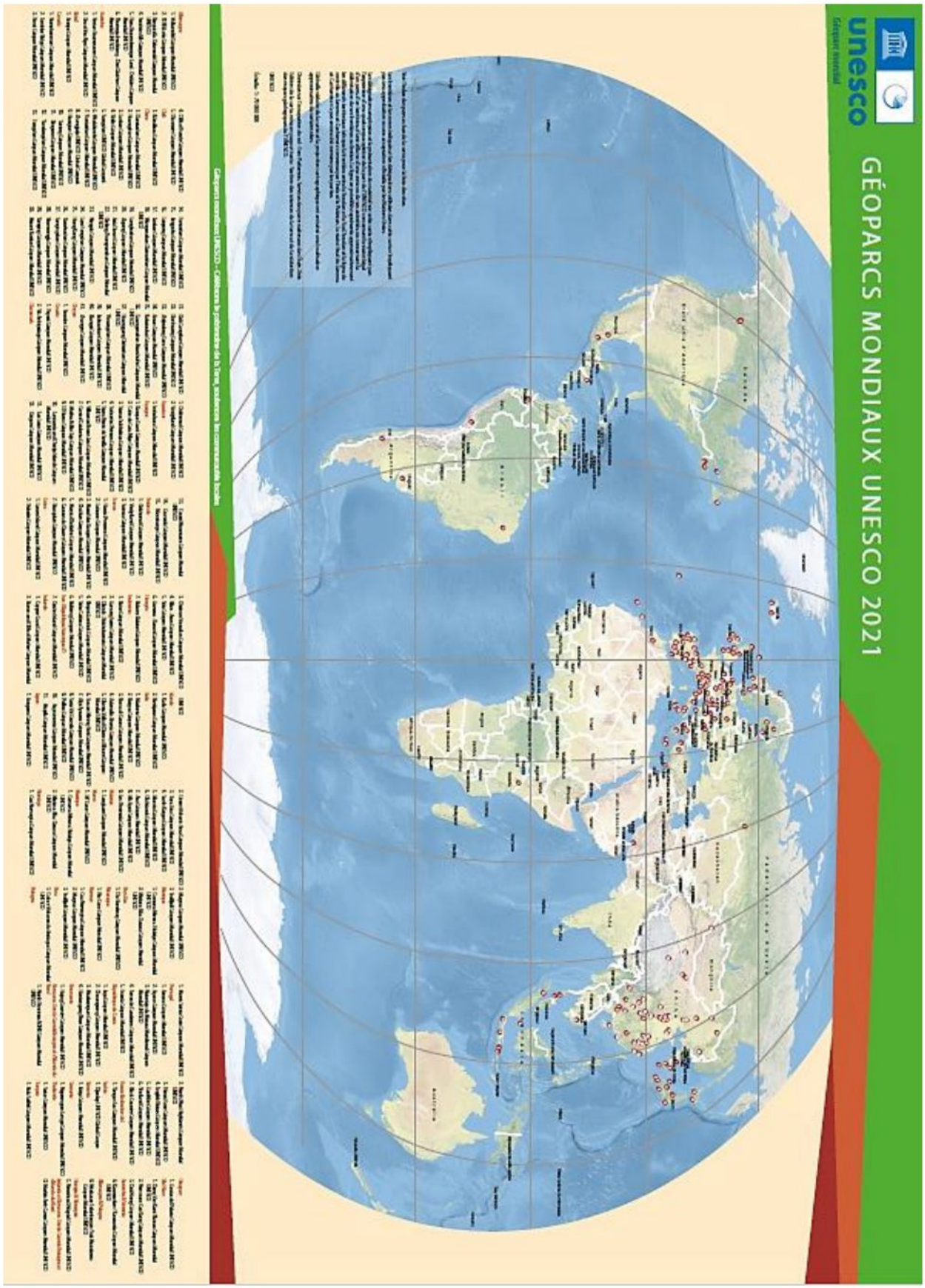


Fig. 5. Géoparcs mondiaux (UNESCO 2021). Sites : https://www.unesco.org/fr ; https://fr.unesco.org/programme-international-geosciences-et-geoparcs

3. Cadre législatif du patrimoine géologique au Maroc : la loi 33-13 et projet de loi 46-20

Le patrimoine géologique du Maroc est l'un des piliers des secteurs économiques du pays, d'où la nécessité de le valoriser, le préserver et de l'exploiter rationnellement afin de le transmettre aux générations futures. Ce patrimoine géologique comprend plusieurs secteurs, dont le patrimoine minier et le patrimoine paléontologique. La gestion de ce même patrimoine est régie par des lois législatives, à savoir le projet de la loi 46-20 qui modifie et complète la loi 33-13 sur les mines.

En effet, ce projet de loi et la loi 33-13 énoncent une série de dispositions légales et de mesures visant à structurer l'extraction, la collecte et la commercialisation des spécimens minéralogiques, fossiles et météoritiques, et à donner la priorité à la main d'œuvre locale en termes d'emploi dans un objectif d'inclusion de la population locale et de développement de l'économie régionale.

Ces législations prévoient également d'autres réglementations qui indiquent : i) les conditions d'importation et d'exportation de spécimens minéraux et fossiles; ii) le droit de premier refus des minéraux, spécimens fossiles et météorites à exporter de la part des services géologiques compétents; iii) la procédure de délivrance des autorisations d'extraction de spécimens minéraux et fossiles selon leurs catégories ; iv) les procédures permettant aux services géologiques d'exprimer leur avis en cas d'exportation de spécimens.

De plus amples informations sur la collecte de spécimens miniers et paléontologiques, ainsi que sur les exploitations minières, sont disponibles sur le site web du ministère marocain de l'énergie et du développement durable.

VI. Conclusion

Le géopatrimoine est une ressource inestimable et sa préservation représente un défi majeur pour notre civilisation, confrontée à de nombreux problèmes tels que le réchauffement de l'atmosphère, l'exploitation non durable des ressources naturelles et le pillage illicite des fossiles. De ce fait, il est primordial de protéger et de conserver ce patrimoine pour les générations futures.

Les notions de géosites, géomorphosites, géotope, géopatrimoine, géodiversité, géotourisme et géoconservation ont acquis une importance croissante dans le domaine des sciences géologiques et ont dépassé le cercle des spécialistes pour devenir des éléments essentiels des

politiques d'aménagement et de développement des territoires. La reconnaissance rapide de l'importance du patrimoine naturel a mobilisé la communauté géologique, comprenant à la fois des professionnels et des amateurs, pour contribuer progressivement au développement et à la protection du géopatrimoine.

En effet de nombreux programmes nationaux et internationaux ont réagi à ces problématiques. L'UNESCO a joué un rôle prépondérant en lançant le Programme International des Géosciences et des Géoparcs (PIGP). De plus, le gouvernement marocain a pris des mesures concrètes en mettant en place la loi 33-13 et en projetant la loi 46-20. Ces initiatives visent à garantir une gestion rationnelle et exemplaire du patrimoine géologique et géomorphologique.

CHAPITRE II : Cadre général

Introduction

Le Maroc est le premier pays africain à recevoir le label Géoparc. Le Géoparc de M'goun, situé dans le Haut Atlas marocain. Il est un exemple remarquable du patrimoine géologique africain et il représente une reconnaissance majeure de la richesse géologique du pays.

Le Moyen Atlas et la plaine de la Moyen Moulouya, plus encore que le Haut Atlas, regorgent d'un patrimoine géologique et géomorphologique extrêmement riche et diversifié. Les deux régions se distinguent par la qualité et la richesse de leurs affleurements géologiques et géomorphologiques, ainsi que par les sites d'intérêts scientifique, éducatif et géotouristique qu'elles abritent. De plus, ces régions bénéficient d'un emplacement stratégique, d'un climat typique et de ressources naturelles et culturelles exceptionnelles, ce qui en fait une destination privilégiée et complète pour les amateurs de tourisme en montagne.

Grâce aux nombreux avantages de ces régions, nous avons choisi de les étudier dans le but de valoriser leurs richesses et de fournir un outil d'aide et de gestion aux autorités locales. Ce travail pourrait servir de base pour la création d'un géoparc dans ces régions. L'objectif est de mettre en valeur le patrimoine géologique et géomorphologique exceptionnel de la région, tout en offrant une approche durable et équilibrée du développement local. Un géoparc constituerait une opportunité unique de promouvoir le tourisme géologique, de sensibiliser le public à l'importance de la préservation du patrimoine naturel et de stimuler l'économie locale.

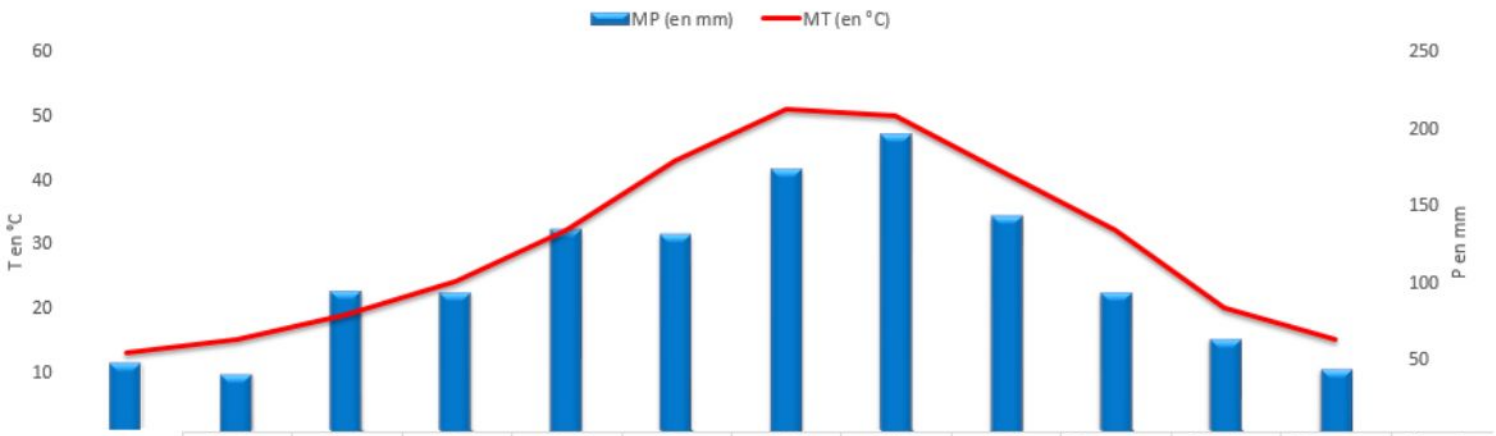
Ce chapitre décrit les caractéristiques de la zone d’étude y compris le contexte climatique, le couvert végétal et le peuplement animal, puis le réseau hydrique et le profil démographique de la zone d’étude, suivi par les activités économique et le contexte géologique et géomorphologiques de la zone d’étude.

I. Contexte climatique

Le Moyen Atlas plissé est une zone de moyennes et hautes montagnes, qui se dresse face aux masses d'air humide venant de l'océan Atlantique. Il est caractérisé par des sommets souvent enneigés en hiver et possède un climat de type semi-aride, méso-thermique, à surplus modéré en hiver. La végétation, principalement composée d'armoise et d'alfa, reflète le type de climat qui prévaut dans la chaîne. La région et caractérisée par un hiver très froid, avec chute de neige et une pluviométrie d'environ 200 mm/an à 450 mm/an (Fig. 6), et un été chaud au cours duquel quelques chutes de pluies surviennent souvent sous forme d'orages (monographie 2011).

Le bassin de la Moyenne Moulouya est largement influencé par le climat sub-saharien et l'orographie de la chaîne atlasique. En effet, le dispositif qui l'entoure est le principal facteur de son aridité. Il faut également noter que son régime thermique est extrêmement contrasté avec des étés très chauds et orageux et un hiver très froid avec une pluviométrie moyenne de l'ordre de 130 mm/an (monographie 2011). La région présente une atmosphère sèche pendant 11 mois (El Faleh et Mahdoudi 2001) et un climat continental caractérisé pas le vent est (Chergui), mais relativement frais et humide lorsque le vent ouest domine (Gharbi).

Ces conditions climatiques, ainsi que l'érosion hydraulique et éolienne ont joué un rôle très important dans la sculpture de monuments morphologiques tels que les buttes témoins, les hoodoos et les cuestas.



	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
MP (en mm)	48	40	94	93	134	131	173	195	142	93	63	43
MT (en °C)	13	15	19	24	32	43	51	50	41	32	20	15

Fig. 6. Diagramme ombrothermique de la région de Boulemane sur la base des moyennes des 30 dernières années (monographie 2011).

II. Contexte écologique

1. Couvert végétal

La nature du climat qui règne dans le Moyen Atlas plissé, conjugué à l'altitude moyenne à élevée des reliefs, favorisent le développement d'un couvert végétal très particulier. En effet, la majorité des forêts sont dominées par des arbres des oxycèdres, des chênes verts et des genévriers rouges. Des steppes d'alfa et quelques plantes médicinales, notamment l'armoise et le romarin couvrent les plaines.

Cependant, la région se caractérise par 2 sites d'intérêt biologique et écologique (SIBE) celui de Jbel Tichoukt et celui de Jbel Bou Naceur. Ce dernier est caractérisé par une diversité floristique endémique remarquable, notamment *Artemisia flahaultii* Emb. (Rhanem 2018). Les principales unités de végétation caractérisant le site selon l'étagement bioclimatique comprennent les steppes à Alfa couvrant les piémonts du massif, les matorrals, la tetraclinaie, le genévrier rouge, la rahallaisse, la pinède d'Alep, la pinède maritime, la buxaie, la chênaie verte, la cédraie et les xérophytes thurifères qui couvrent les sommets du massif (Rahou 1996). On y trouve également une faune résiduelle caractéristique et plusieurs espèces d'oiseaux.

Le couvert végétal de la Moyenne Moulouya est très faible, la végétation est constituée de deux groupes prédominants : le jujubier (*Zizifus lotus*), les chénopodiacées et les graminées (Alfa) (Kaemmerer 1991).

2. Peuplement animal

La région est caractérisée par une richesse animale intéressante représentée par le principal habitat de l'Outarde Houbara d'Afrique. Il s'agit d'un oiseau en voie de disparition, qui a été réintroduit par le Centre émirati de propagation de la faune sauvage dans des réserves grâce à l'installation de deux stations de reproduction dans la région :

- La station principale de Missour, située à 14 km en direction de Midelt, a été établie en 1995. Elle possède une capacité de production de 32 000 œufs ;

- La station d'élevage d'Anjil, située à 65 km à l'WNW de Missour, a été créée en 2005. Elle dispose d'une capacité de production de plus de 20 000 outardes par an (https://www.ecwp.org/fr/ecwp/) .

La région abrite d'autres animaux sauvages tels que : chacals, pourceaux, renards, loutres, écureuils...

La population locale pratique une activité d'élevage, en particulier d'ovins et de caprins (Tab. 1). Cette activité a baissé ces dernières années en raison de l'exode des jeunes vers les villes et à cause de la sécheresse. Depuis peu, l'apiculture a pris une place importante dans les pratiques de la part de la population. Cette activité est bénéfique pour les revenus de la communauté et aussi pour l'environnement étant donné le rôle que jouent les abeilles dans la pollinisation (RGPH 2011).

Tab. 1. Production animale de la province de Boulemane (RGPH 2011).

Commune	Lait (L)	Laine (Kg)	Miel (Kg)	Viande rouge (T)				Viande blanche (T)
				Bovin	Ovin	Caprin	Camelin	
Outat El Haj	575,9	103 900	-	12,5	17,2	14,7	52	-
Boulemane	1 363 600	264 558	3038	1542,84	206,53	114,67	-	131,13
Missour	621 000	26 000	2100	17 200	26 650	197 800	13 000	4 800

III. Réseau hydrographique

Malgré son climat aride à semi-aride, la région est caractérisée par la présence d'une quantité importante d'eau, généralement sous forme de sources et d'oueds (Fig. 7). La plaine de la Moyenne Moulouya est sillonnée par l'Oued Moulouya et ses principaux affluents à savoir l'Oued Chouf Cherg et l'Oued Chag Lard qui prennent naissance dans le Moyen Atlas (Fig. 7). Ainsi, le Moyen Atlas plissé central et oriental sont connu par un nombre intéressant d'oueds dont les plus célèbres sont Oued Aït Moussa, Oued Issouka, Oued Marmoucha, Oued Mamma, Oued Lamsareh et Oued Tsiouant.

Les carbonates jurassiques, qui affleurent sur la quasi-totalité de l'étendue du Moyen Atlas plissé, offrent différents paysages karstiques (dolines, lapies, poljes, vallées, canyons, etc.), auxquels s'ajoutent des réseaux souterrains (grottes et rivières) donnant lieu à de nombreux systèmes hydrologiques individualisés. Ces formes karstiques résultent de conditions géologiques, morpho-structurales et bioclimatiques favorables. Cette karstification favorise la résurgence d'une multitude de sources fraîches permanentes telles que les sources Tittaouine et Tataw, ainsi que thermales telle que Aïn Skhounat.



Fig. 7. Les principaux Oueds et sources dans la zone d'étude.

IV. Profil démographique

La province de Boulemane englobe un ensemble de villes et villages qui se caractérisent par un faible taux démographique. Selon le découpage territorial, la province de Boulemane est composée de 21 communes, dont 4 communes urbaines : Boulemane, Missour, Outat El Haj et Skoura. La majorité de la population est constituée de résidents locaux essentiellement amazighs dont le mode de vie est principalement rural. Cette région souffre de nombreux défis en termes de développement humain vue son éloignement des grands centres urbains. Une synthèse détaillée des données monographiques de cette province est représentée dans le tableau 2 (RGPH 2004).

Tab. 2. Population de la province de Boulemane.

Commune	Population Totale	Population Rurale	Nombre d'agriculteurs
Outat El Haj	66505	57118	6798
Boulemane	46756	35780	6729
Missour	46076	25098	4635

V. Activité économique

La province de Boulemane est marquée par une population rurale plutôt pauvre où les revenus économiques sont rares et limités à l'agriculture, l'apiculture, l'élevage, la récolte des plantes aromatiques et médicinales.

En effet, la région présente de fortes potentialités en matière de production végétale et animale, où les données climatiques caractérisant la zone sont favorables à la culture fruitière, en particulier l'olivier et les rosacées à noyau. Cependant, malgré cette richesse, le diagnostic de la situation du secteur agricole fait ressortir que les performances atteintes restent en dessous des résultats attendus, notamment les contraintes naturelles, sociales et juridiques :

- les contraintes naturelles sont représentées comme suit : les précipitations sont faibles et irrégulières ; la fréquence des inondations ; les vents d'est (Chergui) ; la neige et les gelées du printemps dans les zones montagneuses et l'enclavement de la zone ;
- les contraintes juridiques sont constituées par : Les terres collectives représentent 90% de la superficie totale. La majorité des agriculteurs n'ont pas de titre de propriété, ce qui entrave le développement du secteur ;
- les contraintes sociales se résument à un taux élevé d'analphabétisme, à la pauvreté de la population et à la faible organisation socioprofessionnelle.

VI. Contexte géologique et géographique

1. Cadre géologique et géographique général

Le Moyen Atlas est une chaîne alpine intracontinentale, d'environ 400 km de long sur 100 km de large suivant une direction SW-NE. Il est encadré par la chaîne du Rif au Nord et le Haut Atlas au Sud, dont il est séparé respectivement par la plaine du Saïs et la plaine de la Moulouya (Fig. 8). La chaîne de montagnes telle qu'on la connait actuellement s'est formée au Tertiaire (-35 Ma) lors de l'orogenèse alpine qui résulte du rapprochement et de la collision entre les plaques lithosphériques d'Afrique et de Laurasie (Michard et al. 2008). Son style tectonique est de type jurassien caractérisé par une déformation souple et cassante.

La structure actuelle du Moyen Atlas permet de distinguer deux domaines :

- Le Moyen Atlas tabulaire au NW qui est formé de plateaux étagés entre 1000 et 2000 m d'altitude. Il est recoupé par des failles de direction N40 tel que l'Accident de Tizi n'Trhetten, (ATT)) et des failles transverses N120 à N140 (Fig. 8 et 9). Ses limites sont bien marquées, à

l'W et au N, par des escarpements pouvant atteindre 300 à 400 mètres de dénivelé. Les terrains qui affleurent en surface sont exclusivement formés par des dolomies et des calcaires du Lias inférieur et moyen déposés dans un environnement de plate-forme continentale (Charrière 1990 ; Sabaoui 1998 ; El Arabi 2001).

- Le Moyen Atlas plissé au SE est une région montagneuse qui culmine à 3326 m au Jbel Bou Naceur. La série méso-cénozoïque y est bien développée. Elle est formée essentiellement par des calcaires, des marno-calcaires et des marnes. Deux accidents majeurs encadrent longitudinalement ce domaine : au NW, l'Accident Nord Moyen Atlasique (ANMA) qui constitue le plus souvent la limite tectonique et morphologique avec le Moyen Atlas tabulaire et au SE l'Accident Sud Moyen Atlasique (ASMA) qui marque le contact avec la plaine de la Moulouya (Termier 1936 ; Colo 1962 ; Du Dresnay 1963) (Figs. 8 et 9). Ces accidents, hérités de l'orogenèse hercynienne, ont joué un rôle paléogéographique important au cours de la période méso-cénozoïque (Fedan 1988 ; Charrière 1990 ; Sabaoui 1998 ; El Arabi 2001).

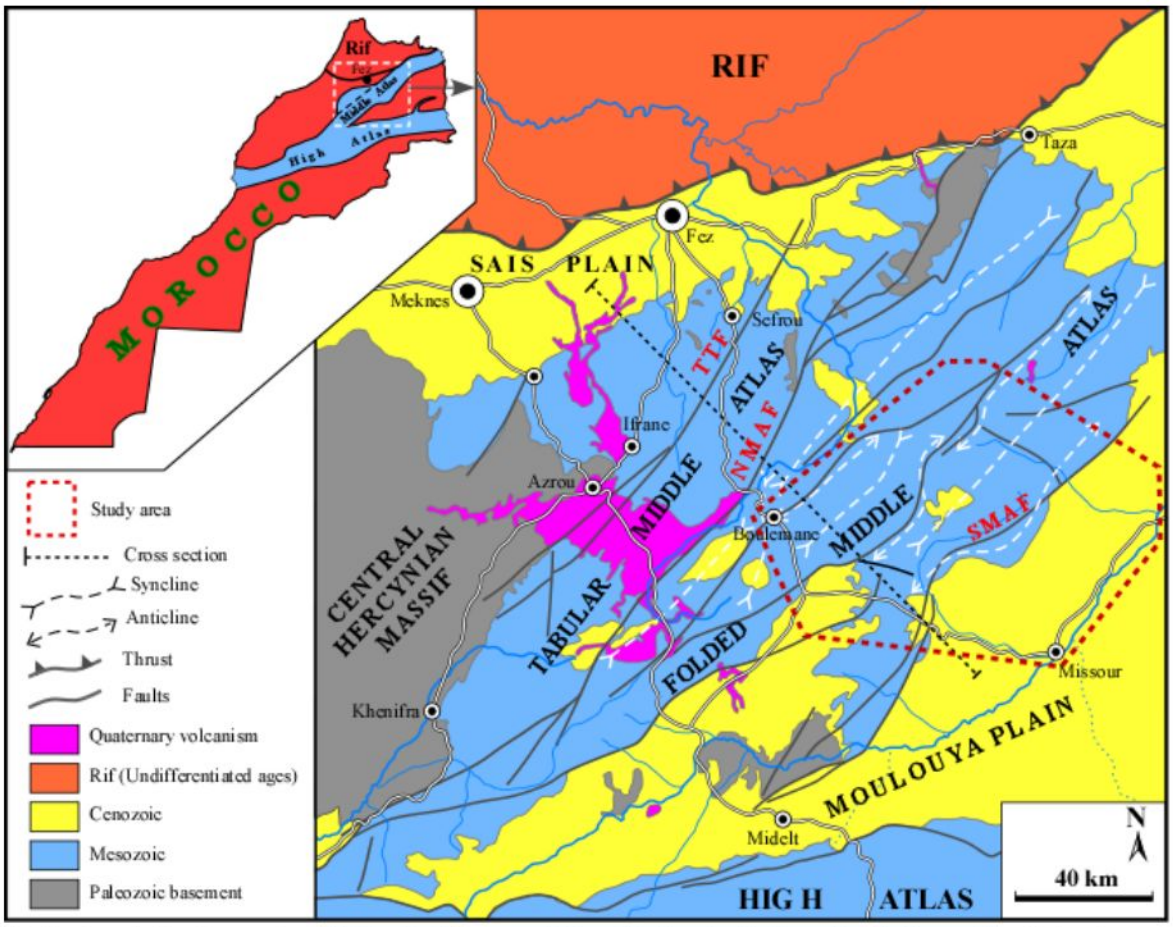


Fig. 8. Carte géologique simplifiée du Moyen Atlas. Redessinée à partir de la carte géologique marocaine au 1 : 1000000 (Hollard et al. 1985). *TTF :* faille de Tizi n'Trhetten ; *NMAF :* Accident Nord Moyen Atlasique ; *SMAF* : Accident Sud Moyen Atlasique (Ech-charay et al. 2022, modifiée).

La structure du Moyen Atlas plissé montre des anticlinaux étroits et souvent dissymétriques, formant des rides séparées par de larges synclinaux à fond plat et ondulés (Fig. 8). Les gouttières synclinales correspondent à des bassins subsidents au Lias supérieur et au Dogger moyen. Le comblement de ces gouttières s'est fait sous le contrôle d'une tectonique synsédimentaire active dont les témoins sont bien visibles aux contacts des rides anticlinales, telles des discordances progressives. Les synclinaux de la zone orientale sont essentiellement remplis par une série sédimentaire du Lias supérieur et du Dogger, alors que dans les synclinaux occidentaux, la sédimentation s'est poursuivie pendant le Crétacé et le Tertiaire.

Les rides anticlinales, s'organisent suivant les directions héritées du réseau tardi-hercynien (NE- SW). On distingue quatre rides, chacune d'elles est constituée d'une succession d'anticlinaux en guirlande. La première ride, au NW, correspond au passage de l'Accident Nord Moyen Atlasique (ANMA) et marque la transition du Moyen Atlas tabulaire au Moyen Atlas plissé (Fig. 9). La deuxième (ride de Tichoukt, culminant à 2793 m) et la troisième (ride de Bou Iblane, culminant à 3172 m) se situent au milieu de la chaine, tandis que la quatrième (ride de Bou Naceur, culminant à 3326 m), coïncide avec le passage de l'Accident Sud Moyen Atlasique (ASMA) qui marque le raccordement des reliefs de la chaine à un paysage de plaine, dont l'axe est occupé par l'Oued Moulouya. Le contact, brutal avec une dénivelée qui dépasse les 1000 m par endroit, est marqué par plusieurs glacis et glacis-cônes étagés.

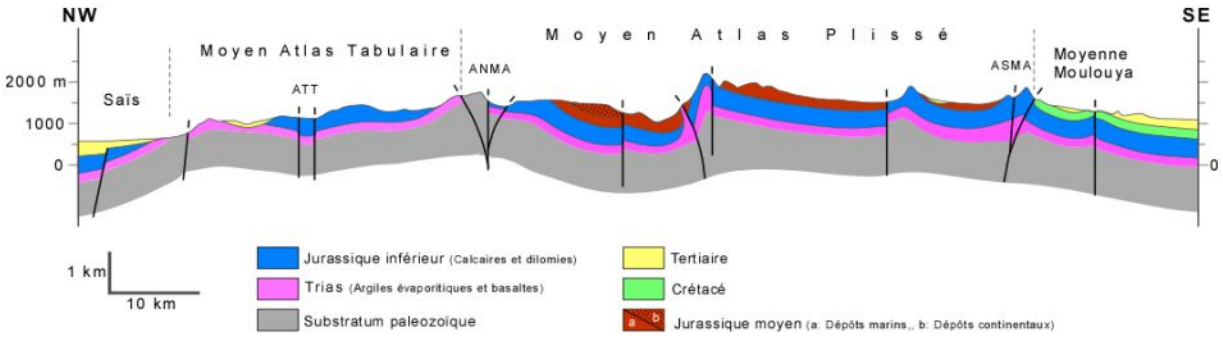


Fig. 9. Coupe géologique simplifiée à travers le Moyen Atlas (voir situation Fig. 8). ATT : Accident de Tizi n'Trhetten ; ANMA : Accident Nord Moyen Atlasique ; ASMA : Accident Sud Moyen Atlasique (inspirée des travaux de Fedan 1988 ; Charrière 1990 ; Sabaoui 1998 ; El Arabi 2001).

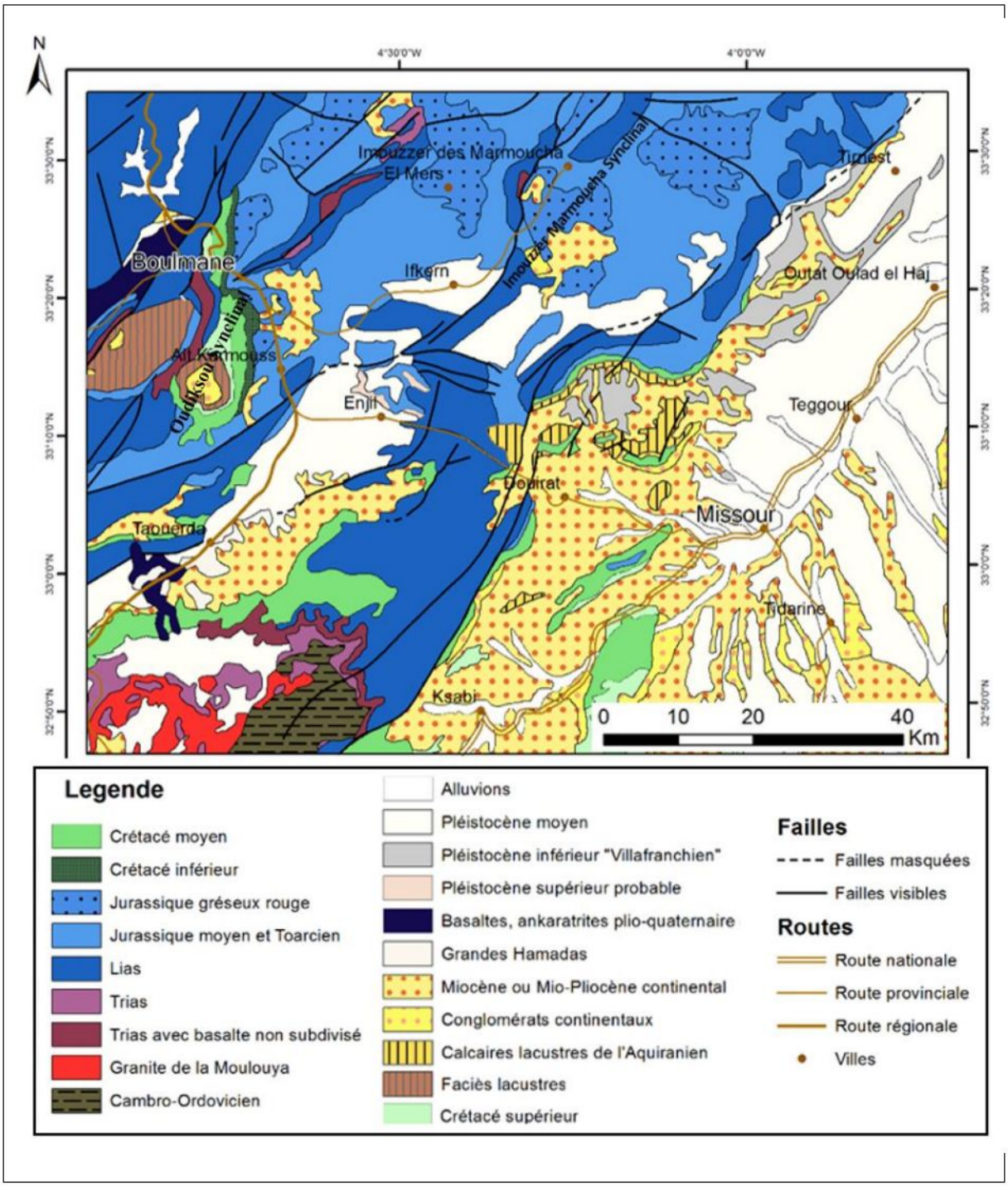


Fig. 10. Carte géologique de la région étudiée extraite de la carte 1 :1000000 (Hollard et al. 1985).

Le Moyen Atlas plissé est constitué par des formations sédimentaires illustrant bien la couverture méso-cénozoïque (Fig. 10). La série sédimentaire débute par les argiles rouges et les basaltes du Trias dont les affleurements sont très réduits et sont limités aux accidents majeurs associés aux rides anticlinales. Au Lias inférieur, la sédimentation argilo-salifère du Trias est remplacée par une sédimentation calcaro-dolomitique à la suite de la transgression de

la Téthys (Fedan 1988 ; Charrière 1990 ; Sabaoui 1998 ; El Arabi 2001). Durant le Lias moyen-supérieur, la sédimentation est devenue calcaro-marneuse et plus marneuse au Bajocien inférieur-moyen (Fig. 11). Cette série marneuse est coiffée par des calcaires récifaux (Calcaires Corniches) du Bajocien supérieur. Avec le retrait de la mer téthysienne au Bathonien- ? Callovien, s'accumulent des dépôts détritiques et des marnes à gypse dans les principaux bassins (Fedan 1988 ; Charrière 1990). Le Crétacé transgressif est constitué essentiellement par des marno-calcaires, des marnes à gypse, des faciès phosphatés et bitumineux. Le Crétacé est surmonté par le Paléocène détritique et l'Éocène moyen carbonaté. À partir de l'Éocène supérieur, le Moyen Atlas est soumis à une évolution lagunaire et continentale, à l'exception de la transgression du Miocène supérieur dans sa partie septentrionale (Charrière 1990).

L'activité volcanique du Quaternaire, est essentiellement développée dans le Moyen Atlas tabulaire.

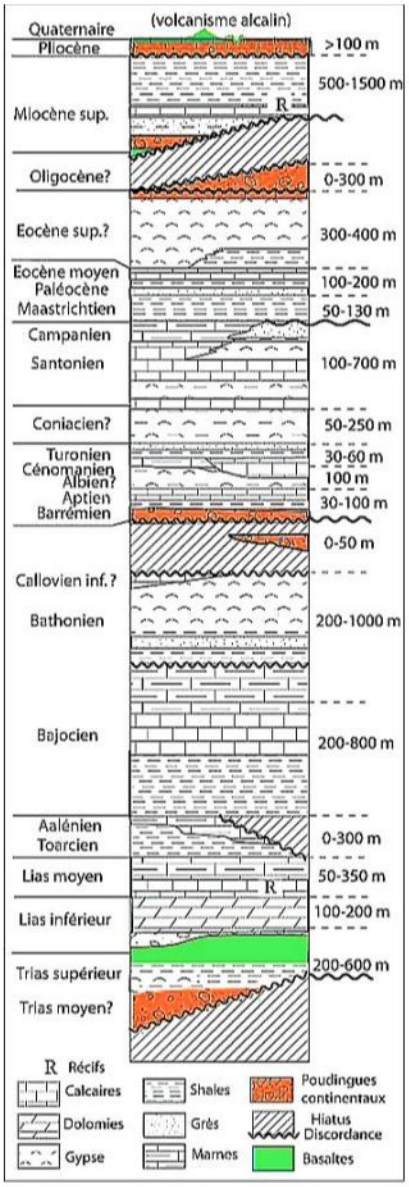


Fig. 11. Colonne lithostratigraphique du Moyen Atlas (Charrière et al. 2011).

2. Cadre géologique et géographique de la zone d'étude

a. Rides anticlinales

Les anticlinaux concernés par notre étude appartiennent aux rides de Tichoukt, de Timsouyal-Marmoucha et de Bou Naceur.

- **La ride de Tichoukt** est un anticlinal en genou, à déversement vers le NW, qui sépare deux larges synclinaux, le synclinal d'El Mers au SE et le synclinal de Skoura au NW (Figs. 12 et 13). Il présente une ossature constituée de dolomies et calcaires du Lias inférieur et moyen au-dessus desquels reposent la Formation des Marnes de Boulemane (Bajocien moyen) et la Formation de Recifa (Bajocien supérieur). La série se poursuit par des faciès régressifs du Bathonien-?Callovien (Formation Ich-

Timellaline/Bouakrabène et formations El Mers (Figs. 12 et 13). Le Crétacé transgressif des synclinaux d'Oudiksou et de Tighboula, situés à l'ouest repose en discordance angulaire sur différentes formations du Jurassique.

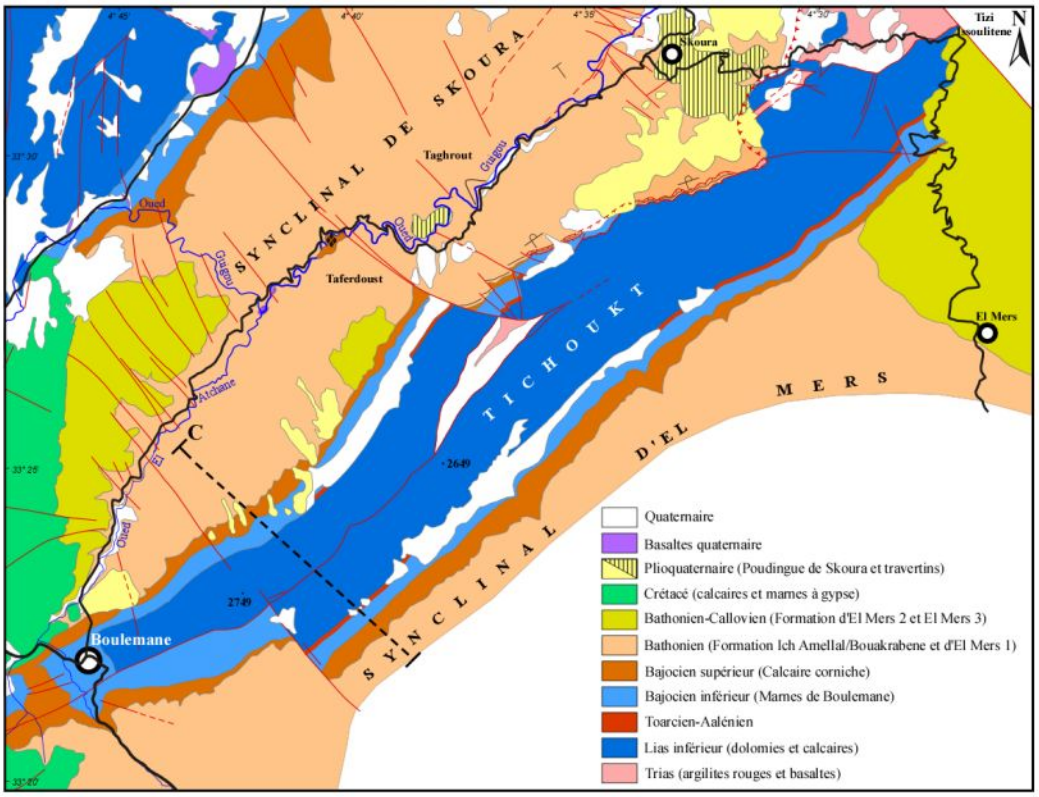


Fig. 12. Carte géologique de l'anticlinal de Tichoukt (Oukassou et al. 2019 modifiée).

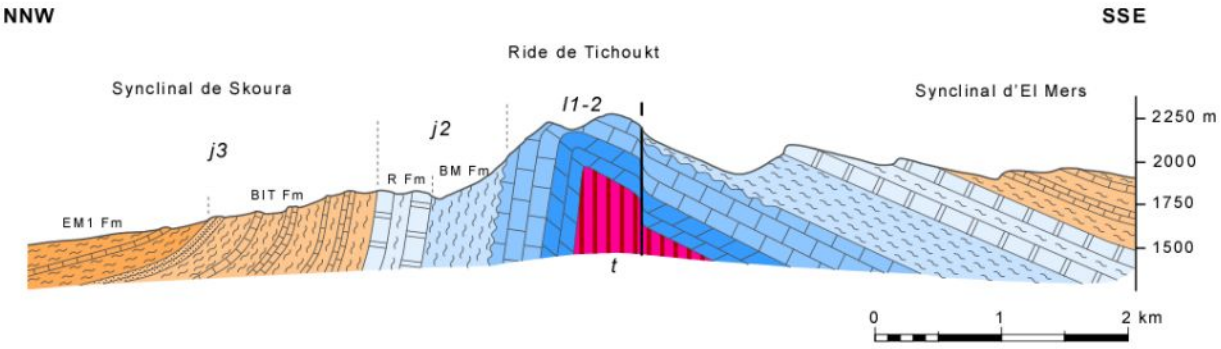


Fig. 13. Coupe schématique à travers la ride de Tichoukt (voir situation Fig. 12). t : Trias ; l1-2 : Lias inférieur et moyen ; j2 : Bajocien ; j3 : Bathonien ; BM Fm : Formation des Marnes de Boulemane (Bajocien moyen) ; R Fm : Formation Recifa (« Calcaires Corniches », Bajocien supérieur) ; BAIT Fm : Formation Bou Akrabène-Ich Timellaline (Bajocien terminal-Bathonien); EM1 Fm : Formation El Mers1 (Bathonien).

- **Jbel Amrar** est l'un des plis anticlinaux de la troisième ride (la ride de Bou Iblane). Il est orienté NE-SW. Il se trouve sur le passage de l'Accident Sud Moyen Atlasique (ASMA). La série lithostratigraphique y est représentée par les calcaires du Lias au cœur

de la structure (Fedan 1988), surmontés par des formations tendres de marnes et marno-calcaires, intensément érodés, du Bajocien inférieur et moyen (Benshili 1989), puis les calcaires corniches du Bajocien supérieur formant des crêtes tout autour de la dépression d'Iwansitn (Fig. 14).

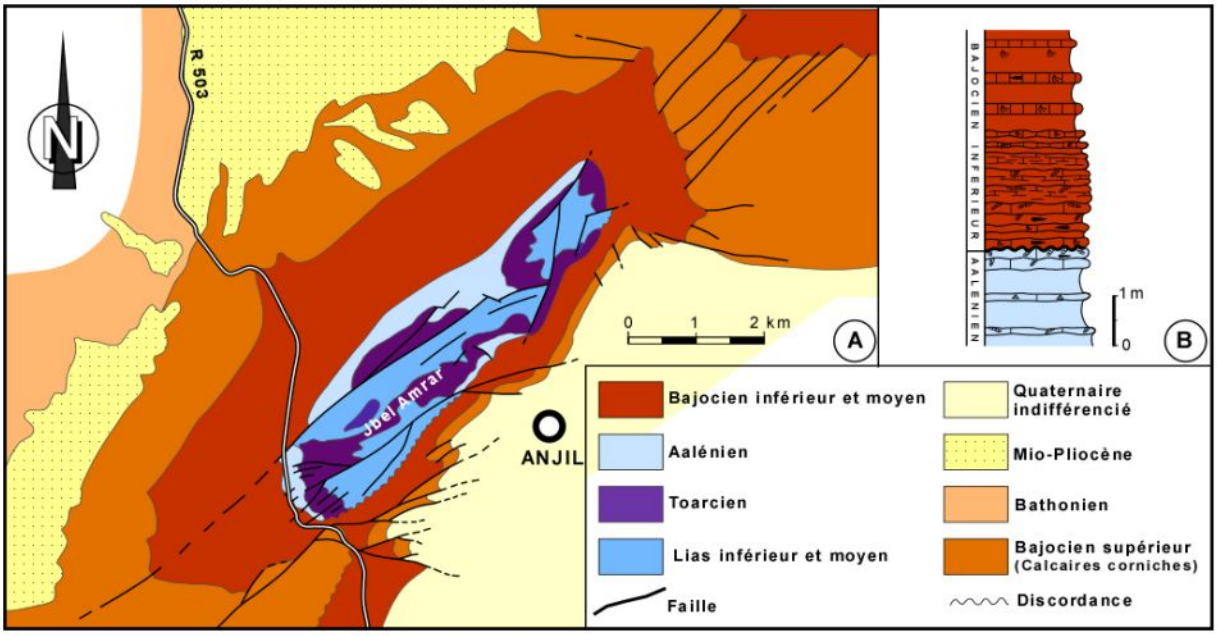


Fig. 14. Carte géologique de la dépression d'Iwansitn et du Jbel Amrar (A), (reproduite d'après Fedan 1988) et coupe du passage Aalénien-Bajocien inférieur (B) (redessinée d'après Benshili 1989).

- **La ride de Timsouyal-Marmoucha** est une ride subméridienne qui sépare le synclinal d'El Mers à l'ouest de celui d'Imouzzer Marmoucha à l'est. Elle est formée essentiellement par des dolomies et calcaires du Lias inférieur surmontés par une formation marno-calcaire alternante à céphalopodes du Lias moyen (Fig. 15).

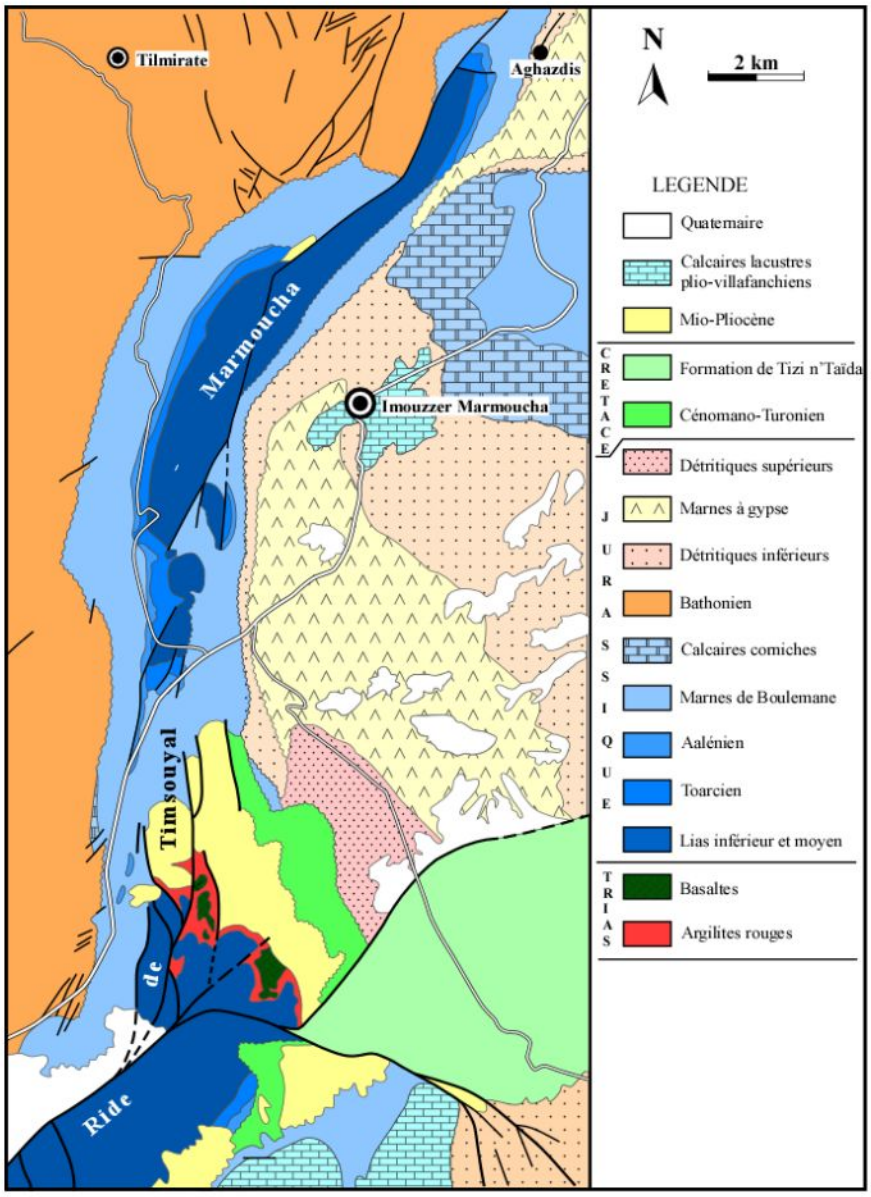


Fig. 15. Carte géologique de la région des Marmoucha (reproduite d'après Fedan 1988).

- **Jbel Bou Naceur et Jbel Tsiouant** font partie de la quatrième ride. Cette ride présente une particularité géologique du fait qu'elle constitue la zone de passage entre deux types différents de faciès jurassiques (Fig. 16), ceux du Moyen Atlas plissé et ceux des Hauts plateaux, situés à l'Est de la plaine de la Moulouya. En effet, la série du Jurassique moyen (Dogger) dans le Moyen Atlas est formée essentiellement par des marno-calcaires et marnes, déposés dans des bassins subsidents relativement profonds, tandis que celle des Hauts plateaux, est une série réduite qui est formée par des calcaires dolomitiques de plate-forme (Benshili 1989 ; Beauchamp et al. 1996). La limite entre les deux environnements est matérialisée par la zone de passage de l'Accident Sud Moyen Atlasique (ASMA) qui a joué un rôle important dans la différenciation de la

paléogéographie au cours du Jurassique (Fedan 1988 ; Du Dresnay 1988). Cet accident, à jeu normal pendant le Jurassique, a évolué vers un chevauchement ou faille inverse lors du serrage de l'orogenèse alpine (Beauchamp et al.1996 ; Gomez et al. 1996 ; Sani et al. 2000). C'est un accident qui est toujours actif comme en témoignent les déformations des dépôts plio-quaternaires, en bordure NW du Bassin de Missour, aux pieds des reliefs du Moyen Atlas plissé (Gomez et al. 1996 ; Delcaillau et al. 2007 ; Laville et al. 2007).

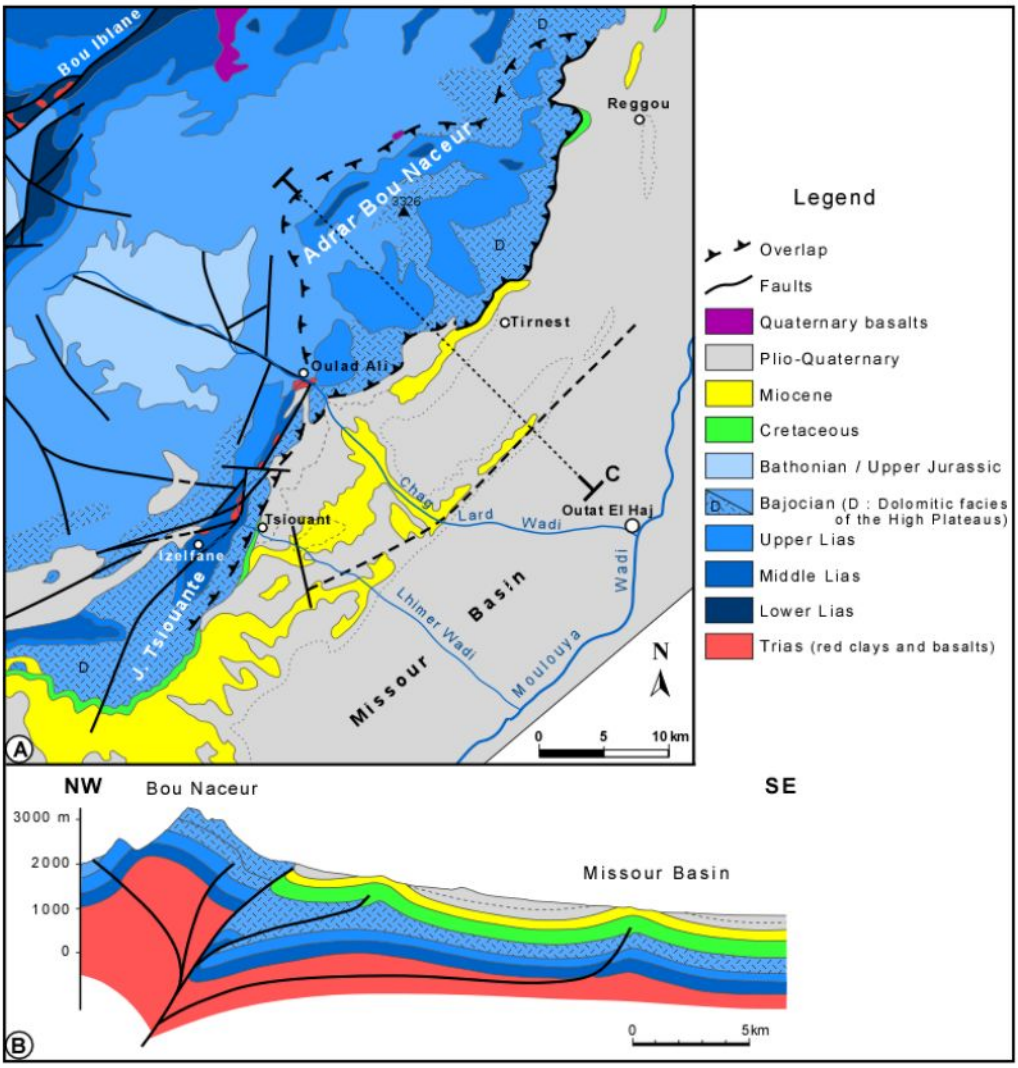


Fig. 16. Carte simplifiée (A) et coupe transversale (B) à travers le front sud du Moyen Atlas et le bassin de Missour (Ech-charay et al. 2022) (Carte inspirée de la carte géologique d'Oujda, 1/500000, les structures profondes de la coupe transversale sont inspirées de Laville et al. 2007).

b. Les dépressions synclinales

- **Synclinal d'Imouzzer Marmoucha**

Ce synclinal est le plus oriental des principaux synclinaux du Moyen Atlas plissée. Il est situé entre la 3ème et la 4ème ride anticlinale. Le comblement de ce bassin s'est fait par des dépôts marins essentiellement marneux (Formation des Marnes de Boulemane) et calcaires (Formation des Calcaires Corniches) du Bajocien (Fig. 15). La sénescence de ce synclinal, durant le Bathonien- ? Callovien est représentée par trois formations principales : les détritiques inférieurs les marnes à gypse et les détritiques supérieurs (Fedan 1988). Pendant le comblement de ce bassin, l'air de sédimentation a migré du NE au SW en relation avec une activité tectonique synsédimentaire. Le Crétacé, essentiellement marno-calcaire, est discordant sur tous les termes du Jurassique (Fig. 15). Ce Crétacé marin est surmonté par une mollasse du Mio-Pliocène continentale (Fedan 1988). Les dépôts crétacés et tertiaires sont localisés dans une gouttière au sud d'Imouzzer Marmoucha (Fig. 15).

- **Synclinal d'Oudiksou**

Le Synclinal d'Oudiksou se situe au sud de la ville de Boulemane (Fig. 10). Il présente un allongement subméridien. Contrairement au synclinal d'Imouzzer Marmoucha, le synclinal d'Oudiksou présente une série sédimentaire d'âge Crétacé supérieur et Tertiaire bien développée (Charrière 1990). Celle-ci est discordante sur la Formation des Marnes à gypse et les dépôts gréso-conglomératiques qui les surmontent (Bathonien- ? Callovien). Les niveaux supérieurs des Marnes à gypse ont livré des ossements de stégosaures et d'ankylosaures (Maidment et al. 2020, 2021). Le Crétacé transgressif est représenté par une sédimentation marno-calcaire, marne à gypse et des dépôts phosphatés et bitumineux. Les derniers dépôts dans ce bassin sont essentiellement continentaux du Tertiaire.

c. Bassin de la Moyenne Moulouya

Le bassin de la Moyenne Moulouya, qui commence à Anjil vers le NW et à Mibladen vers le Sud (Reynal 1961), est encadré par le Moyen Atlas au Nord-Ouest, les causses de Rekkame à l'Est et le Haut Atlas au Sud. La vallée de l'Oued Moulouya qui occupe le centre de ce bassin, présente de part et d'autre de vastes plaines et plateaux. Les plateaux (Rekkame) dominent en occupant 55% de la superficie du bassin tandis que les plaines occupent 39% et les reliefs 6% (Saadi et al. 2021). Le bassin correspond à une cuvette subsidente qui a subi des mouvements orogéniques alpins en les amortissant. Le substratum se présente comme un vaste synclinal dissymétrique plongeant faiblement vers les plateaux de Rekkame au SE et d'une remontée brutale vers le Moyen Atlas au NW (Labbassi 1991).

Les formations géologiques du bassin s'étalent du Mésozoïque au Cénozoïque (Reynal 1961 ; Labbassi 1991), dont l'écrasante majorité des terrains sont d'âge Crétacé, Tertiaire et Quaternaire (Fig. 10). La partie centrale du bassin de la Moyenne Moulouya est couverte par des dépôts tertiaires continentaux, desquels émergent des structures anticlinales tels que Jbel Wisslaj, Arhlal, Azreg et Bou Amran dont le cœur est constitué de formations jurassiques et crétacés (Labbassi 1991). Au Tertiaire, le bassin était le siège d'une sédimentation continentale détritique et chimique dont les matériaux proviennent de l'érosion des formations jurassico-crétacées avoisinantes (Reynal 1961 ; Labbassi 1991 ; El Faleh et Mahdoudi 2001). Le Quaternaire est constitué de terrasses fluviatiles à différents niveaux, modérément disséquées et consolidées qui affleurent sur les deux rives de l'Oued Moulouya, et dont les mieux conservés se trouvent sur la rive gauche du bassin (Kaemmerer 1991).

VII. Conclusion

Le Moyen Atlas plissé et la plaine de la Moyen Moulouya sont réputés pour la diversité de leurs formations géologiques et de leurs paysages, ce qui a permis de retracer une part significative de l'histoire géologique du Maroc à travers leurs caractéristiques géopatrimoniales. Malgré ces richesses, ces deux régions souffrent d'un certain isolement, d'un manque d'études sur l'évaluation de leur patrimoine géologique, d'un déficit d'infrastructures de base, d'un faible dynamisme local, d'un manque de développement économique et surtout d'une grande marginalisation.

En effet, Dans le cadre de la recherche géologique et géomorphologique de la région étudiée, certaines zones ont été privilégiées pour des études approfondies visant à mettre en évidence leur histoire géologique par contre d'autres zones n'ont bénéficiées que par peu d'étude. Ces études ont été menées dans le but de mieux comprendre la formation et l'évolution de la région, ainsi que les processus géologiques et géomorphologique qui ont façonné son paysage actuel.

Les chercheurs ont sélectionné ces zones en fonction de différents critères, tels que la présence de caractéristiques géologiques significatives, l'existence de formations rocheuses particulières ou encore l'intérêt scientifique et géologique de la région. Grâce à ces études géologiques et géomorphologiques, de nouvelles informations ont été découvertes sur la région étudiée. Les chercheurs ont pu déterminer l'âge des formations rocheuses, identifier les processus tectoniques qui ont influencé la région, reconstruire les changements climatiques passés et établir des modèles de l'évolution du paysage au fil du temps. Tous ces résultats ont des implications importantes en termes d'étude de géopatrimoine, l'élaboration des inventaires, le développement du géotourisme, la gestion des ressources naturelles, la planification du territoire et la prévention contre les risques de dégradation. En comprenant mieux l'histoire géologique de la région étudiée, il devient possible de prendre des décisions éclairées concernant son développement, sa préservation et sa protection.

Chapitre III : Méthodologie

Introduction

Le géotourisme est un concept jeune, qui a pour objectif de promouvoir auprès du large public le patrimoine géologique (Cayla 2009). La première étape pour le développement d'un géotourisme dans un territoire donné est l'identification et la classification des sites géologiques et géomorphologiques. L'étape suivante est la protection des géosites et géomorphosites aussi bien juridiquement pour contrer les pillages que physiquement pour limiter l'action des agents d'érosion.

Afin de réussir l'étude du géopatrimoine dans une région donnée, il est nécessaire d'abord de choisir la méthodologie de travail. Cela permet une évaluation qualitative et quantitative autorisant une comparaison des géosites et des géomorphosites sur une base bien définie, dans le but de préserver les plus importants et de promouvoir un géotourisme responsable. Selon Santos et al. (2020), un inventaire doit être bien structuré et basé sur une méthodologie fiable, sinon les sites pertinents peuvent être sous-évalués ou même non identifiés.

Au cours des dernières années, plusieurs études de recherches dans le domaine du développement des méthodologies d'inventaire et d'évaluation des géosites et des géomorphosites ont été publiées (Wimbledon et al. 1995 ; Wimbledon 1999, 2011 ; Pralong 2005 ; Reynard 2005, 2009 ; Reynard et al. 2007, 2016 ; Brilha 2005, 2015, 2016 et 2018 ; Ruban 2010,2016 ; Pereira et Pereira 2010 ; Bruschi et al. 2011 ; Fassoulas et al. 2012 ; Fuertes-Gutiérrez and Fernández-Martínez 2012 ; Wimbledon et Smith-Meyer 2012 ; Sellier 2016 ; Sanchez et Brilha 2017 ; Mikhailenko et al. 2017, 2021 ; Bruschi and Coratza 2018 ; Reynard et Brilha 2018 ; Zwoliński et al. 2018 ; Mucivuna et al. 2019 ; Pereira et al. 2019 ; Santos et al. 2020 ; Baadi et al. 2020 ; Vegas and Díez-Herrero 2021). Sur la base de certaines méthodologies (Brilha 2016 et Santos et al. 2020), nous avons développé un nouveau concept d'évaluation (Ech-charay et al. 2022).

La méthodologie proposée par Brilha (2016) distingue les géosites ayant une valeur scientifique intéressante des sites de géodiversité ayant des valeurs éducatives et touristiques en faisant un inventaire des sites et une évaluation quantitative de leurs valeurs sur la base de quatre composantes : i) valeur scientifique (VS), ii) utilisation éducative potentielle (PEU), iii) utilisation touristique potentielle (PTU), iv) risque de dégradation (DR).

En revanche, la méthodologie proposée par Santos et al. (2020) vise à inventorier et à évaluer les sites géomorphologiques d'une région donnée. L'évaluation des sites comprend leur valeur scientifique, éducative, géotouristique, les conditions de promotion et les risques de dégradation. L'objectif est de développer un produit d'aide à la gestion environnementale axé sur la géoconservation et l'utilisation durable des géomorphosites.

La combinaison des deux méthodologies mentionnées ci-dessus est justifiée car la méthodologie de Brilha (2016) qui développe davantage l'évaluation des valeurs scientifiques, éducatives et géotouristiques. Cependant, la méthodologie de Santos et al. (2020) met l'accent et décrit en détail les valeurs supplémentaires, telles que les valeurs esthétiques, écologiques et culturelles.

Nous avons ajouté une étape cruciale appelée évaluation spécifique à ces deux méthodologies pour distinguer et évaluer séparément les géosites et les géomorphosites. D'autre part, certains éléments ont été modifiés et adaptés à notre zone d'étude, tels que les paramètres de risque de dégradation pour une évaluation plus fiable.

Ainsi, nous avons combiné une autre méthodologie de González-Guerrero et al. (2016), elle-même est basée sur les méthodologies de Cifuentes (1992) et Cifuentes et al. (1999), qui a pour objectif d'étudier la capacité de charge des sites naturels.

La capacité de charge touristique (TCC) est apparue pour la première fois dans la Déclaration de la Haye en 1989 sur le tourisme, qui faisait référence au lien intrinsèque entre le tourisme et l'environnement, établissant ainsi la nécessité de « la gestion rationnelle du tourisme pour la protection et le développement de l'environnement physique » (González-Guerrero et al. 2016). Dans ce sens, plusieurs travaux ont été élaborés pour quantifier la capacité de charge des sites exposés à un risque de dégradation touristique tels que les plages (Cisneros et al. 2016 ; Rodella et al. 2016), les parcs nationaux (González-Guerrero et al. 2016 ; Cupul-Magaña et Rodríguez-Troncoso 2017), les géoparcs (Guo et Chung 2019) et les grottes (Lobo et al. 2013 ; Lobo 2015 ; Chen et al. 2021). Ainsi, nous avons décidé de quantifier la capacité de charge touristique des sites qui courent un risque de dégradation élevé, et de fusionner la méthodologie de González-Guerrero et al. (2016) à celle d'Ech-charay et al. (2022). Cela se justifie par le fait que certains sites nécessitent une pré-étude de leur capacité d'accueil touristique afin de prévenir leur dégradation dans le futur, car chaque site a une capacité de charge touristique limitée, dépendamment de sa taille et/ou de sa superficie. Cette méthodologie a été ajoutée dans le cadre de l'évaluation quantitative, où nous avons modifié certaines parties afin de l'adapter à la zone d'étude et à notre concept de travail.

I. Méthodologie de Brilha (2016)

La méthodologie de Brilha (2016), distingue les géosites ayant une valeur scientifique des sites de la géodiversité qui, eux ont des valeurs éducatives et géotouristiques. Le terme géosite est réservé aux sites qui ont une valeur scientifique reconnue à l'échelle nationale et/ou internationale. Pour évaluer les sites identifiés, cette nouvelle méthode distingue quatre volets : i) la valeur scientifique (SV), ii) l'utilisation éducative potentielle (PEU), iii) l'utilisation touristique potentielle (PTU), iv) le risque de dégradation (DR).

La procédure d'évaluation générale des sites, proposée dans cette méthodologie, se déroule en trois étapes successives :

i) L'évaluation qualitative, basée sur une recherche bibliographique pour identifier les sites potentiels ayant des valeurs scientifiques, éducatifs et touristiques significatifs, suivi d'une recherche sur le terrain afin d'identifier, de caractériser et de sélectionner de nouveaux sites ;

ii) L'évaluation quantitative de la valeur scientifique de l'ensemble des géosites, et de la valeur éducative et touristique des sites de la géodiversité ;

iii) L'évaluation des risques de dégradation pour les différents sites retenus et l'établissement d'une liste finale des géosites et des sites de la géodiversité.

1. Évaluation qualitative des sites

L'évaluation qualitative est fondée sur la sélection et l'identification des sites potentiels situés dans la zone d'étude.

a. Sélection

Les géosites sont sélectionnés en se basant sur quatre critères : Représentativité, Intégrité, Rareté et Connaissances Scientifiques (Tab. 3). Par ailleurs, chaque site de la géodiversité qui a une valeur éducative est évalué qualitativement à l'aide des quatre critères suivants : Potentiel Didactique, Diversité Géologique, Accessibilité et Sécurité. Les sites de la géodiversité ayant une valeur touristique potentielle sont évalués qualitativement en utilisant les quatre critères suivants : Paysage, Potentiel d'Interprétation, Accessibilité et Sécurité.

Tab. 3. Critères utilisés dans l'évaluation qualitative des critères sélectionnés (Brilha 2016).

Type de site	Critères
Géosite (SV) **Utilisation scientifique**	• **Représentativité :** concerne l'adéquation du géosite pour illustrer un processus ou une caractéristique géologique qui apporte une contribution significative à la compréhension du sujet, du processus, de la caractéristique ou du cadre géologique. • **Intégrité :** liée à l'état de conservation actuel du géosite, en tenant compte à la fois des processus naturels et des actions humaines. • **Rareté :** en fonction du nombre de géosites dans la zone d'étude présentant des caractéristiques géologiques similaires. • **Connaissance scientifique :** basée sur l'existence de données scientifiques déjà publiées sur le géosite.
Site à valeur éducative (PEU) **Utilisation éducative potentielle**	• **Potentiel didactique :** lié à la capacité d'une caractéristique géologique à être facilement comprise par des étudiants de différents niveaux d'enseignement (écoles primaires et secondaires, universités). • **Variété des éléments géologiques :** nombre de types différents d'éléments de géodiversité présents dans un même site. • **Accessibilité :** conditions d'accès au site en termes de difficulté et de temps passé à pied pour des élèves ordinaires. • **Sécurité :** liée aux conditions de visite, en tenant compte du risque minimum pour les élèves.
Site à valeur touristique (PTU) **Utilisation géotouristique Potentielle**	• **Paysage :** associé à la beauté visuelle de l'occurrence géologique (paysage ou affleurement). • **Potentiel d'interprétation :** lié à la capacité d'un élément géologique à être d'une caractéristique géologique à être facilement comprise par les non-spécialistes. • **Accessibilité :** conditions d'accès au site en termes de difficulté et de durée de la promenade pour le grand public. • **Sécurité :** liée aux conditions de visite, en prenant en considération le risque minimum pour les visiteurs.

b. Identification

Après la recherche bibliographique et le travail de terrain, une liste définitive des géosites, et les sites de la géodiversité est retenue pour la zone d'étude. Une fiche de caractérisation est établie pour chaque site sélectionné (Tab. 4).

Tab. 4. Données de caractérisation des géosites et des sites de géodiversité (Brilha 2016).

Type de site	Données de caractérisation
Géosites	• Nom du géosite (afin de faciliter une identification rapide et facile de tous les géosites, le nom d'un géosite doit inclure la principale caractéristique géologique et la référence géographique ; • Localisation géographique (y compris les coordonnées GPS) • Propriétaire (public ou privé) • Protection juridique (le cas échéant) • Accessibilité • Fragilité et vulnérabilité • Description géologique • Caractéristiques géologiques les plus remarquables qui justifient la nécessité de considérer le site comme un géosite. • Cadre géologique (le cas échéant) • Limites éventuelles à son utilisation scientifique.
Géodiversité (Utilisation éducative potentielle et Utilisation touristique potentielle)	• Nom du site géodiversitaire (comme pour le nom des géosites, il est recommandé que le nom d'un site géodiversitaire comprenne le type d'élément géologique et une identification géographique) • Localisation géographique (y compris les coordonnées GPS) • Propriétaire (public ou privé) • Protection juridique (le cas échéant) • Accessibilité • Fragilité et vulnérabilité • Description géologique • Caractéristiques de la géodiversité ayant un potentiel éducatif et/ou touristique • Liens éventuels avec des biens écologiques et culturels • Limitations éventuelles de l'utilisation (nécessité de payer un droit d'entrée, restrictions de la capacité de charge, limitations saisonnières, etc.) • Conditions de sécurité (conditions actuelles pour les étudiants et les touristes en tenant compte de leur sécurité) • Conditions d'observation (des principaux éléments de géodiversité).

2. Évaluation quantitative

L'évaluation quantitative du géopatrimoine est effectuée dans le but de diminuer la subjectivité associée à toute procédure d'évaluation et de définir les priorités de gestion (Brilla 2016, 2018 ; Sánchez et Brilha 2017). Sept critères sont choisis pour évaluer les géosites à savoir : i) représentativité, ii) localité clé, iii) connaissances scientifiques, iv) intégrité, v) diversité géologique, vi) rareté, vii) limites d'utilisation.

L’évaluation quantitative de l'utilisation potentielle pour l'éducation est basée sur 12 critères qui sont : i) vulnérabilité, ii) accessibilité, iii) limites d'utilisation, iv) sécurité, v) logistique, vi) densité de la population, vii) association avec d'autres valeurs, viii) paysage, ix) l'unicité, x) conditions d’observation, xi) potentiel didactique, xii) diversité géologique.

L'évaluation quantitative de l'utilisation touristique potentielle considère 13 critères : i) vulnérabilité, ii) accessibilité, iii) limites d'utilisation, iv) sécurité, v) logistique, vi) densité de la population, vii) association avec d'autres valeurs, viii) paysage, ix) l'unicité, x) les conditions d'observation, xi) potentiel d'interprétation, xii) niveau économique, xiii) proximité des aires de loisirs.

Les différents critères pour l'évaluation quantitative de l’ensemble des sites sont ponctués par les valeurs 0, 1, 2, 3 et 4 (la valeur 3 n'est pas utilisée pour l'évaluation de la valeur scientifique), ainsi que chaque critère est également pondéré par un pourcentage en fonction de son importance (Brilha 2016).

3. Évaluation du risque de dégradation et du potentiel pour les utilisations éducatives et touristiques

L'évaluation du risque de dégradation s'appuie sur cinq critères (Brilha 2016) : la détérioration des éléments géologiques, la proximité de zones/activités susceptibles de provoquer une dégradation, la protection juridique, l'accessibilité et la densité de la population (Tab. 5). Ces cinq critères sont ponctués par les valeurs 0, 1, 2 et 4. La valeur finale de l’évaluation résulte de la somme des valeurs des différents critères. En plus de la ponctuation des critères de l’évaluation du risque de dégradation par des valeurs et des pourcentages, le risque de dégradation peut être classé comme étant faible, modéré et élevé.

Il faut noter que les deux critères accessibilité et densité de population sont utilisés à la fois dans l'évaluation de la valeur éducative et touristique des sites et dans l’évaluation du risque de dégradation. Cependant, ces critères sont considérés d'une manière différente. Une bonne accessibilité, est considérée comme un avantage en termes de valeur éducative et touristique ; alors qu'en termes de risque de dégradation constitue un danger pour le site. La même remarque s'applique à la densité de la population.

Tab. 5. Critères utilisés pour l'évaluation du risque de dégradation (Brilha 2016).

Risque de dégradation	
Critères (notés de 0 à 4)	Pondération (%)
• **Détérioration des éléments géologiques :** reflète la possibilité de perte d'éléments géologiques dans le site.	35
• **Proximité de zones/activités susceptibles de provoquer une dégradation :** mines, installations industrielles, zones de loisirs, routes, zones urbaines, etc.	20
• **Protection juridique :** liée à l'emplacement du site dans une zone bénéficiant d'un type quelconque de protection juridique (directe ou indirecte).	20
• **Accessibilité :** reflète les conditions d'accès au site pour le grand public. Un site dont l'accès est facile est plus susceptible d'être endommagé par une mauvaise utilisation par les visiteurs qu'un site dont l'accès est difficile.	15
• **Densité de population :** révèle le nombre de personnes qui vivent à proximité du site et qui peuvent causer une détérioration potentielle du site en raison d'une utilisation inappropriée.	10

II. Méthodologie de Santos et al. (2020)

La méthodologie proposée par Santos et al. (2020) est basée sur d'autre travaux antérieurs, entre autres Grandgirard (1999) ; Panizza (2001) ; Pralong (2005) ; Serrano et González-Trueba (2005) ; Pralong (2005) ; Pereira et Pereira (2010) ; Bruschi et al. (2011) ; Bollati et al. (2012) García-Ortiz et al. (2014) ; Perret (2014) ; Coratza et al. (2016) ; Sellier (2016) ; Reynard et al. (2016) ; Brilha (2016).

La procédure d'évaluation des géomorphosites proposée dans cette méthodologie se déroule en trois étapes principales : i) évaluation préliminaire, ii) caractérisation, iii) évaluation quantitative. La première étape est dédiée à la sélection des géomorphosites pour les inclure dans l'inventaire et les deux autres étapes constituent l'évaluation complète du site.

1. Évaluation préliminaire

L'évaluation préliminaire comprend plusieurs étapes :

1. La première étape est la définition du contexte géomorphologique de la zone étudiée. Elle se base sur les produits de télédétection, autres cartes thématiques, cartes géomorphologiques, enquête bibliographique et travail sur le terrain, etc.
2. La Sélection des sites dans chaque contexte en tenant compte de la représentativité des reliefs. Cette étape doit prendre en compte des critères spatiaux et temporels, afin que

l'inventaire puisse couvrir à la fois la diversité géomorphologique et les phases morphogénétiques. Les sites doivent être sélectionnés par leur pertinence scientifique, mais aussi par leur potentiel d'utilisation éducative et touristique. Cette étape aboutit à la création d'une liste préliminaire de sites.

3. L'évaluation des sites en fonction des paramètres et des scores affichés dans le tableau 6. L'objectif principal de cette étape est d'éviter l'inclusion des sites non pertinents dans les procédures suivantes (caractérisation et évaluation quantitative). Seuls les sites ayant obtenu un score élevé sont sélectionnés. Il n'y a pas de score spécifique à atteindre. L'évaluateur peut décider du score minimum en tenant compte des aspects spécifiques de son travail (Santos et al. 2020). Les seules recommandations sont : les sites qui présentent une très grande rareté doivent être choisis ; les sites qui présentent un score intéressant pour les paramètres principaux, mais un faible score pour les paramètres supplémentaires et les paramètres d'utilisation et de gestion, ne doivent pas être exclus ; chaque contexte géomorphologique doit être représenté au moins par un site. La finalité de cette étape est d'élaborer une liste finale des sites qui seront inclus dans l'inventaire.

Tab. 6. Critères et notes pour l'évaluation préliminaire des sites (Santos et al. 2020).

Critères	**Évaluation**
• Paramètres centraux Représentativité Intégrité Rareté Connaissance scientifique	1 - faible 2 - moyenne 3 - haut 4 - très élevée
• Paramètres supplémentaires Pertinence écologique Pertinence culturelle Pertinence esthétique	0 - non 1 - faible 2 - moyen 3 - haut
• Paramètres d'utilisation et de gestion Accessibilité Sécurité Infrastructure Visibilité	1 - faible 2 - moyen 3 - haut

2. Caractérisation

Après l'évaluation préliminaire, les sites sélectionnés passent par un processus de caractérisation de leurs aspects géomorphologiques, des intérêts associés et des questions d'utilisation et de gestion. Cette étape a pour objectif de fournir les informations nécessaires pour l'évaluation quantitative afin de réussir les résultats finaux. Pour cette étape, l'auteur a proposé une fiche descriptive pour la caractérisation des sites sélectionnés (Tab. 7).

Tab. 7. Caractérisation des géomorphosites incluant les résultats de l'évaluation quantitative.

Résultats des évaluations	
Identification	Nom Localisation Propriété Limites d'utilisation éventuelles
Géomorphologie	Classification thématique (côtière, éolienne, glaciaire, tectonique, etc.) Classification spatiale (selon la Fig. 17) Taille/superficie Altitude Formes de terrain : actives et inactives (le cas échéant) Processus : actifs, inactifs ou passifs en évolution. Géomorphosite (d'après Pelfini et Bollati 2014) (le cas échéant) Morphogenèse (histoire morphogénétique)
Intérêts associés	Brève explication de chaque intérêt associé (haute géodiversité, autres domaines des géosciences, écologique, culturel, etc.)
Utilisation et gestion	Accès (depuis la ville ou le village le plus proche) : transports publics/privés ; sentiers ; accès aux fauteuils roulants (tient compte de la possibilité d'existence de différents points de vue spécifiques). Sécurité : Tient compte du type de visiteurs, de la taille des groupes et des risques inhérents au site. Conditions d'observation Potentiel d'interprétation et existence de matériel d'interprétation Infrastructure sur le site Infrastructure touristique régionale Intégrité et statut de protection Fragilité Vulnérabilité naturelle et anthropique
Évaluation quantitative	Graphique présentant les résultats de l'évaluation quantitative
Photos **Références**	

La classification spatiale (Fig. 17) dépend de la complexité spatiale du géomorphosite en fonction des processus et des formes de relief. En outre, les points d'observation sont considérés comme une station de visualisation des sites ou des paysages et non pas comme des géomorphosites. Il faut noter que cette classification est importante pour la création d'une base de données vectorielle dans le SIG, mais selon l'auteur cette dernière n'est pas obligatoire, mais fortement recommandée.

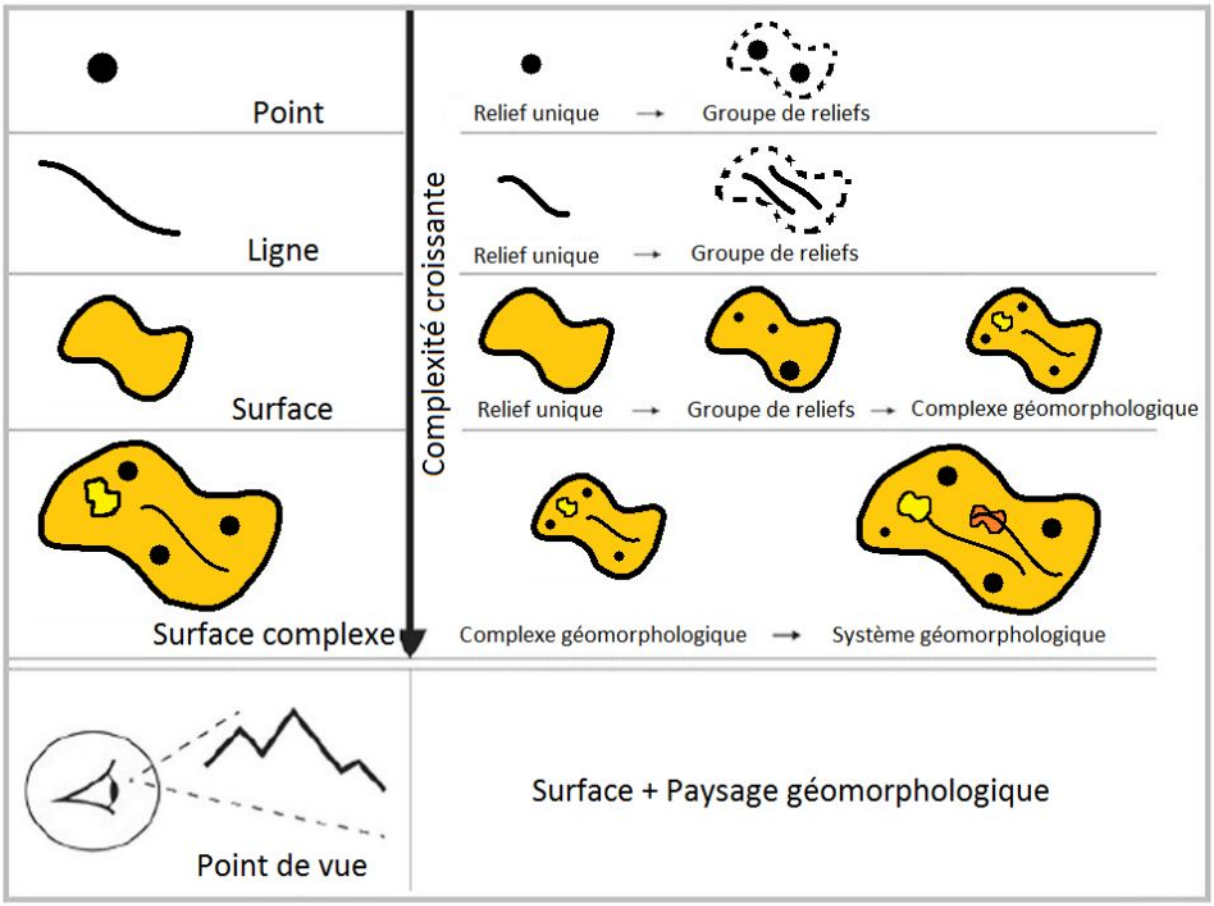


Fig. 17. Classification spatiale des géomorphosites (traduit de Perret 2014).

3. Évaluation quantitative

Cette étape est axée sur l'évaluation du potentiel d'utilisation du site qui est réparti en trois types : i) utilisation scientifique, ii) utilisation éducative, et iii) utilisation géotouristique. C'est-à-dire l'évaluation des conditions de visite afin de déterminer si le site est apte à être promu pour les visiteurs ou s'il nécessite des actions de gestion préalables. Ainsi, les risques de dégradation doivent être évalués quantitativement, car il s'agit d'une question fondamentale dans la géoconservation. Les valeurs écologiques, culturelles et esthétiques sont utilisées comme paramètres pour évaluer les valeurs d'usage (valeur scientifique, valeur éducative et valeur géotouristique). Ils sont également affichés comme valeurs supplémentaires dans le

résultat final en raison de leur importance éducative et touristique pour les géomorphosites. Des critères, appelés paramètres de base, ont été sélectionnés pour évaluer ces valeurs.

Les paramètres de base sont les suivants : représentativité, intégrité, rareté, géodiversité, potentiel d'interprétation, connaissances scientifiques et conditions d'observation. La valeur paléogéographique a été considérée comme faisant partie de la représentativité, puisque les reliefs ayant une valeur paléogéographique représentent en fait une partie de l'histoire de la terre, et n'ont donc pas besoin d'être évalués séparément.

La représentativité, l'intégrité et la rareté représentent une plus grande importance pour la valeur scientifique, soit 65 % du total. Alors que pour les valeurs éducatives et géotouristiques, ces critères ont une pertinence légèrement inférieure, vu que d'autres critères (potentiel d'interprétation et conditions d'observation) ont été considérés plus importants. Ainsi, la valeur esthétique est considérée comme la plus importante pour la valeur géotouristique en raison de l'attrait de la dimension esthétique pour le public en général.

L'évaluation des conditions de visualisation est considérée comme faisant partie de la valeur esthétique. La conservation est également prise en compte car un site dégradé perd ses caractéristiques, ce qui peut influencer son esthétique en fonction du degré d'altération. Enfin, le paramètre de la dimension esthétique est le plus subjectif, car il dépend davantage de l'évaluateur. Ce paramètre est évalué en fonction du potentiel du site à attirer des visiteurs grâce à son esthétique, les valeurs les plus élevées étant attribuées aux sites déjà reconnus par le grand public.

Les mêmes paramètres ont été utilisés pour évaluer différentes valeurs, mais avec un seuil de pondération différent vu que les valeurs n’ont pas la même importance. Un schéma de pondération a été proposé par ces auteurs pour évaluer les valeurs scientifiques, éducatives et géotouristiques, comme le montre le tableau 8. Les indicateurs pour évaluer les paramètres de base sont présentés dans le tableau 9 et les valeurs supplémentaires dans le tableau 10.

Tab. 8. Paramètres d'évaluation des valeurs scientifiques, éducatives et géotouristiques et leurs pondérations (Santos et al. 2020).

	Valeur scientifique	**Valeur éducative**	**Valeur géotouristique**
Représentativité	30%	20%	10%
Intégrité	20 %	10 %	15%
Rareté	15%	10%	10%
Géodiversité	5 %	5 %	5 %
Potentiel d'interprétation	0%	15%	15%
Connaissances scientifiques	10 %	10%	0%
Conditions d'observation	10%	15%	15%
Valeur écologique ou culturelle	10%	10%	10%
Valeur esthétique	0 %	5 %	20%

Tab. 9. Indicateurs pour évaluer les paramètres de base (Santos et al.2020).

Représentativité	**0.25 :** le site représente une forme ou un processus du contexte géomorphologique régional. **0.5 :** le site est le meilleur exemple d'une unité géomorphologique ou d'un processus du contexte géomorphologique régional. **0.75 :** le site représente une relation claire entre les formes et les processus ou le site a une pertinence paléogéographique. **1.0 :** le site représente une relation claire entre les formes et les processus et le site a une pertinence paléogéographique.
Intégrité	**0.25** : les formes et/ou les processus sont significativement altérés. **0.5 :** les formes et/ou processus sont significativement altérés, mais il est encore possible de les reconnaître clairement et de les analyser. **0.75** : les formes et/ou processus ne sont pas intacts, mais ne sont pas significativement altérés. 1.**0** : les formes et/ou processus sont intacts.
Rareté	**0.25** : le site représente une forme/un processus commun dans la région. **0.5 :** le site est le meilleur exemple d'une forme/processus commun dans la région. **0.75** : il y a peu d'exemples de la forme/du processus représenté par le site. **1.0 :** le site est la seule occurrence du type dans la zone d'étude.
Géodiversité	**0.25** : le site représente un complexe géomorphologique. **0.5 :** le site représente un système géomorphologique. **0.75** : le site présente des éléments pertinents au-delà de la géomorphologie (autres aspects de la géodiversité). **1.0 :** le site présente trois éléments pertinents ou plus au-delà de la géomorphologie (autres aspects de la géodiversité).
Connaissances scientifiques	**0.25 :** il existe du matériel scientifique disponible (monographies, résumés, rapports simples, etc.).

	0.5 : le site a été utilisé pour le développement de mémoires de master ou est actuellement utilisé pour le développement de recherches non encore publiées. **0.75 :** des travaux sur les caractéristiques géomorphologiques du site ont été publiés dans des revues nationales ou des livres d'intérêt national, ou le site a été utilisé pour le développement de thèses de doctorat. **1.0 :** des travaux sur les caractéristiques géomorphologiques du site ont été publiés dans des revues ou des ouvrages internationaux.
Conditions d'observation	**0.25 :** l'observation des éléments est très difficile, elle dépend de conditions spécifiques. **0.5 :** l'observation des éléments est difficile, mais elle ne dépend pas de conditions spécifiques. **0.75** : il y a peu de difficultés pour l'observation des éléments. **1.0 :** il n'y a pas d'obstacles à l'observation des éléments.
Potentiel d'interprétation	**0.25 :** convient uniquement aux étudiants en géosciences. **0.5 :** quelques connaissances géoscientifiques de base sont nécessaires pour interpréter le site (niveau scolaire). **0.75 :** convient aux jeunes et aux adultes. **1.0 :** convient à tout groupe, y compris les enfants.

Tab. 10. Indicateurs pour évaluer les valeurs additionnelles (Santos et al.2020).

Valeur écologique	**0.25 :** l'unité géomorphologique représentée par le géomorphosite a une relation directe avec un aspect biotique. **0.5 :** l'unité géomorphologique représentée par le géomorphosite est en relation directe avec un aspect biotique particulier (rare, endémique, menacé, etc.). **0.75 :** le site montre un conditionnement clair de la géomorphologie sur un aspect biotique. **1.0** : le site représente un cas particulier de relation entre la géomorphologie et la biodiversité.
Valeur culturelle	**0.25 :** il existe des éléments ayant une importance culturelle, mais qui ne sont pas directement liés au cadre géomorphologique. **0.5 :** il existe des éléments d'importance culturelle directement liés au cadre géomorphologique ou le site a une importance économique. **0.75 :** le site est/était occupé ou est très important pour une communauté traditionnelle ou le site a été utilisé pour le développement d'un système géomorphologique. **1.0 :** la principale caractéristique géomorphologique est anthropique, ou représente l'icône d'un peuple/région, ou est très pertinent pour l'histoire de la géomorphologie.
Valeur esthétique 1 : conditions de visualisation	**0.25 :** il y a des difficultés importantes pour visualiser le site, étant impossible de le voir dans sa totalité. **0.5** : il existe des difficultés importantes pour visualiser le site, mais il est possible de le voir dans sa totalité. **0.75** : le site peut être vu sans difficulté, mais seulement à partir de points de vue spécifiques. **1.0 :** le site peut être vu sans difficultés sans avoir besoin de se rendre à des points de vue spécifiques.

Valeur esthétique 2 : conservation	**0.25 :** site fortement altéré/dégradé. **0.5 :** site partiellement altéré/dégradé. **0.75** : site avec des altérations mais avec une faible influence sur son esthétique. **1.0 :** site en très bon état de conservation.
Valeur esthétique 3 : dimension esthétique	**0.25** : faible (la dimension esthétique ne contribue pas à attirer les visiteurs). **0.5 :** moyenne (la dimension esthétique peut être attrayante pour un public spécifique). **0.75 :** élevé (la dimension esthétique peut fortement contribuer à attirer les visiteurs). **1.0 :** Exceptionnel (site déjà largement reconnu par sa dimension esthétique).
Valeur esthétique	(AV1 + AV2 + AV3) / 3

Après l'évaluation des valeurs, vient l'évaluation des paramètres d'utilisation et de gestion, qui sont divisés en promotion et risques de dégradation. Les caractéristiques d'utilisation et de gestion ne sont pas considérées comme des valeurs des sites. Cette évaluation des conditions actuelles d'utilisation et des risques de dégradation des sites, n'est pas finale puisqu'elle peut changer si des mesures de gestion sont prises. L'intérêt majeur de cette évaluation quantitative, est de fournir un outil aux gestionnaires qui leur permettent d'identifier plus facilement les sites qui nécessitent une attention particulière, comme les sites à haute valeur et à haut risque de dégradation ou les conditions inadéquates pour recevoir des visiteurs (Santos et al. 2020).

Le tableau 11 présente les indicateurs permettant d'évaluer les paramètres de promotion, à savoir : l'accès par les transports publics ; l'accès par les transports privés ; la nécessité de marcher/randonner ; les risques naturels ; les risques humains ; la sécurité des groupes ; les infrastructures du site ; et les infrastructures touristiques régionales. Tous les paramètres ont été considérés comme d'égale importance ; aucune pondération n'est donc proposée pour cette évaluation (la valeur totale est la moyenne arithmétique) (Santos et al. 2020). Les indicateurs et la pondération pour les risques de dégradation sont : protection légale et indirecte ; accès ; fragilité ; vulnérabilité anthropique ; vulnérabilité naturelle ; et conflits d'usage (Tab. 12).

Tab. 11. Indicateurs pour l'évaluation des paramètres de promotion (Santos et al. 2020).

Accès par les transports publics	**0.25** : fréquence faible et éloignée du site. **0.5** : fréquence faible mais proche du site. **0.75** : fréquent mais éloigné du site. **1.0 :** fréquent et proche du site.
Accès par transport privé	**0.25 :** nécessité de véhicules spécifiques. **0.5 :** il est possible de visiter avec des véhicules ordinaires. **0.75 :** bonnes routes ou aire de stationnement pour les bus. **1.0 :** bonnes routes et aire de stationnement pour les bus.
Besoin de	**0.25 :** randonnée avec des difficultés techniques.

marcher/randonner	**0.5 :** longue randonnée techniquement facile ou courte randonnée techniquement facile, mais inaccessible aux visiteurs handicapés. **0.75** : promenade courte et techniquement facile, accessible aux visiteurs handicapés. **1.0 :** pas besoin de marcher.
Risques naturels	**0.25** : environnement dangereux, avec des risques d'accidents graves. **0.5** : faible risque d'accidents ou risque d'accidents graves dû à un comportement inadéquat. **0.75** : faible risque d'accidents dû à un comportement inadéquat. **1.0 :** environnement sûr.
Risques humains	**0.25** : problèmes liés à la violence. **0.5 :** site situé le long d'une route dangereuse. **0.75 :** site sans infrastructure de sécurité. **1.0 :** environnement sûr (le site dispose d'infrastructures de sécurité ou n'en a pas besoin).
Sécurité pour les groupes	**0.25 :** les visites de groupes exigent une attention particulière. **0.5 :** sûr pour les petits groupes. **0.75 :** sûr pour les groupes d'adultes. **1.0 :** sûr pour les groupes d'enfants
Infrastructure du site	**0.25** : site avec une éventuelle infrastructure (haute saison, week-ends, etc.). **0.5 :** site avec infrastructure d'interprétation mais sans autre infrastructure pour les visiteurs. **0.75** : site avec infrastructure pour les visiteurs (toilettes, magasins, etc.). **1.0 :** site doté d'une infrastructure d'interprétation et de visite.
Infrastructure touristique régionale	**0.25** : la ville/village le plus proche avec une infrastructure touristique est à moins de 3 h en voiture/bus. **0.5 :** la ville/village le plus proche avec une infrastructure touristique est situé à environ 1 h en voiture/bus. **0.75** : le site est situé dans les environs d'une ville/village avec une infrastructure touristique. **1.0 :** le site est situé à l'intérieur d'une ville/village avec une infrastructure touristique.

Tab. 12. Indicateurs pour l'évaluation des risques de dégradation (Santos et al. 2020).

Indicateurs	Évaluation des risques de dégradations	Pondération des risques de dégradation
Protection légale et indirecte	**0.25 :** site situé dans une zone protégée sans contrôle d'accès, mais avec la présence de communautés, d'associations ou de groupes qui protègent efficacement le site. **0.5 :** site situé dans une zone protégée sans contrôle d'accès ou site sans protection légale mais avec la présence de communautés, d'associations ou de groupes qui protègent efficacement le site. **0.75 :** site sans protection légale et avec une action réduite des communautés, associations ou groupes qui le protègent. **1.0 :** site sans protection légale ou indirecte.	**25**
Accès	**0.25 :** accès par une longue marche sans difficultés techniques ou une courte marche avec des difficultés techniques. La marche commence sur une route non goudronnée, mais accessible en bus. **0.5 :** site situé à proximité d'une route non asphaltée, mais accessible en bus. Peut inclure une marche courte et facile. **0.75 :** accès par une longue marche sans difficultés techniques ou une courte marche avec des difficultés techniques. La promenade commence sur une route pavée, facilement accessible en voiture ou en transport public. **1.0 :** site situé à proximité d'une route pavée, facilement accessible en voiture ou en transports publics. Peut inclure une marche courte et facile.	**10**
Vulnérabilité anthropique	**0.25 :** formes/processus vulnérables aux interventions à grande échelle sur le site ou les zones connexes, mais sans problèmes liés aux visites. **0.5 :** formes/processus vulnérables à des interventions à petite échelle sur le site ou dans des zones connexes, mais sans problèmes liés aux visites. **0.75 :** formes/processus vulnérables aux visites, nécessitant des soins particuliers (infrastructure, règles, guides, etc.). **1.0 :** formes/processus très vulnérables aux visites, limitées aux personnes autorisées.	**15**
Vulnérabilité naturelle	**0.25 :** possibilité de petites altérations des formes ou des processus du site par des processus géomorphologiques ou climatiques non liés au site. **0.5 :** possibilité d'altérations importantes des formes ou des processus du site par des processus géomorphologiques ou climatiques. **0.75 :** possibilité de destruction partielle des formes ou processus du site par des processus géomorphologiques ou climatiques non liés au site. **1.0 :** possibilité de destruction totale des formes ou processus du site par des processus géomorphologiques ou climatiques non liés au site.	**15**
Fragilité	**0.25 :** faible risque de dégradation dû aux conditions géomorphologiques inhérentes au site. **0.5 :** les processus géomorphologiques du site le détruisent progressivement (à l'échelle temporelle humaine ou historique).	**25**

	0.75 : possibilité de destruction totale du site en cas d'événements extrêmes. **1.0 :** risque de destruction totale dans un court laps de temps en raison des processus inhérents au site.	
Conflits d'usage	**0.25 :** il existe des conflits d'usage affectant ou empêchant les utilisations scientifiques, éducatives ou géotouristiques, mais ils n'imposent pas de risques pour le site. **0.5 :** il existe des conflits d'usage qui présentent des risques pour le site. **0.75 :** il existe des projets qui peuvent détruire le site s'ils sont mis en œuvre. **1.0 :** l'utilisation actuelle ou les changements imminents peuvent détruire le site dans un court laps de temps.	**10**

III. Méthodologie de González-Guerrero et al. (2016)

Cette méthodologie est inspirée de la méthodologie proposée par Cifuentes (1992) et Cifuentes et al. (1999). Elle vise à quantifier la capacité d'accueil touristique (TCC) d'un site géo-écotouristique dans une zone protégée. La méthodologie implique le calcul de quatre capacités de charge : capacité de charge physique (PCC), capacité de charge réelle (RCC), capacité de gestion (MC) et capacité de charge effective (ECC).

1. Capacité de charge physique (PCC)

Il s'agit de la capacité de charge physique qu'un site peut recevoir en une journée sans tenir compte de la qualité de la visite et de ses conséquences sur l'environnement.

$$PCC = S/SP\ (NV)$$

Où S est la longueur du sentier, SP est l'espace requis par les visiteurs qui est fixé à un mètre, NV est le nombre de fois que la zone peut être visitée par la même personne en une journée.

NV est calculé comme suit :

$$NV = Hv/\ Tv$$

Où Hv est l'horaire d'ouverture, Tv est le temps nécessaire à la visite.

2. Capacité de charge réelle (RCC)

Dans cette étape quatre facteurs sont pris en considération : le facteur social (FSoc), l'érodabilité (FCero), l'accessibilité (FCacc) et la saisonnalité (FCct).

- **FSoc :** correspond à l'espace minimum nécessaire pour chaque visiteur et à la distance entre les groupes.
- **FCero :** consiste à déterminer les impacts engendrés par le type de sol et la pente du terrain.

- **FCacc :** détermine le niveau de complexité de la visite en raison de la pente.
- **FCct :** fait référence à la période durant laquelle le site est ouvert.

Dans ce sens, la capacité de charge réelle (RCC) est calculée par l'équation suivante :

RCC= (PCC) **[**(FSoc) (FCero) (FCacc) (FCct)**]**

NB : les équations des quatre facteurs ci-dessus seront détaillées dans la partie "méthodologie adoptée" car nous ne les avons pas modifiées.

3. Capacité de gestion (MC)

Cette capacité prend en compte la partie administrative de l'aire protégée, en mettant l'accent sur trois paramètres : le personnel, l'infrastructure et l'équipement. Ces critères sont évalués grâce à quatre paramètres : quantité existante et optimale du personnel, de l'infrastructure et de l'équipement ; utilisation et état de conservation ; emplacement, distribution et accessibilité de l'équipement ; et fonctionnalité.

Pour obtenir ces informations, des enquêtes de terrain doivent être menées avec les gestionnaires de l'espace visité, dont l'objectif est de refléter la capacité de l'aire protégée à accueillir des visiteurs.

Les résultats obtenus à partir des questionnaires effectués, doivent être évalués selon le tableau ci-dessous.

Tab. 13. Valeurs pour l'évaluation des paramètres dans MC (Cifuentes et al. 1999)

Paramètre	**Valeur**
Insatisfait	0
Peu satisfait	1
Moyennement satisfait	2
Satisfait	3
Très satisfait	4

Afin de finaliser la quantification du MC, l'équation suivante est nécessaire :

(Infrastructure de base + Services + Personnel) /3

Le résultat final doit être converti en pourcentage pour expliquer la MC.

4. Capacité de charge effective (ECC)

Cette dernière étape vise à calculer le nombre maximal de visiteurs qu'un site peut accueillir en une journée, en tenant compte de la satisfaction des touristes et sans causer de dommages au site. Le résultat est la TCC (Fig. 18). Il est calculé comme suit : ECC = (RCC) (MC)

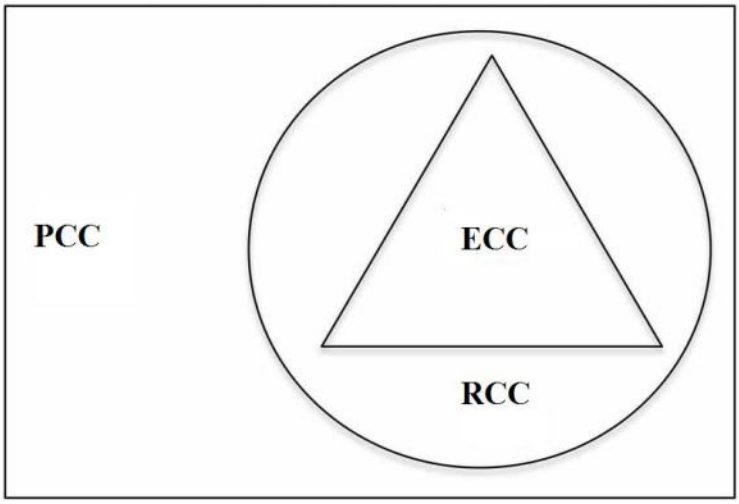


Fig. 18. Interaction des capacités d'accueil (Cifuentes 1992).

IV. Méthodologie adoptée

Après avoir consulté plusieurs démarches méthodologiques d'évaluation des géosites et des géomorphosites, nous avons choisi la méthodologie de Brilha (2016), de Santos et al. (2020) et celle de González-Guerrero et al. (2016) que nous avons fusionnées, modifiées puis adaptées à notre projet. Ainsi, nous proposons une procédure d'évaluation des sites du géopatrimoine qui se déroule en trois étapes successives : i) évaluation préliminaire, ii) évaluation spécifique, iii) évaluation quantitative (Fig. 19). La première étape a pour objectif la définition de la zone d'étude et la sélection des sites, la deuxième étape est dédiée à la notation et à la classification des sites et la troisième étape concerne l'évaluation complète des sites.

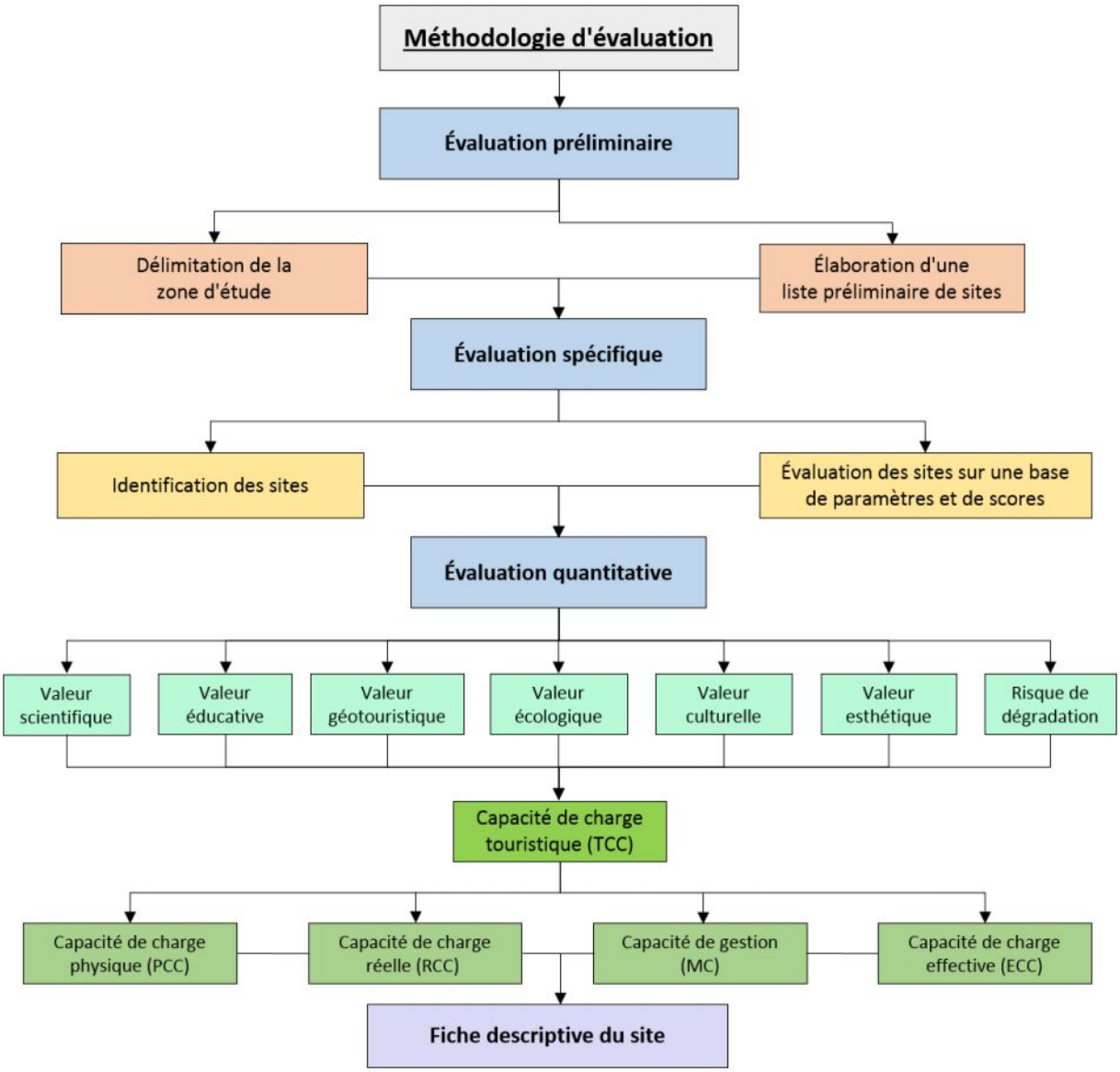


Fig. 19. Diagramme des différentes étapes de la méthodologie utilisée (Ech-charay et al.2022 modifiée).

1. Évaluation préliminaire

Nous avons commencé notre projet par la définition et la délimitation de la zone à étudier à la suite d'une synthèse bibliographique, d'un examen des différentes cartes (topographiques, géologiques, …) et d'un travail de terrain. Par la suite, nous avons procédé à une sélection des sites du géopatrimoine ayant une pertinence scientifique et qui ont un potentiel d'utilisation éducative et /ou touristique. Enfin, nous avons établi une liste préliminaire de tous les sites sélectionnés dans la zone d'étude.

2. Évaluation spécifique

Après avoir dressé la liste préliminaire des sites, nous avons établi une fiche d'identification

pour chaque site sélectionné dans laquelle nous précisons le nom du site, sa situation géographique, une description géologique et les caractéristiques géologiques les plus remarquables qui justifient la nécessité de considérer le site comme un géosite, ou les caractéristiques géomorphologiques les plus remarquables qui justifient la nécessité de le considérer comme un géomorphosite (Tab. 14). Nous précisons que la zone étudiée n'est soumise à aucune protection juridique spéciale et tous les sites sélectionnés se situent dans des territoires étatiques.

Tab. 14. Classification et critères d'identification et d'évaluation des sites de la liste préliminaire (adaptée d'après Brilha 2016 ; Santos et al. 2020).

Type de site	Critères d'identification	Critères d'évaluation	Scores
Géosites	- Nom du site - Coordonnées géographiques - Classification du site - Les caractéristiques géologiques les plus remarquables qui justifient la nécessité de considérer l'occurrence comme un géosite	• Paramètres centraux Représentativité Intégrité (intérêt géologique) Rareté Connaissance scientifique	1 – faible 2 - moyenne 3 - élevée 4 - très élevé
Géomorphosites	- Nom du site - Coordonnées géographiques - Classification du site - Les caractéristiques géomorphologiques les plus notables qui justifient la nécessité de considérer site comme un géomorphosite.	• Paramètres supplémentaires Pertinence géologique Pertinence écologique Pertinence culturelle Pertinence esthétique	0 - non 1 - faible 2 - moyenne 3 - élevé
		• Paramètres d'utilisation et de gestion Accessibilité Sécurité Infrastructure Visibilité Fragilité et vulnérabilité	1 - faible 2 - moyenne 3 – élevé

Nous avons ensuite effectué une première évaluation des sites en fonction des paramètres et des scores affichés dans le tableau 14. L'objectif principal de cette étape est d'éviter l'inclusion de sites non pertinents dans la procédure suivante (évaluation quantitative) qui nécessite plus de temps. Seuls les sites ayant obtenu un score élevé sont sélectionnés. Il n'y a pas de score

spécifique à atteindre. L'évaluateur peut décider du score minimum en tenant compte des aspects spécifiques de son travail (Santos et al. 2020). Nous avons retenu les sites qui présentent : i) une rareté, ii) un score intéressant des paramètres principaux, quel que soit le score des paramètres supplémentaires, et des paramètres d'utilisation et de gestion, iii) un intérêt géologique très important.

La finalité de cette étape est l'identification, la notation et l'élaboration de deux listes des sites à évaluer quantitativement, une pour les géosites et l'autre pour les géomorphosites.

Nous précisons que chaque site peut être utilisé à des fins éducatives et/ou touristiques si les conditions sont remplies. Par exemple un site qui a une grande valeur scientifique peut être utilisé à des fins éducatives et/ou géotouristiques s'il présente un phénomène géologique dégagé et facilement compris par les étudiants et les élèves ou s'il est caractérisé par des points de visualisation, des paysages et d'un patrimoine culturel intéressant.

3. Évaluation quantitative

L'évaluation quantitative du géopatrimoine a pour objectif de diminuer la subjectivité associée à toute procédure d'évaluation et de définir les priorités de gestion (Brilha 2016). Dans ce sens, Brilha (2016) a proposé d'évaluer la valeur scientifique, la valeur éducative et la valeur géotouristique des sites, ainsi que leur risque de dégradation. Cependant, la méthodologie de Santos et al. (2020) s'est concentrée sur l'évaluation du potentiel d'utilisation du site, est cela par l'évaluation de trois valeurs, à savoir : les valeurs scientifique, éducative et géotouristique. C'est-à-dire l'évaluation des conditions de visite afin de déterminer si le site est apte à être promu pour les visiteurs ou s'il nécessite des actions de gestion préalables, tandis que Santos et al. (2020) ont préféré évaluer aussi les valeurs écologiques, culturelles et esthétiques, qui sont utilisées à la fois comme paramètres pour évaluer les valeurs d'usage, et également sont affichées comme valeurs supplémentaires dans le résultat final. De plus, ces auteurs ont proposé d'évaluer quantitativement les risques de dégradation car il s'agit d'une question fondamentale dans la géoconservation.

Nous nous sommes basés, dans la présente étude, sur les critères d'évaluation quantitative des valeurs scientifiques, éducatives et géotouristiques en additionnant les paramètres de promotion pour l'évaluation des valeurs écologiques, culturelles et esthétiques (Tab. 15).

Tab. 15. Critères d'évaluation quantitative adoptés de Brilha (2016) et de Santos et al. (2020).

Valeur Scientifique (SV)	
Critères (notés de 0 à 4)	**Pondération (%)**
1. Représentativité : capacité d'un géosite à illustrer des éléments ou processus géologiques (liés au cadre géologique considéré le cas échéant).	30
2. Localité clé : importance d'un géosite comme référence ou modèle pour la stratigraphie, la paléontologie, la minéralogie, etc.	20
3. Connaissances scientifiques : l'existence d'études scientifiques publiées sur le géosite (liées au cadre géologique considéré, le cas échéant) reflète la VS donnée par la communauté géoscientifique.	5
4. Intégrité : liée à l'état de conservation des principaux éléments géologiques ; plus l'intégrité est bonne, plus la VS est élevée.	15
5. Diversité géologique : un nombre élevé d'éléments géologiques différents présentant un intérêt scientifique dans un géosite implique une VS plus élevée.	5
6. Rareté : un petit nombre de géosites similaires dans la zone d'étude augmente la VS.	15
7. Limites d'utilisation : l'existence d'obstacles qui peuvent être problématiques pour l'utilisation scientifique régulière du géosite a un impact sur la VS du géosite.	10
Valeur Éducative (EV)	
Critères (notés de 0 à 4)	**Pondération (%)**
1. Vulnérabilité : l'existence d'éléments géologiques qui peuvent être détruits par les élèves diminue l'EV du site.	10
2. Accessibilité : plus la marche entre le moyen de transport et le site est facile et courte, plus l'EV est élevée.	10
3. Limites d'utilisation : l'existence d'obstacles qui peuvent être problématiques pour le développement d'activités éducatives, a un impact sur l'EV du site.	5
4. Sécurité : lorsque l'activité de terrain peut être réalisée sans risque pour les élèves, l'EV du site est élevée.	10
5. Logistique : l'existence d'installations pour accueillir les étudiants, telles que l'hébergement et la restauration, augmente l'EV du site.	5
6. Densité de population : l'existence d'infrastructures éducatives à proximité du site, susceptible de fournir des étudiants qui peuvent l'utiliser, augmente sa EV.	5
7. Association avec d'autres valeurs : l'existence d'autres éléments naturels ou culturels	5

associés au site peut justifier des excursions interdisciplinaires et augmenter l'EV du site.	
8. Paysage : représente la beauté des éléments géologiques qui pourrait stimuler l'intérêt des étudiants pour le site et donc augmenter sa EV.	5
9. Caractère unique : concerne le caractère distinctif et la rareté de l'élément de la géodiversité qui pourrait promouvoir l'intérêt des étudiants pour le site et augmenter sa EV	5
10. Conditions d'observation : plus les conditions d'observation de tous les éléments de la géodiversité du site sont bonnes, plus sa EV est élevée.	10
11. Potentiel didactique : l'utilisation du site par des étudiants de différents niveaux d'éducation augmente l'EV du site.	20
12. Diversité géologique : un nombre élevé d'éléments géologiques différents ayant un potentiel didactique augmente l'EV du site.	10
Valeur Géotouristique (TV)	
Critères (notés de 0 à 4)	**Pondération (%)**
1. Vulnérabilité : l'existence d'éléments de géodiversité qui peuvent être détruits par les visiteurs diminue la TV du site.	10
2. Accessibilité : plus la marche entre le transport des visiteurs (bus, voiture, etc.) et le site est facile et courte, plus la TV est élevée.	10
3. Limites d'utilisation : l'existence d'obstacles qui peuvent être problématiques pour le développement d'activités touristiques, a un impact sur la TV du site.	5
4. Sécurité : si la visite peut se faire dans des conditions de faible risque pour les visiteurs, la TV du site augmente.	5
6. Densité de population : l'existence de villes à proximité du géosite, source potentielle de visiteurs pour le site, augmente sa TV.	5
7. Association avec d'autres valeurs : la présence d'autres éléments naturels ou culturels associés au site peut augmenter le nombre de visiteurs potentiels et par conséquent la TV du site.	5
8. Paysage : représente la beauté de l'élément de géodiversité qui pourrait attirer des visiteurs, augmentant ainsi la TV du site.	15
9. Caractère unique : concerne le caractère distinctif et la rareté des éléments de géodiversité qui pourraient stimuler un sentiment de satisfaction chez les visiteurs.	10
10. Conditions d'observation : plus l'observation de tous les éléments géodiversitaires du géosite est bonne, plus sa TV est élevée.	5

11. Potentiel d'interprétation : il s'agit de la capacité d'un élément de géodiversité à être facilement compris par le grand public (sans formation géologique).	10
12. Niveau économique : le revenu élevé des personnes vivant à proximité du site suggère une plus grande probabilité de visite.	5
13. Proximité de zones de loisirs : la visite touristique d'un site peut bénéficier de l'existence d'attractions touristiques connues dans les environs.	5
Valeur Écologique (EcV)	
Critères (notés de 0 à 4)	**Pondération (%)**
- Le site a une relation directe avec certains aspects biotiques (noté 1). - Le site a une relation directe avec un aspect biotique particulier (rare, endémique, menacé, etc.) (noté 2). - Le site montre un conditionnement clair de la géomorphologie sur un aspect biotique (noté 3). - Le site représente un cas particulier de relation entre la géomorphologie et la biodiversité (noté 4).	100
Valeur Culturelle (CV)	
Critères (notés de 0 à 4)	**Pondération (%)**
- Il existe des éléments ayant une importance culturelle, mais qui ne sont pas directement liés au cadre géologique ou géomorphologique du site (noté 1). - Il existe des éléments d'importance culturelle directement liés au cadre du site ou le site a une importance économique (noté 2). - Le site est/était occupé ou a une grande importance pour une communauté traditionnelle ou le site a été utilisé pour le développement d'un modèle géologique ou géomorphologique (noté 3). - La principale caractéristique géomorphologique est anthropique, ou représente l'icône d'un peuple ou d'une région, ou est très importante pour l'histoire de la géologie ou de la géomorphologie (noté 4).	100
Valeur Esthétique (EsV)	
Critères (notés de 0 à 4)	**Pondération (%)**
- Il y a des difficultés importantes pour visualiser le site, étant impossible de le voir dans sa totalité (noté 1). - Il y a des difficultés importantes pour visualiser le site, mais il est possible de le voir dans sa totalité (noté 2). - Le site peut être vu sans difficultés, mais seulement à partir de points de vue spécifiques	30

(noté 3). - Le site peut être vu sans difficultés et sans avoir besoin de se rendre à des points de vue spécifiques (noté 4).	
- Site fortement altéré/dégradé (noté 1). - Site partiellement altéré/dégradé (noté 2). - Site avec des altérations mais avec une faible influence sur son esthétique (noté 3). - Site en très bon état de conservation (noté 4).	30
- EsV Faible (la dimension esthétique ne contribue pas à attirer les visiteurs) (noté 1). - EsV Moyenne (la dimension esthétique peut être attractive pour un public spécifique) (noté 2). - EsV Élevée (la dimension esthétique peut contribuer fortement à attirer les visiteurs) (noté 3). - EsV Exceptionnelle (site déjà largement reconnu par sa dimension esthétique) (noté 4).	40

a) Risque de dégradation

Pour accomplir l'évaluation quantitative des sites, il est nécessaire d'évaluer la valeur de leur risque de dégradation. Elle permet de fournir une idée aux autorités compétentes sur les sites qui présentent des risques et qui nécessitent une protection particulière. L'évaluation numérique du risque de dégradation d'un site a une importance cruciale pour la préparation et la mise en œuvre d'un plan de gestion (Brilha 2016).

Pour l'évaluation des risques de dégradation, Brilha (2016) a proposé d'utiliser le concept de la détérioration des éléments géologiques comme base : un site qui est menacé de perdre ses éléments géologiques perd automatiquement sa valeur scientifique. Pour cette raison, ce paramètre a été pris en considération comme étant le plus important, ainsi que la proximité des sites de zones/activités susceptibles d'affecter le site. L'accessibilité facile du site peut entraîner une dégradation importante du lieu, nous en avons donc tenu compte dans notre évaluation.

L'évaluation des risques de dégradation proposée dans ce présent travail est basée sur quatre critères, à savoir : i) les facteurs naturels, ii) les facteurs anthropiques, iii) la géolocalisation du site (positionnement) et iv) l'infrastructure (Tab. 16).

Tab. 16. Critères utilisés pour l'évaluation du risque de dégradation des géosites et des géomorphosites.

Risque de Dégradation (DR)	
Critères (notés de 0 à 4)	**Pondération (%)**
1. Facteurs naturels : érosions, séismes, tempêtes, inondations, changements climatiques et tous types de risques naturels pouvant affecter les éléments géologiques et/ou géomorphologiques du site...	30
2. Facteurs humains : tous les types de dégradation humaine. En l'absence de protection judiciaire, un nombre important de sites géopatrimoniaux sont affectés par : le pillage et le trafic illicite (ammonites, ossements de dinosaures...), l'exploitation illégale des ressources naturelles du sous-sol, l'expansion démographique, le tourisme irresponsable, l'utilisation irrationnelle des sources d'eau douce et thermale...	30
3. Géolocalisation (positionnement) des sites : la proximité des sites des stations de divertissement, des usines, des carrières, des travaux routiers, des grandes villes...	20
4. Infrastructure (route, hôtel...) : une bonne infrastructure signifie un accès facile aux sites et un nombre élevé de touristes qui peuvent affecter et endommager certains sites et diminuer leur valeur esthétique.	20

b) Capacité de charge touristique

Cette étape que nous avons insérée après l'évaluation des risques de dégradation est très importante parce qu'elle définit la capacité de charge d'un site qui présente un risque de dégradation très élevé, ainsi que le type de personnes qui peuvent visiter le site.

Nous avons décidé d'ajouter cette étape parce qu'elle est l'un des mécanismes permettant d'établir des normes pour le tourisme durable et la préservation du patrimoine géologique à valeur culturelle (Makhadmeh et al. 2018).

L'objectif de l'ajout de cette partie dans ce présent travail, est de contrôler le nombre des touristes qui peuvent visiter un site exposé à un risque de dégradation anthropique et naturelle élevé, afin d'assurer une bonne gestion du site et une utilisation durable de ces ressources scientifiques éducatives et/ou géotouristiques. Cette étape joue un rôle très important dans la planification touristique (création et organisation des circuits) et la réduction de l'utilisation inappropriée du site. Par conséquent, cette démarche est pertinente dans le cadre de la promotion du tourisme durable et dans la gestion des zones naturelles qui se caractérisent par un géo-écopatrimoine intéressant, car elle peut avoir un impact positif sur la géo-écoconservation.

Dans ce sens, nous avons adopté la méthodologie de González-Guerrero et al. (2016). Des modifications ont été nécessaires pour l'adapter à notre concept, vu que la zone d'étude n'est soumise actuellement à aucune protection juridique (aires protégées, parcs nationaux, géoparcs…) et tous les sites sélectionnés se situent dans des territoires étatiques.

Cette démarche comprend une modélisation mathématique pour l'évaluation de la TCC du site. Elle implique le calcul de quatre niveaux de capacité de charge :1) la capacité de charge physique (PCC), 2) la capacité de charge réelle (RCC), 3) la capacité de gestion (MC) et 4) la capacité de charge effective (ECC).

- **Capacité de charge physique (PCC)**

PCC considère le nombre maximal de visiteurs pouvant être accueillis dans un site pendant une journée, sans tenir compte de l'impact sur l'environnement et de la qualité de l'expérience (Serrano et Alarte 2008 ; Puente-Santos et al. 2011 ; González-Guerrero et al. 2016).

La PCC est calculée comme suit :

PCC = L / EV (NV).

L : longueur du sentier ; EV : l'espace requis par les visiteurs (1 m linéaire (Cifuentes 1992)) ; NV : le nombre de fois qu'une personne peut visitée le site dans la même journée. Il est calculé comme suit :

NV = Ho / Tv

Ho : l'horaire d'ouverture ; Tv : le temps nécessaire à la visite.

- **Capacité de charge réelle (RCC)**

La RCC constitue la partie maximale admissible de visites, compte tenu de quatre facteurs : a) facteur social (FS), b) érodabilité (FE), c) accessibilité (FA) et d) saisonnalité (FZ).

Elle est calculée comme suite : RCC = (PCC) [(FS) (FE) (FA) (FZ)].

a) FS correspond à l'espace minimal requis pour chaque visiteur et à la distance entre les groupes (González-Guerrero et al. 2016).

Pour calculer le FS, il faut passer par plusieurs étapes : il est nécessaire de calculer la distance requise par groupe (DRG), estimer le nombre des groupes qui peuvent être rencontrés sur la piste (GR), estimer le nombre de personnes qui peuvent être dans le sentier (P) et calculer la magnitude limite qui est la partie du sentier qui reste libre étant donné la distance entre les groupes et l'espace entre les personnes (ML).

Où : Personnes par groupe (PG) = 10 ; Distance entre les groupes (DG) = 50m ; Espace nécessaire par personne (SP) = 1m ; longueur du sentier (L) ; le nombre total du parcours en mètre (mp).

DRG = (DG) + [(SP) (PG)] ; GR= L / DRG ; P = (GR) (PG)

ML = (mp) − [(P) (SP)].

Dans ce sens le FS est calculé comme suit : FS = 1 – ML / L.

b) FE inclut les calculs des effets causés par le type de sol et le degré de difficulté de pente (Tab.17 et 18). Il est quantifié comme suit :

$FE_1 = (St_1) \times (Wg) + (St_2) \times (Wg) + (St_3) \times (Wg)\ldots / L$

$FE_2 = 1 - [(Hd) \times (Wg) + (Md) \times (Wg) + (Ld) \times (Wg)] / L$

Donc : $FE = FE_1 + FE_2 / 2$

Avec : St_1 : le nombre de mètres où il y a le type de sol 1 ; St_2 : le nombre de mètres où il y a le type de sol 2 ; St_3 : le nombre de mètres où il y a le type de sol 3… ; Wg : pondération (weighing).

Hd : le nombre de mètres où il y a une haute difficulté de marche (la pente) ; Md : le nombre de mètres à difficulté moyenne (la pente) ; Ld : le nombre de mètres où il n'y a pas de difficulté (pas de pente) ; L : la longueur totale du sentier ; Wg : pondération (weighing).

Tab. 17. Les types de sols et leur sensibilité à l'érosion (González-Guerrero et al. 2016).

Sols	**Sensibilité à l'érosion**	**Pondération**
Phaeoezm (PH)	Moyenne	0.5
Cambisol (CM)	Moyenne	0.5
Régosol (RG)	Élevée	1
Andosol (AN)	Élevée	1
Arénosol (AR)	Élevée	1
Leptosol (LP)	Très élevée	1.5

Tab. 18. Le niveau de la pente et l'érodabilité (González-Guerrero et al. 2016).

Niveau de la pente	**Érodabilité**	**Pondération**
Moins de 10 %	Faible	Non significatif
Entre 10 % et 20%	Moyenne	1
Plus de 20 %	Élevée	1,5

c) FA est le niveau de difficulté qu'éprouvent les touristes pendant leur visite à cause de la pente (Tab. 18). Il est calculé comme suit : FA = FE_2 (voir ci-dessus).

d) FZ désigne la période d'ouverture du site. Il est calculé comme suit : FZ = 1 – Cd / DY.

Où Cd : les jours de fermeture ; DY : les jours de l'année.

- **Capacité de gestion de la zone considérée (MC)**

Pour estimer la MC, les facteurs suivants doivent être pris en compte :

- L'infrastructure de base : transport, hébergement, toilettes, sentiers aménagés et balisés, parking ;

- Les services : restauration, stations de repos, location et vente d'équipements de randonnée, centre des premiers soins ;

- Le personnel : guides, associations du tourisme montagnard.

Ces facteurs sont quantifiés en fonction des valeurs signalées dans le tableau 19.

Tab. 19. Les différents critères de quantification de la capacité de gestion et leurs pondérations.

Capacité de gestion		
Critères (notés de 0 à 4)		**Pondération (%)**
Infrastructure de base	Transport	40%
	Hébergement	
	Toilettes	
	Sentiers aménagés et balisés	
	Parking	
Services	Restauration	30%
	Stations de repos	
	Location et vente de matériel de randonnés	
	Centre des premiers soins	
Personnel	Guides	30%
	Associations du tourisme montagnard	

Il faut noter que l'emplacement, la fonctionnalité et l'état de conservation de l'infrastructure et les services, ainsi que la disponibilité de personnel, jouent un rôle très important dans la quantification de la MC : (Infrastructure de base + Services + Personnel) / 3

- **Capacité de charge effective (ECC)**

L'ECC présente le nombre maximum de touristes que le site peut recevoir sans provoquer la dégradation de celui-ci. Elle est calculée comme suit :

ECC = (RCC) (MC)

Où : RCC est la capacité d'accueil réelle ; MC est la capacité de gestion (voir ci-dessus).

4. Fiche descriptive

Après avoir évalué les sites quantitativement, nous avons proposé une fiche descriptive (Tab. 20). Elle permet de récapituler les évaluations préliminaire et quantitative des sites sélectionnés afin que chaque site soit inventorié et lisible au lecteur et aux autorités compétentes.

Tab. 20. Fiche descriptive pour chaque site sélectionné (Santos et al. 2020 modifiée).

Résultats de l'évaluation	
Identification	Type de site : Nom : Emplacement : Coordonnées géographiques : Altitude :
Intérêt géologique et/ou géomorphologique	Brève explication de l'intérêt géologique et/ou géomorphologique du site (structural, paléontologique, stratigraphique, sédimentologique, pétrographique, paléoclimatique, karstique…).
Intérêts associés	Brève explication de chaque intérêt associé (haute géodiversité, autres domaines géoscientifiques, écologique, culturel, etc.)
Utilisation et gestion	- Accessibilité (depuis la ville ou le village le plus proche) : transports publics/privés ; sentiers… - Sécurité - Infrastructure de base (proximité des installations touristiques) - Visibilité - Intégrité et statut de protection - Fragilité et vulnérabilité - Paysage - Capacité de charge touristique - Saison recommandée pour la visite - Activités qui peuvent rendre le site attrayant.
Évaluation quantitative	Graphique montrant les résultats de l'évaluation quantitative plus la capacité de charge du site.
Photos, Coupes, Logs Stratigraphiques, Cartes, Références	

V. Discussion et conclusion

La région de Boulemane-Missour et la région de Bon Naceur comprennent deux unités structurales, une partie du Moyen Atlas plissé et une partie de la plaine de la Moulouya. Elles constituent des zones patrimoniales très riches où se mêlent des monuments naturels divers et remarquables. Ceci peut être observé aussi bien dans les sites géologiques que dans les sites géomorphologiques, ce qui a nécessité l'élaboration d'un inventaire et une évaluation complète des différentes valeurs. L'objectif de cette démarche est de fournir un outil de gestion environnementale et d'utilisation dans un contexte de géoconservation.

Concernant l'évaluation préliminaire, nous avons ajouté comme critère la délimitation de la zone d'étude qui permet de travailler dans une zone bien encadrée pour une meilleure étude de terrain. Cette étude nous a permis d'identifier des sites d'intérêt géologique et géomorphologique, étant donné que les géosites et les géomorphosites n'ont pas la même valeur géologique. Les géosites illustrent l'histoire géologique de la région comme la paléontologie, la stratigraphie et la tectonique…, alors que les géomorphosites illustrent les formes du relief terrestre et le rôle de l'érosion dans le façonnement des paysages. Pour cette raison, il s'est avéré nécessaire d'ajouter une étape dans la procédure d'évaluation, qui est l'évaluation spécifique dont l'objectif principal est de spécifier les géosites des géomorphosites.

Quant à l'évaluation quantitative, nous avons fusionné celle de Brilha (2016) et de Santos et al. (2020) en adoptant la même pondération pour tous les critères. Par ailleurs, nous avons choisi d'évaluer indépendamment les valeurs supplémentaires à savoir, les valeurs écologiques, culturelles et esthétiques, et les afficher dans les résultats finaux. De nombreux sites de géopatrimoine représentent une valeur écologique très importante et il est crucial de relier la géodiversité et la biodiversité pour renforcer les actions de conservation de la nature (Matthews 2014 ; Santos et al. 2020). De même, la majorité des sites ont une valeur culturelle intéressante, ce qui peut être un facteur important pour améliorer le géotourisme (Pralong 2005 ; Coratza et al. 2016 ; Santos et al. 2020). Concernant la valeur esthétique, elle joue un rôle primordial dans la promotion du géotourisme. C'est le facteur le plus important pour attirer les visiteurs (Santos et al. 2020).

Santos et al. (2020) ont suggéré de ne pas inclure dans l'inventaire les sites qui n'ont aucune connaissance scientifique. Selon Brilha (2016), seuls les sites à haute valeur scientifique peuvent être considérés comme des géosites, tandis que les sites ayant obtenu une valeur scientifique modérée et une haute valeur éducative et/ou géotouristique sont classés comme

sites de géodiversité afin que le mot géosite ne perde pas sa valeur et que seuls les sites ayant obtenu une très haute valeur scientifique puissent être considérés comme géosite.

Toutefois, certains sites présentent un intérêt géologique très important, mais ils n'ont jamais fait l'objet de recherches géologiques, ce qui va évidemment réduire leur valeur scientifique dans la quantification. Ainsi, plusieurs sites ne présentent aucune diversité géologique (ils ne présentent qu'un seul aspect géologique), et pourtant ils présentent un phénomène très intéressant, comme un gisement d'ammonites par exemple. Il est vrai que le site ne comporte que des fossiles, mais il permet de préciser la stratigraphie d'une région, de même, les traces et les ossements de vertébrés. Si la rareté est considérée avec un seuil de pondération de 15%, cela réduit automatiquement la valeur scientifique et signifie que les sites ne sont pas pertinents et doivent être exclus de l'inventaire ou ne doivent pas être considérés comme des géosites.

Selon plusieurs auteurs tels que Pereira et Pereira (2010), il est indiscutable que la quantification de la valeur scientifique soit liée à la représentativité, l'intégrité, la connaissance scientifique, la diversité géologique et la rareté. Cependant, à notre avis, ces critères, ne devraient pas affecter significativement deux points : le premier est la distinction entre les géosites et les sites de géodiversité, le second est l'élimination de l'évaluation quantitative des sites qui n'ont pas de connaissances scientifiques.

Pour notre part, nous nous appuyons sur les mêmes méthodes d'évaluation, mais avec certaines modifications en fonction de notre étude de cas. Selon notre approche, les sites de la géodiversité combinent les géosites et les géomorphosites. Car, les géosites permettent d'illustrer l'histoire géologique, tandis que, les géomorphosites témoignent de la morphologie du relief et du processus d'érosion qui façonne le paysage.

Par conséquent, nous recommandons de ne pas exclure de l'évaluation quantitative les sites caractérisés par une représentativité et une intégrité géologique élevées, à l'exception du fait qu'ils n'ont jamais fait l'objet d'une étude géologique. Si le site est pertinent et présente un phénomène géologique ou géomorphologique intéressant, il doit faire l'objet d'une évaluation quantitative. Ce site devrait être soumis à une étude géologique par l'auteur lui-même, ou être identifié pour donner l'opportunité aux chercheurs de l'étudier.

En revanche, les paramètres d'évaluation des risques de dégradation sont élaborés selon les risques qui peuvent survenir dans la région d'étude. Par conséquent, pour faire la promotion de la géoconservation et d'un géotourisme responsable dans une région, il est nécessaire de réaliser une évaluation complète des sites pour plus de fiabilité et pour obtenir un meilleur résultat.

Enfin, les sites qui présentent un risque de dégradation élevé, passent à l'étape de l'évaluation de leurs capacités de charge touristique. Il s'agit d'une étape très importante qui vise à limiter les impacts et la dégradation touristique de certains sites. L'évaluation se compose de quatre étapes successives : a) Capacité de charge physique (PCC) ; b) Capacité de charge réelle (RCC) ; c) Capacité de gestion (MC) ; d) Capacité de charge effective (ECC).

Dans cette partie de l'évaluation, nous avons radicalement changé la troisième étape, qui est la capacité de gestion (MC). Nous avons estimé nécessaire de la modifier, car cette étape n'était dédiée qu'aux sites qui se trouvent dans une zone protégée, alors que notre zone d'étude n'a aucune protection juridique spéciale à ce jour. Ainsi, pour les autres étapes, nous n'avons apporté que quelques modifications et simplifié au maximum la méthodologie de quantification.

La capacité de gestion (MC) se base sur les potentialités de la zone, y compris les équipements, le personnel dédié à la gestion du site, le matériel, les infrastructures... Dans ce sens, nous nous sommes axés sur trois valeurs comprenant chacune plusieurs critères, à savoir : 1) Infrastructure de base (hébergements, transports, toilettes, sentiers aménagés et balisés, parking) ; 2) Services (restauration, stations de repos, location et vente de matériel de randonnées, centre des premiers soins) ; 3) Personnel (guides, associations du tourisme montagnard). Pour quantifier ces valeurs, nous avons adopté la méthodologie de Brilha (2016).

Chapitre IV : Patrimoine géologique et géomorphologique

Introduction

La région de Boulemane-Missour se caractérise par une grande renommée auprès des géologues marocains grâce à la diversité de ses paysages géomorphologiques, à sa richesse paléontologique et à ses sites d'intérêt structural, minéralogique et hydrique. Elle comprend deux unités structurales, une partie du Moyen Atlas plissé central et une partie de la plaine de la Moyenne Moulouya (Fig. 20). Cette région a bénéficié de plusieurs études géologiques, ce qui a rendu l'étude de son patrimoine géologique et géomorphologique plus facile et plus souple.

La région d'Adrar Bou Naceur constitue la quatrième ride anticlinale du Moyen Atlas plissé. Elle présente une histoire géologique variée, avec une grande diversité de formations et des preuves de l'activité tectonique. Les paysages géomorphologiques de la région sont diversifiés en raison des processus d'érosion, y compris les processus glaciaires, fluviatiles, karstiques et gravitaires. On y trouve des témoins des périodes glaciaires du Quaternaire et une intense karstification. Contrairement à la région de Boulemane-Missour, cette région a fait l'objet de moins d'études géologiques, ce qui a rendu plus difficile l'étude de son géopatrimoine.

Cette inégalité des études géologiques et géomorphologiques entre les deux régions nous a incités à inventorier chaque région séparément de l'autre.

I. Patrimoine géologique et géomorphologique de la région Boulemane-Missour

La région de Boulemane-Missour est dotée d'un emplacement stratégique et d'excellentes ressources naturelles et culturelles qui lui confèrent d'être une destination favorable et complète pour les amateurs du tourisme montagnard. En effet, la région est connue pour ses sites paléontologiques (e.g. Garcia et al. 2003 ; Aït-Itto et al. 2017 ; Maidment et al. 2020, 2021), ses sites hydriques (Nechad et al. 2014) et ses sites géomorphologiques, ce qui nous a incité à la choisir afin d'identifier les sites les plus représentatifs, les étudier, les inventorier et les valoriser en proposant des circuits aux intérêts multiples.

La région possède non seulement une riche géodiversité et biodiversité, mais également un patrimoine préhistorique intéressant qui témoigne d'une occupation humaine très ancienne de ce territoire. En effet, nous avons découvert de nombreux monuments funéraires sous forme de tumuli identiques à ceux signalés plus à l'ouest par Benlamine (2017) et qui appartiennent à l'époque de la Protohistoire. Les fouilles de certains de ces monuments du Moyen Atlas central ont livré des restes humains et des bijoux (Benlamine et al. 2015). Sans oublier son patrimoine immatériel qui se manifeste dans les tenues traditionnelles purement amazighes, le folklore et l'artisanat ainsi que les produits de terroirs, qui augmentent considérablement la valeur culturelle et touristique de la région.

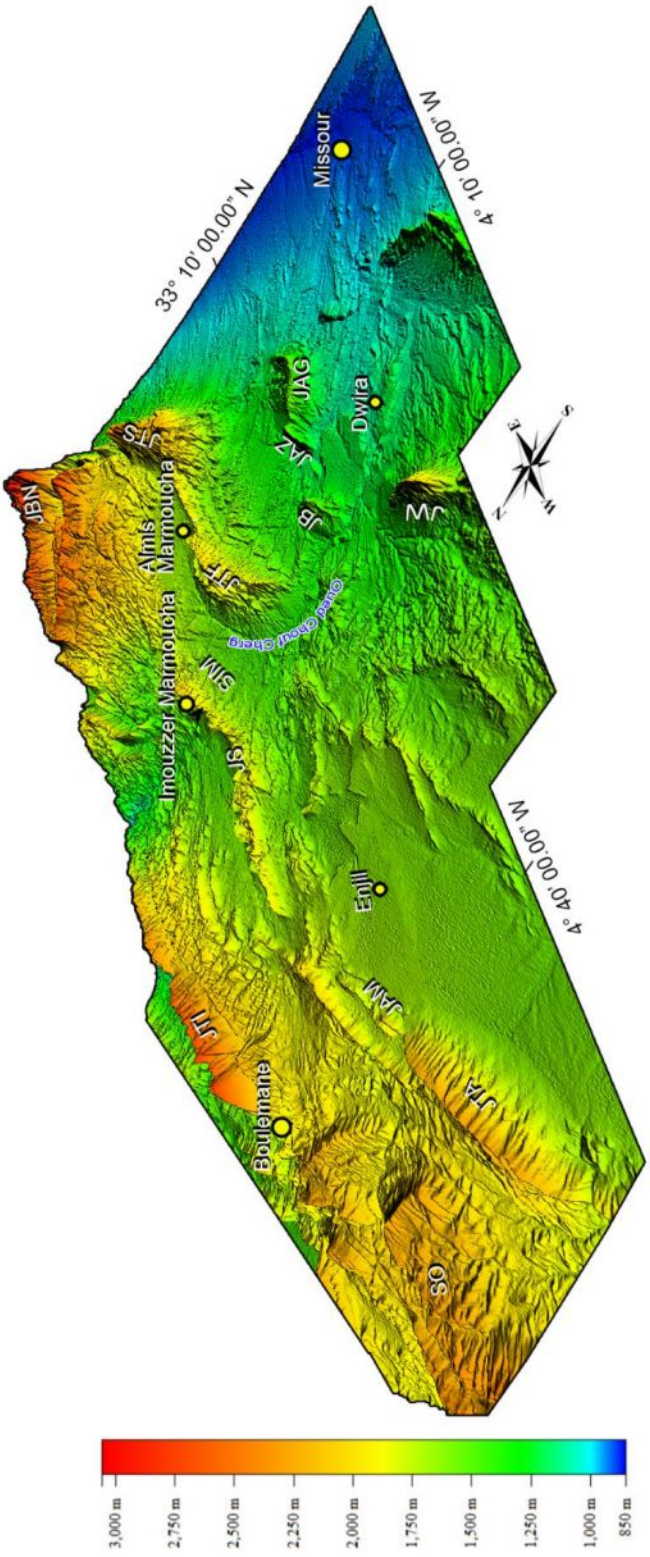


Fig. 20. Représentation 3D de la région Boulemane-Missour ; SO : synclinal Oudiksou ; JTA : Jbel Tamoukrante ; JTI : Jbel Tichoukt ; JAM : Jbel Amrar ; JS : Jbel Serghina ; JO : Jbel Wisslaj ; JB : Jbel Bou Amran ; JAZ : Jbel Azreg ; JAG : Jbel Aghlal ; JTF : Jbel Tafgourt ; SIM : synclinal d'Imouzzer Marmoucha ; JTS : Jbel Tsiouant ; JBN : Jbel Bou Naceur.

1. Évaluation préliminaire

Après la recherche bibliographique et le travail de terrain, nous avons pu délimiter et établir une liste définitive des différents géosites et géomorphosites qui caractérisent notre zone d'étude. Les sites ont été sélectionnés en tenant compte de certaines caractéristiques fondamentales telles que la pertinence géologique et géomorphologique, la facilité d'accès, leur représentativité et leur potentiel à la fois scientifique, éducative et géotouristique. 42 sites ont été choisis, dont la majorité sont bien conservés vu la faible concentration de la population locale, la rareté des catastrophes naturelles et le faible taux des touristes dans la région.

2. Évaluation spécifique

Deux listes ont été élaborées, une pour les géosites et une pour les géomorphosites. La liste des géosites comprend neuf sites structuraux, huit sites paléontologiques, quatre sites de géomatériaux, trois sites hydrologiques, deux sites sédimentologiques, un site stratigraphique, un site magmatique et un site archéologique. Celle des géomorphosites admet six sites morpho-structuraux, quatre sites pluviaux, deux sites fluviaux et un site karstique. Pour chaque site, nous avons établi une fiche d'identification, qui contient le numéro, le nom, les coordonnées géographiques, la classification du site et une description abrégée des caractérisations géologiques ou géomorphologiques, qui justifient la nécessité de considérer le site comme un géosite (Tab. 21) ou comme un géomorphosites (Tab. 22). Ainsi, nous avons quantifié les valeurs des paramètres centraux, des paramètres supplémentaires et des paramètres d'utilisation et de gestion. Il faut noter que la région est caractérisée par un nombre de sites très élevés dont nous avons soigneusement sélectionné 42 sites.

Tab. 21. Liste préliminaire des géosites étudiés dans la région Boulemane-Missour.

Site N°	Critères d'identification	Évaluation des critères		
		Paramètres centraux Valeur maximale 16	Paramètres supplémentaires Valeur maximale 12	Paramètres d'utilisation et de gestion Valeur maximale 15
1	- **Nom du site :** Jbel Tichoukt **- Coordonnées géographiques :** 33°24'23.7"N 4°39'05.8"W **- Classification du site :** Structural **- Description du site :** Jbel Tichoukt est un anticlinal en genou avec une charnière faillée. Il est constitué essentiellement par des carbonates	14	9	10

	du Jurassique, avec des calcaires et dolomies du Lias inférieur au cœur (Fig. 12, 13 et 21 A). C'est un mont dérivé dont la terminaison périanticlinale est noyée sous la Formation des Marnes de Boulemane du Bajocien moyen et celle des Calcaires corniches du Bajocien supérieur.			
2	**- Nom du site :** Vertébrés de Boulahfa **- Coordonnées géographiques :** 33°18'42.0"N 4°42'47.9"W **- Classification du site :** Paléontologique **- Description du site :** sur le flanc oriental du synclinal d'Oudiksou, la partie supérieure de la Formation El Mers 3 (Marne à gypse), attribuée au Bathonien supérieur- ? Callovien, est particulièrement riche en ossements de vertébrés. Ce site a livré un nouveau genre de stégosaure *Adratiklit boulahfa,* le premier en Afrique du nord et le plus ancien du monde (Maidment et al. 2020), ainsi que le premier ankylosaure d'Afrique *Spicomellus afer* (Maidment et al. 2021) (Fig. 21 B et C). Les fouilles se poursuivent toujours dans ce site pour mettre à jour toutes ses richesses (Fig. 21 D et E).	15	7	7
3	- **Nom du site :** Site fossilifère de Boulahfa **- Coordonnées géographiques :** 33°19'45.0"N 4°42'12.3"W **- Classification du site :** Paléontologique **- Description du site :** Le gisement fossilifère correspond à un niveau de condensation de brachiopodes (térébratules et rhynchonelles), de lamellibranches et de gastéropodes à la base de la Formation El Mers 2, attribuée au Bathonien.	10	5	10
4	- **Nom du site :** Grotte Ifri Oussaid **- Coordonnées géographiques :** 33°16'55.5"N 4°46'54.15"W **- Classification du site :** Archéologique **- Description du site :** c'est une grotte qui résulte de la karstification des dolomies du Lias inférieur affleurant au NW du synclinal d'Oudiksou. C'est le site le plus riche en Ursidés au Maroc dont l'ours brun *Ursus arctos* (Benlamine 2017).	12	7	5
5	**- Nom du site :** Discordance Jbel Amrar	14	7	14

	- Coordonnées géographiques : 33°13'12.4"N 4°39'33.7"W **- Classification du site :** Structural **- Description du site :** Jbel Amrar est un anticlinal armé par un noyau de calcaires et dolomies liasiques. Il borde la dépression d'Iwansitn du côté SE (Fig. 28 D). Il montre une discordance progressive sur son flanc NW, témoin d'une instabilité tectonique synsédimentaire pendant le Lias Moyen (Fedan 1978).			
6	- **Nom du site :** Couches d'Iwansitn **- Coordonnées géographiques :** 33°12'55.4"N 4°39'59.4"W **- Classification du site :** Stratigraphique **- Description du site :** Il s'agit d'une succession de couches calcaires appelées "Couches d'Iwansitn", très riches en fossiles (Fig. 22 A, B, C, D et E), notamment des ammonites qui ont permis de préciser la biostratigraphie du passage Aalénien-Bajocien inférieur dans le Moyen Atlas (Benshili 1989).	14	7	10
7	- **Nom du site :** Travertins Galb Jazirat Aït Ahmed **- Coordonnées géographiques :** 33°11'47.0"N 4°25'15.2"W **- Classification du site :** Géomatériaux **- Description du site :** C'est une carrière abandonnée au niveau de deux buttes témoins situées dans le plateau d'Anjil (Fig. 24 C). On y exploitait des travertins consolidés du Tertiaire comme pierre d'ornementation. C'est un site unique dans la région.	8	6	9
8	- **Nom du site :** Site fossilifère Chaaba Touila **- Coordonnées géographiques :** 33°09'09.7"N 4°22'09.8"W **- Classification du site :** Paléontologique **- Description du site :** C'est un site fossilifère très riche en ammonites de différentes tailles, associées à des brachiopodes. Il permet d'observer le passage Aalénien-Bajocien (Benshili 1989).	14	7	10
9	- **Nom du site :** Source Aïn Bida	11	8	8

	-Coordonnées géographiques : 33° 7' 14.95''N 4° 17' 12.87" W **- Classification du site :** Hydrologique **- Description du site :** C'est une source d'eau douce qui jaillit dans les formations tertiaires de la Moyenne Moulouya, au NE du douar Dwira. C'est la principale source qui alimente l'Oued Chouf Cherg et participe à l'irrigation des vergers du village. La source se caractérise également par une grande valeur esthétique.			
10	- **Nom du site :** Jbel Aghlal **- Coordonnées géographiques :** 33°05'09.9"N 4°19'40.0"W **- Classification du site :** Structural **- Description du site :** C'est un anticlinal faillé, dissymétrique, à charnière courbe, d'échelle kilométrique, déversé vers le SE et le SW, et culmine à une altitude de 1531m (Fig. 23 C, D). Il est constitué de formatons crétacées et tertiaires.	11	6	9
11	- **Nom du site :** Jbel Azreg **- Coordonnées géographiques :** 33°09'17.3"N 4°16'35.7"W **- Classification du site :** Structural **- Description du site :** Il s'agit d'un anticlinal à cœur crevé (Fig. 23 A, B, D), situé au milieu du bassin tertiaire de Chouf Charg. C'est un pli dissymétrique, allongé ENE-WSW sur environ 3 km, et montre ses deux terminaisons périanticlinales. Il a subi une forte érosion, ce qui a mis à nu les carbonates et les marnes du Crétacé au niveau de son axe. Il montre sur son flanc redressé (SSE), une discordance progressive du Tertiaire sur les dépôts du Crétacé. C'est un pli très pédagogique qui illustre bien la tectonique souple.	12	6	9
12	- **Nom du site :** Jbel Ghassoul **- Coordonnées géographiques :** 32°57'58.5"N 4°19'16.6"W **- Classification du site :** Géomatériau **- Description du site :** Le site se trouve près du village de Ksabi, au SW de Missour. Il est célèbre par la présence de l'unique gisement du ghassoul au monde. Il s'agit d'une argile saponifère (smectite magnésienne) qui est associée aux formations carbonatées gypsifères	15	9	10

	du Cénozoïques (Benammi 1997). Le ghassoul est utilisé depuis l'antiquité par la population marocaine dans les produits cosmétiques naturels. Actuellement, il est utilisé comme ingrédient de base dans la fabrication de divers produits dermatologiques.			
13	- **Nom du site :** Jbel Tsiouant **- Coordonnées géographiques :** 33°17'01.0"N 4°05'52.3"W **- Classification du site :** Structural **- Description du site :** Jbel Tsiouant correspond à la continuité vers le SW de la quatrième ride anticlinale du Moyen Atlas plissé. Il culmine à 2467m. Son flanc NW est limité par une faille alors que son flanc SE montre une coupe très pédagogique le long de la route reliant Missour à Almis Marmoucha. Cette coupe illustre des faciès variés du Jurassique, Crétacé et Cénozoïque, séparés par des discontinuités importantes.	10	8	10
14	- **Nom du site :** Le col de Tizi Nehassa **- Coordonnées géographiques :** 33°16'18.2"N 4°11'59.0"W **- Classification du site :** Structural **- Description du site :** Le col de Tizi Nehassa correspond au passage de la faille de Mibladène qui limite les deux reliefs Jbel Tsiouant et Jbel Tafgourt. Il offre une belle vue panoramique sur le plateau d'Almis Marmoucha vers NW et le bassin de Missour vers le SE (Fig. 33).	15	8	13
15	- **Nom du site :** Site fossilifère Tizi Nehassa **- Coordonnées géographiques :** 33°16'12.1"N 4°11'49.9"W **- Classification du site :** Paléontologique **- Description du site :** Le site abrite un contenu fossilifère important qui renseigne sur les conditions des milieux de dépôt des différentes formations du Jurassique, notamment les gros lamellibranches, les ammonites, les bélemnites et les brachiopodes.	11	5	10
16	- **Nom du site :** Travertins Tizi n'Taïda **- Coordonnées géographiques :** 33°20'55.6"N 4°16'12.1"W **- Classification du site :** Géomatériaux	8	6	8

	- Description du site : Il s'agit d'une carrière de calcaire travertineux à ciel ouvert, actuellement abandonnée à cause de l'accès qui est difficile. Ces calcaires témoignent de l'installation d'un bassin lacustre intra-montagneux en bordure du Jbel Saïd Ar-Rahim.			
17	- **Nom du site :** Discordance Tizi n'Taïda **- Coordonnées géographiques :** 33°22'55.2"N 4°17'05.5"W **- Classification du site :** Structural **- Description du site :** C'est une discordance angulaire des conglomérats de base de la Formation de Tizi n'Taïda du Crétacé supérieur– ? Tertiaire sur les différentes formations antérieures (Fig. 24 E).	13	7	8
18	- **Nom du site :** Discordance Aït Bazza **- Coordonnées géographiques :** 33°24'08.7"N 4°19'17.3"W **- Classification du site :** Structural **- Description du site :** Plusieurs discordances progressives sont situées le long de la ride de Timsouyal-Marmoucha témoignant d'une instabilité tectonique. Celle d'Aït Bazza est une discordance angulaire des marno-calcaires cénomano-turoniens sur différentes formations du Jurassique (Fig. 26 A, C).	9	5	9
19	- **Nom du site :** Marne à gypse d'Aït Bazza **- Coordonnées géographiques :** 33°24'37.1"N 4°18'39.1"W **- Classification du site :** Sédimentologique **- Description du site :** Les marnes à gypse attribuées au Bathonien supérieur- ? Callovien inférieur (Fig. 25 B), couvrent une surface importante au sud de la ville d'Imouzzer Marmoucha. Ce sont des marnes verdâtres qui contiennent différents types de gypse (fibreux, noduleux et en banc, blanc ou rose). Ils témoignent du confinement de l'environnement de dépôt à la fin du Dogger dans le bassin d'Imouzzer Marmoucha.	11	5	12
20	- **Nom du site :** Ossements d'Aït Bazza **- Coordonnées géographiques :** 33°24'26.4"N 4°18'08.6"W **- Classification du site :** Paléontologique **- Description du site :** Le village d'Aït Bazza (Fig. 25 A) est caractérisé par plusieurs	12	7	10

	gisements d'ossements de vertébrés (probablement des dinosaures) (Fig. 25 C, D). Ils se trouvent à la base et au sommet des dépôts détritiques rouges au-dessus des Marnes à gypses. Souvent associés à des gastrolithes, ces ossements sont mal conservés en surface et n'ont fait l'objet d'aucune étude détaillée.			
21	- **Nom du site :** Traces de pas de dinosaures d'Aït Bazza **- Coordonnées géographiques :** 33°24'26.4"N 4°18'08.6"W **- Classification du site :** Paléontologique **- Description du site :** Le site présente des traces de pas de dinosaures tridactyle (Fig. 25 E) et sauropodes (Fig. 25 F). Elles se trouvent dans les mêmes niveaux que les ossements.	13	8	9
22	- **Nom du site :** Source Tataw **- Coordonnées géographiques :** 33°28'22.0"N 4°16'44.0"W **- Classification du site :** Hydrologique -**Description du site :** La source Tataw est l'une des trois principales sources du Moyen Atlas plissé. Il s'agit d'une source vauclusienne et de débordement sur faille (Fig. 24 F). La source principale est pérenne alors que celles qui jalonnent la faille le long d'un ravin en amont sont temporaires. Elles proviennent d'un réseau karstique souterrain typique des massifs calcaires.	14	8	10
23	**- Nom du site :** Source Skhounat **- Coordonnées géographiques :** 33°26'57.4"N 4°20'19.6"W **- Classification du site :** Hydrologique **- Description du site :** C'est une source thermale très connue à l'échelle régionale (Fig. 24 G). Elle se caractérise par sa position sur un réseau de failles de direction (NE-SW). Il s'agit d'une propriété publique ce qui augmente son intérêt touristique, vu que les eaux thermales minéralisées ont une utilisation, essentiellement thérapeutique.	12	9	10
24	-- **Nom du site :** Jerf El Gaz d'Issouka **- Coordonnées géographiques :** 33°25'27.2"N 4°20'34.3"W **- Classification du site :** Sédimentologique	13	6	11

	- Description du site : C'est un site unique dans le Moyen Atlas, situé dans le piémont de la troisième ride anticlinal du Moyen Atlas plissé. La formation marno-calcaire du Jurassique inférieur de la région d'Issouka présente des indices d'hydrocarbures. Les calcaires (roche réservoir) de couleur noirâtre sont très fracturés. Ces fractures sont remplies par des cristaux de calcite et de bitume. Les niveaux marneux (roche mère) sont caractérisés par des teneurs importantes en matière organique (Fig. 24 B) (Assaoud 1994 ; Rachidi et al. 2009).			
25	- **Nom du site :** Discordance Timsouyal **- Coordonnées géographiques :** 33°23'25.4"N 4°21'47.4"W **- Classification du site :** Structural **- Description du site :** C'est une discordance progressive bien visible aussi bien sur les images satellitaires que dans le paysage (Fig.26 A, B). Les couches inclinées du Bathonien reposent sur les Calcaires corniches verticalisés du Bajocien supérieur. C'est un témoin d'une activité tectonique au cours du Jurassique. Le site peut être considéré comme un point d'observation, vu son positionnement qui offre l'occasion de profiter des paysages panoramiques surplombant toute la région.	9	6	10
26	- **Nom du site :** Site fossilifère Timsouyal **- Coordonnées géographiques :** 33°22'45.4"N 4°21'24.0"W **- Classification du site :** Paléontologique **- Description du site :** Il s'agit d'un gisement de marnes très riche en fossiles (Fig. 26 D), notamment les brachiopodes (rhynchonelles et térébratules) et les lamellibranches du Bajocien supérieur-Bathonien.	10	5	10
27	- **Nom du site :** Dykes de Timsouyal **- Coordonnées géographiques :** 33°22'52.1"N 4°20'07.2"W **- Classification du site :** Magmatique **- Description du site :** Ce sont des intrusions sub-volcaniques sous forme de petits dykes décamétriques (Fig. 26 E), de 3 à 10 mètres d'épaisseur. Ils traversent les basaltes triasiques qui affleurent au niveau du grand accident longeant la ride de Timsouyal-Marmoucha. Ce sont des dolérites et des syénites jurassico-	10	6	9

	crétacés qui traduisent des remobilisations crustales (Fedan 1988).			
28	- **Nom du site :** La mine de calcite de Serghina **- Coordonnées géographiques :** 33°18'56.5"N 4°23'36.7"W **- Classification du site :** Géomatériau **- Description du site :** Le site est situé à Jbel Serghina au niveau de la troisième ride anticlinale du Moyen Atlas plissé. Il s'agit d'une exploitation de la calcite pure qui est associée à une faille importante affectant les carbonates du Jurassiques (Fig. 24 D). C'est une carrière à ciel ouvert, dont l'exploitation se poursuit jusqu'à aujourd'hui.	11	7	9
29	- **Nom du site :** Les Récifs de Tagnamas **- Coordonnées géographiques :** 33°19'51.8"N 4°33'14.8"W **- Classification du site :** Paléontologique **- Description du site :** Le site unique de la région qui présente des récifs édifiés dans les Calcaires corniches du Bajocien supérieur (Fig. 24 A). Ce sont des biohermes de coraux de taille variable.	10	5	9



Fig. 21. Photos de quelques géosites de la région de Boulemane. **A**. Image Google Earth de Jbel Tichoukt ; **B, C.** Ossements du Stégosaure de Boulahfa, humérus gauche (B), vertèbre dorsale (C) (Maidment et al. 2020) ; **D**, **E.** Ossements de vertébrés découverts lors des dernières missions de terrain.

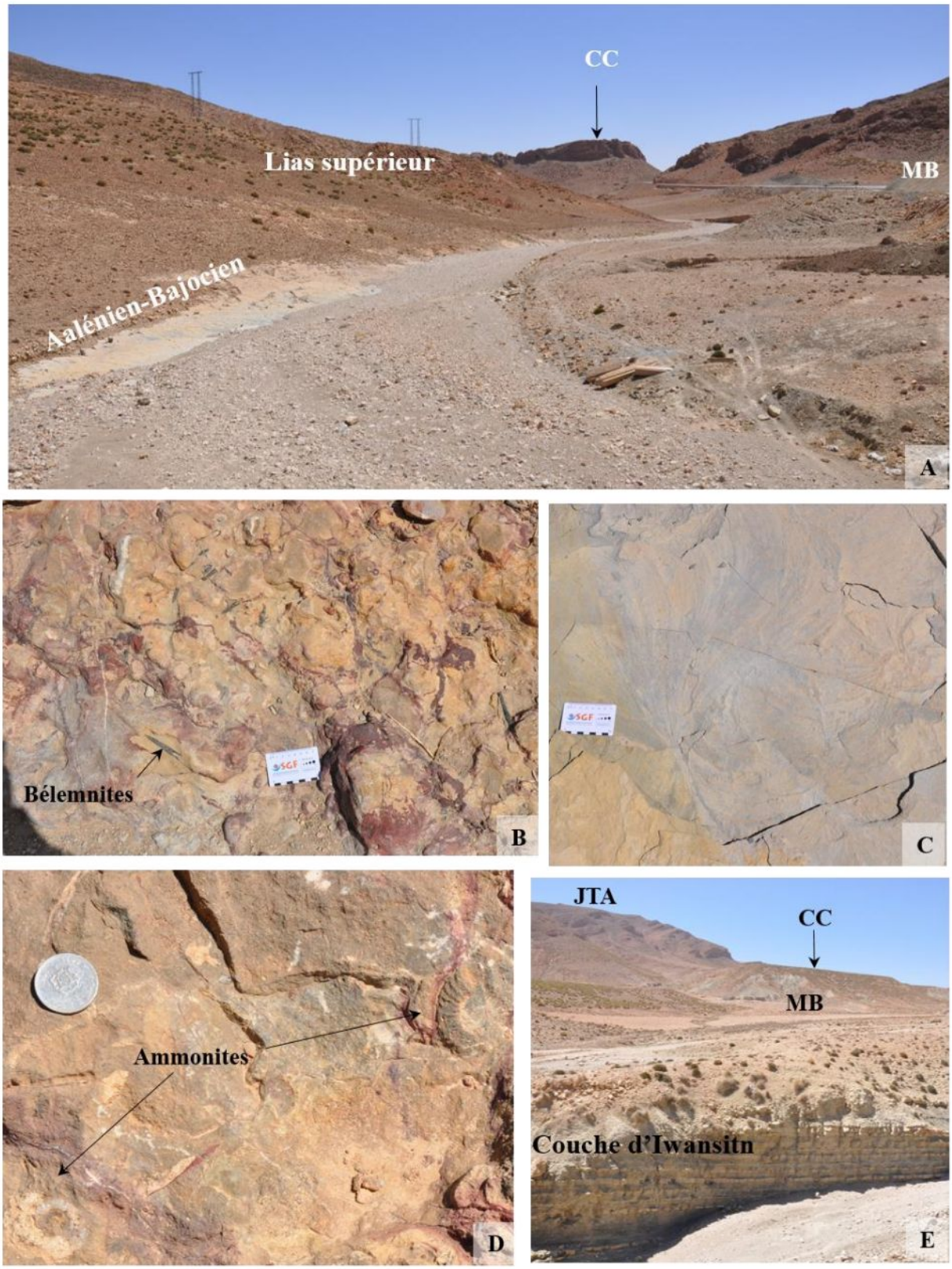


Fig. 22. Terminaison périanticlinale SW du Jbel Amrar (A) ; **B.** Niveau de condensation de la faune ; **C**. Calcaire à Zoophycos ; **D.** Quelques ammonites du niveau condensé ; **E.** Couches d'Iwansitn du Bajocien inférieur ; **MB** : Marne de Boulemane (Bajocien inférieur). **CC :** Calcaire Corniche (Bajocien supérieur) ; **JTA** : Jbel Tamoukrante.

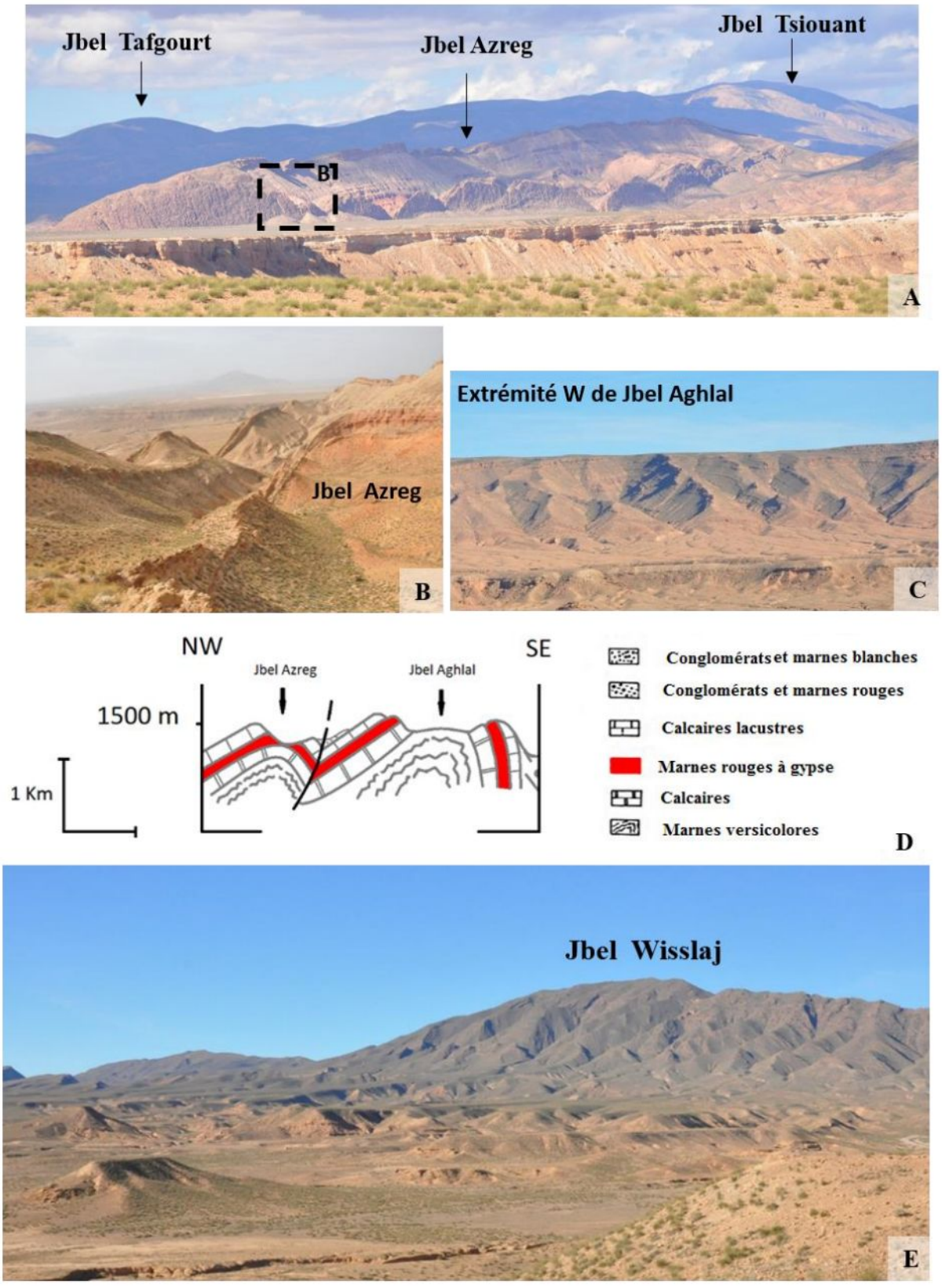


Fig. 23. Vue de quelques géosites et géomorphosites. **A.** Vue panoramique de l'anticlinal du Jbel Azreg déversé vers le SE ; **B.** Terminaison périanticlinale du Jbel Azreg ; **C.** Les formes d'érosion en cœur façonnées dans la partie occidentale du Jbel Aghlal ; **D.** Coupe géologique simplifiée à travers Jbel Azreg et Jbel Aghlal (El Abaassi 1989, redessinée) ; **E.** Vue paysagère du Jbel Wisslaj montrant des chevrons sur son flanc SE.



Fig. 24. Panorama de quelques géosites. **A.** Récifs de Tagnamas dans les Calcaires corniches du Bajocien supérieur ; **B.** Intercalation marno-calcaire d'Issouka riches en matière organique (Assaoud 1994) ; **C.** Carrière de travertin Galb Jazirat ; **D.** Carrière de calcite Serghina ; **E.** Discordance de Tizi n'Taïda ; **F.** Source de Tataw ; **G.** Source de Skhounat.

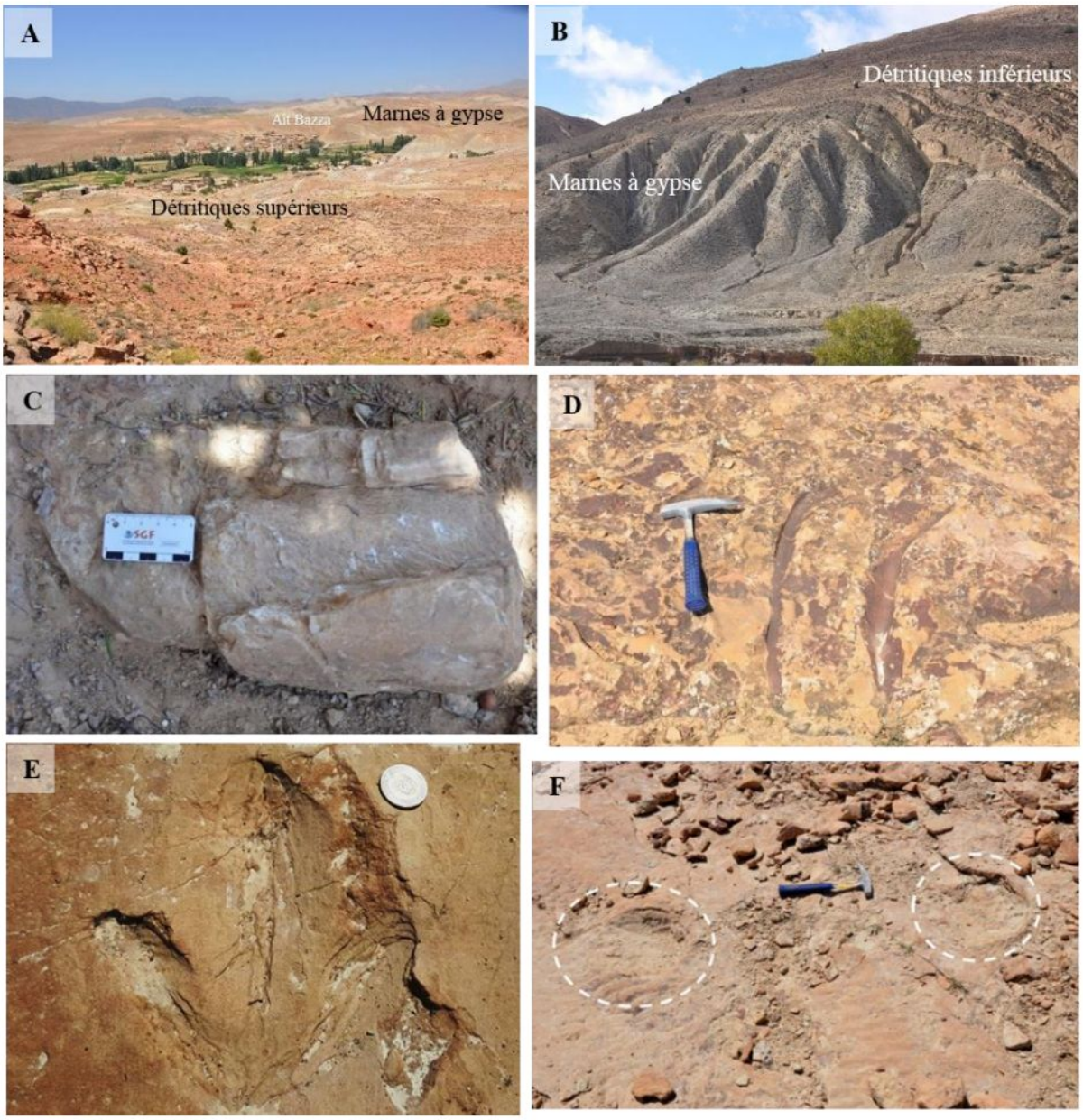


Fig. 25. Photos de quelques géosites d'Aït Bazza. **A.** Village d'Aït Bazza **B.** Marnes à gypses d'Aït Bazza verticalisées en contacte de la ride **; C, D.** Quelques fragments et empreintes d'os de dinosaures ; **E.** Empreinte de pas de tridactyles ; **F.** Empreintes de pas de sauropodes.

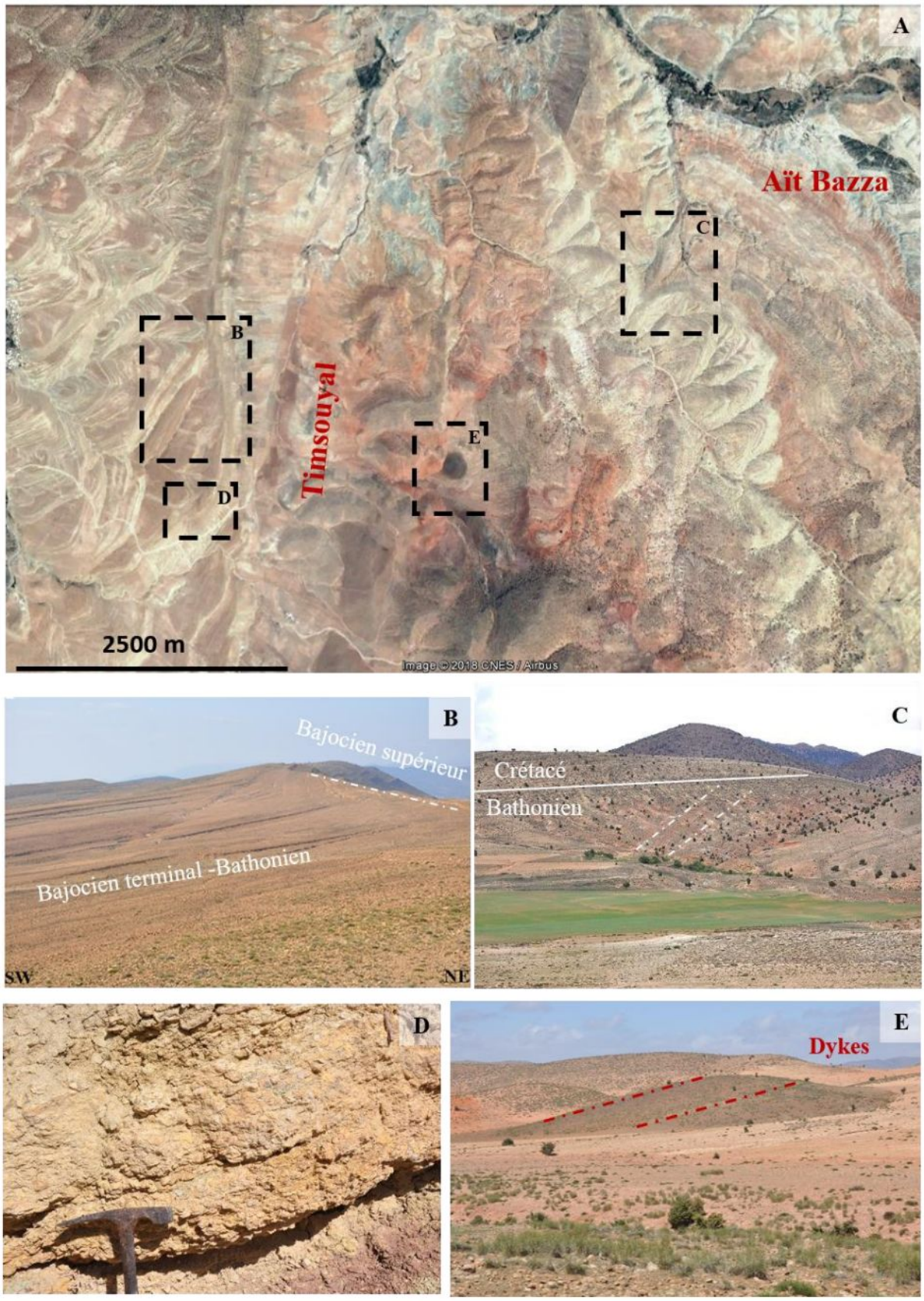


Fig. 26. Photo Google Earth de la région de Timsouyal (A) ; **B.** Discordance progressive de Timsouyal ; **C.** Discordance d'Aït Bazza ; D. Lumachelle à brachiopodes (rhynchonelles, térébratules et lamellibranches) du site fossilifère de Timsouyal ; E. Dykes de Timsouyal.

Tab. 22. Liste préliminaire des géomorphosites étudiés.

Site N°	Critères d'identification	Évaluation des critères		
		Paramètres centraux Valeur maximale 16	Paramètres supplémentaires Valeur maximale 12	Paramètres d'utilisation et de gestion Valeur maximale 15
1	- **Nom du site :** Combe de Boulemane **- Coordonnées géographiques :** 33°24'23.7"N 4°39'05.8"W **- Classification du site :** Morpho-structural **- Description du site :** Dans l'extrémité sud-ouest du Jbel Tichoukt (Fig. 21 A), se situe la ville de Boulemane, édifiée au fond d'une combe creusée dans la Formation des Marnes de Boulemane du Bajocien moyen. Elle est dominée par des falaises édifiées dans les Calcaires corniches (Formation Recifa) du Bajocien supérieur.	13	8	12
2	- **Nom du site :** Souk N'Sara (paysage ruiniforme) **- Coordonnées géographiques :** 33°14'55.2"N 4°49'35.9"W **- Classification du site :** Karstique **- Description du site :** Ce site se situe près du village Aït Hamza, au SW de Boulemane dans le synclinal d'Oudiksou. Il s'agit de grès quartzeux à ciment calcaire d'âge Crétacé (Campanien) qui sont affectés par un réseau de fractures orienté NW-SE conjugué à un autre orienté NE-SW. Cette fracturation a été exploitée par l'altération chimique pour donner un paysage ruiniforme spectaculaire (Fig. 29 A).	12	8	8
3	- **Nom du site :** Dépression d'Iwansitn **- Coordonnées géographiques :** 33°14'39.8"N 4°38'56.9"W **- Classification du site :** Morpho-structural **- Description du site :** C'est une dépression, orientée SW-NE. Ses crêtes sont façonnées dans les marnes de Boulemane qui sont couronnées par les Calcaires corniches du Bajocien supérieur. Sa partie NE est occupée actuellement par le lac artificiel du barrage d'Anjil (Fig. 28 A, B, C).	13	8	13

4	- **Nom du site :** Gara Lachmine **- Coordonnées géographiques :** 33°13'07.2"N 4°31'29.2"W **- Classification du site :** Pluvial **- Description du site :** Il s'agit d'un plateau situé au nord du village Anjil Aït Lahsene. Le plateau est formé par des calcaires continentaux plio-quaternaires qui surmontent les Marnes de Boulemane du Bajocien moyen. Ces derniers forment des talus parsemés de blocs de calcaires qui se détachent à la suite de l'érosion différentielle par les eaux de ruissellement. Le site peut être considéré comme un point d'observation de plusieurs sites.	9	4	8
5	- **Nom du site :** Cuesta Tachrount **- Coordonnées géographiques :** 33°08'35.5"N 4°18'30.6"W **- Classification du site :** Morpho-structural **- Description du site :** La cuesta se situe dans le plateau de Dwira, sur la rive gauche de l'Oued Chouf Charg. Elle présente un contraste de couleur entre des marnes rouges qui forment les talus et des bancs clairs de calcaire lacustre tertiaire aux sommets (Fig. 29 B). La région est caractérisée par un nombre intéressant de cuestas qui sont organisées en succession régulièrement espacée.	8	6	9
6	- **Nom du site :** Butte témoin Glib El Gara **- Coordonnées géographiques :** 33°06'55.8"N 4°13'13.6"W **- Classification du site :** Pluvial **- Description du site :** Plusieurs buttes témoins sont dispersées dans la région dont la plus spectaculaire est la bute Glib El Gara. Elle se distingue bien dans le paysage par sa forme pyramidale. Elle est formée essentiellement par des argiles rouges gypsifères coiffées par des bancs de gypse (Fig. 27 C). Elle résulte d'une érosion hydrique intense.	8	6	9
7	- **Nom du site :** Gorges El Borj **- Coordonnées géographiques :** 33°09'12.5"N 4°12'18.0"W **- Classification du site :** Fluvio-karstique **- Description du site :** Depuis le Douar El Borj jusqu'au village de Dwira, l'Oued Chouf Charg traverse des formations tertiaires et crétacées	10	8	8

	verticalisées à la terminaison périanticlinale du Jbel Bou Amran, créant de véritables canyons d'une grande valeur esthétique (Fig. 27 A).			
8	- **Nom du site :** Jbel Bou Amran **- Coordonnées géographiques :** 33°06'04.8"N 4°15'07.5"W **- Classification du site :** Morpho-structural **- Description du site :** Jbel Bou Amran est un anticlinal isolé constitué des dépôts du Crétacé et du Cénozoïque. Son axe présente une torsion dans un sens sénestre. Le flanc SE verticalisé présente des discordances progressives enregistrées par les dépôts mio-pliocènes (Labbassi 1991).	11	6	10
9	- **Nom du site :** Jbel Wisslaj **- Coordonnées géographiques :** 33°07'23.2"N 4°21'51.2"W **- Classification du site :** Morpho-structural **- Description du site :** C'est un anticlinal faillé dont l'ossature est formée par les carbonates liasiques (Fig. 23 E). L'érosion différentielle des différentes formations du Crétacées et du Tertiaire a édifié de magnifiques chevrons sur son flanc SE.	12	6	9
10	- **Nom du site :** Hoodoos Dwira **- Coordonnées géographiques :** 33°08'06.1"N 4°09'40.4"W **- Classification du site :** Pluvial **- Description du site :** Les Hoodoos (cheminés de fée) de Dwira, sont situés le long de l'Oued Chouf Charg. Ils sont de taille et de forme variables (Fig. 34). Ils sont sculptés essentiellement par l'érosion éolienne et pluviale, puisque les roches sont nues et le climat purement continental avec des orages violents durant l'été. Ils sont caractérisés par une forme de pilastre avec les argiles tendres à la base surmontés par des calcaires ou des conglomérats résistants.	12	8	13
11	- **Nom du site :** Jerf Ben Affit **- Coordonnées géographiques :** 33°13'15.7"N 4°09'24.4"W **- Classification du site :** Pluvial **- Description du site :** Il s'agit d'une cuesta rectangulaire sculptée par l'érosion pluviale et	9	6	12

	éolienne. Jorf Ben Affit est formée par des dépôts détritiques continentaux organisés en séquences fluviatiles dont les éléments proviennent du démantèlement des reliefs du Moyen Atlas au Mio Pliocène (Fig. 29 C). Ils reposent sur les formations laguno-marines du Crétacé.			
12	- **Nom du site :** Cascade d'Imouzzer Marmoucha **- Coordonnées géographiques :** 33°28'01.7"N 4°17'44.1"W **- Classification du site :** Fluvio-karstique **- Description du site :** La cascade d'Imouzzer Marmoucha (Fig. 27 B) présente un site très important pour la population locale. Elle est alimentée par l'eau de la source Tataw et présente l'accumulation travertineuse la plus importante dans la région. La genèse de ces travertins a commencé dès le Plio-Quaternaire et se poursuit jusqu'à l'actuel (Fig. 35). On peut voir actuellement l'encroûtement par des lamines de calcite de différents végétaux au niveau de la cascade. Ainsi, assister "en direct" à la formation d'une roche sédimentaire calcaire, phénomène pédagogiquement exploitable pour tout public, surtout les élèves et les étudiants.	12	10	12
13	- **Nom du site :** Jbel Oul Masqir **- Coordonnées géographiques :** 33°26'27.0"N 4°20'04.7"W **- Classification du site :** Morpho-structural **- Description du site :** Jbel Oul Masqir est situé au sud d'Imouzzer Marmoucha. C'est un massif montagneux de forme conique qui culmine à 1841 m et fait partie de la ride de Timsouyal-Marmoucha. Il est formé d'un faciès carbonaté du Lias inférieur et moyen, entouré de Marnes de Boulemane. Sa forme morphologique et sa position dans le paysage lui confère d'être un point d'observation des différents sites paysagers qui caractérisent la région.	10	8	9



Fig. 27. Panorama de quelques géomorphosites. **A :** Vue sur les gorges d'El Borj ; **B** : Cascade d'Imouzzer Marmoucha ; **C :** Butte témoin Glib El Gara.

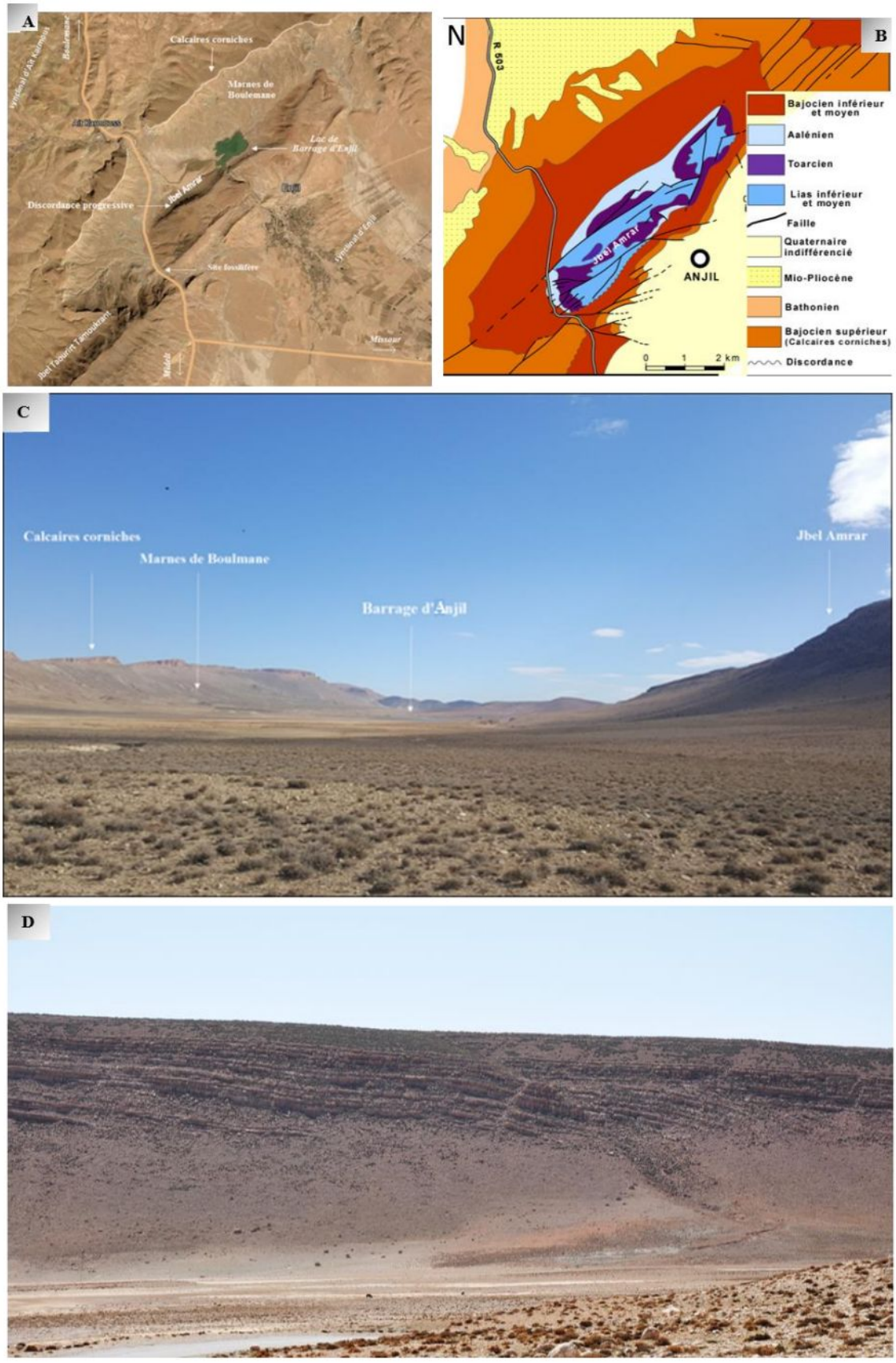


Fig. 28. Quelques géomorphosites et géosites de la dépression d'Iwansitn. **A :** Photo Google Earth de la dépression d'Iwansitn ; **B :** Carte géologique de la dépression d'Iwansitn (Benshili 1989) ; **C :** Vue du barrage d'Iwansitn ; **D :** Discordance progressive au niveau du flanc NW de Jbel Amrar.



Fig. 29. Vue panoramique de quelques géomorphosites. **A.** Les pilastres de Souk N'Sara ; **B.** Le paysage de la cuesta de Tachrount ; **C.** La fourmilière de Jerf Ben Affit.

3. Évaluation quantitative

Les quarante-deux sites sélectionnés sont situés le long de la route reliant Boulemane, Missour et Imouzzer Marmoucha, leurs valeurs centrales sont souvent élevées. Nous avons choisi la valeur arbitraire 12 sur 16 afin de sélectionner les sites les plus représentatifs et qui sont caractérisés par une intégrité géologique intéressante. Dans ce sens, vingt et un sites ont été retenus pour l'évaluation quantitative.

Quinze géosites et six géomorphosites, qui ont été évalués quantitativement, ont des valeurs scientifiques (VS), éducatives (VEd) et géotouristiques (VT) généralement très élevées. Cependant, leurs valeurs additionnelles, écologiques (VEc), culturelles (VC) et esthétiques (VEs) varient de faibles à élevées. En revanche, le risque de dégradation (RD) est modéré à moyen dans tous les cas (Tab. 23) (Fig. 30, 31).

L'objectif de cette étape est de faciliter l'utilisation des sites en fonction de leurs valeurs, de prévenir leurs risques de dégradation, d'améliorer leur fonctionnement et de promouvoir leur géoconservation.

Tab. 23. Résultats de l'évaluation quantitative des valeurs scientifiques, éducatives, touristiques, écologiques, culturelles et esthétiques et du risque de dégradation des sites sélectionnés.

Type des sites	**Nom des sites**	**VS**	**VEd**	**VT**	**VEc**	**VC**	**VEs**	**RD**
Géosite	Jbel Tichoukt	86,25%	92,5%	87,5%	25%	100%	82,5%	27,5%
Géosite	Site de vertébrés Boulahfa	86,25%	71,25%	60%	25%	75%	42,5%	40%
Géosite	Grotte Ifri Oussaid	81,25%	70%	63,75%	25%	100%	50%	40%
Géosite	Discordance Jbel Amrar	82,5%	81,25%	62,5%	25%	25%	55%	22,5%
Géosite	Couches d'Iwansitn	90%	76,25%	62,5%	25%	25%	40%	37,5%
Géosite	Site fossilifère Chaaba Touila	90%	78,75%	61,25%	25%	25%	40%	32,5%
Géosite	Jbel Azreg	78,75%	82,5%	69%	25%	25%	72,5%	20%
Géosite	Jbel ghassoul	75%	73,75%	62,5%	25%	75%	55%	32,5%
Géosite	Col de Tizi Nehassa	80%	88,75%	75%	25%	25%	62,5%	20%
Géosite	Discordance Tizi n'Taïda	92,5%	81,25%	67,5%	25%	25%	52,5%	17,5%

Géosite	Ossements de dinosaure Aït Bazza	76,25%	81,25%	70%	25%	75%	42,5%	45%
Géosite	Traces de pas de dinosaures Aït Bazza	76,25%	81,25%	70%	25%	75%	50%	45%
Géosite	Source Tataw	75%	90%	88,75%	25%	75%	57,5%	45%
Géosite	Source Skhounat	75%	85%	81,25%	25%	75%	75%	45%
Géosite	Jerf El Gaz d'Issouka	78,25%	81,25%	70%	25%	25%	47,5%	22,5%
Géomorphosite	Combe de Boulemane	81,25%	92,5%	87,5%	25%	75%	65%	42,5%
Géomorphosite	Souk N'Sara	76,25%	76,25%	70%	0%	25%	75%	17,5%
Géomorphosite	Combe d'Iwansitn	75%	82,25%	75%	25%	25%	75%	22,5%
Géomorphosite	Jbel Wisslaj	78,75%	82,5%	69%	25%	0%	72,5%	12,5%
Géomorphosite	Hoodoos Dwira	76,25%	88,75%	85%	25%	25%	72,5%	40%
Géomorphosite	Cascade d'Imouzzer Marmoucha	71,25%	91,25%	92,5%	50%	100%	92,5%	50%

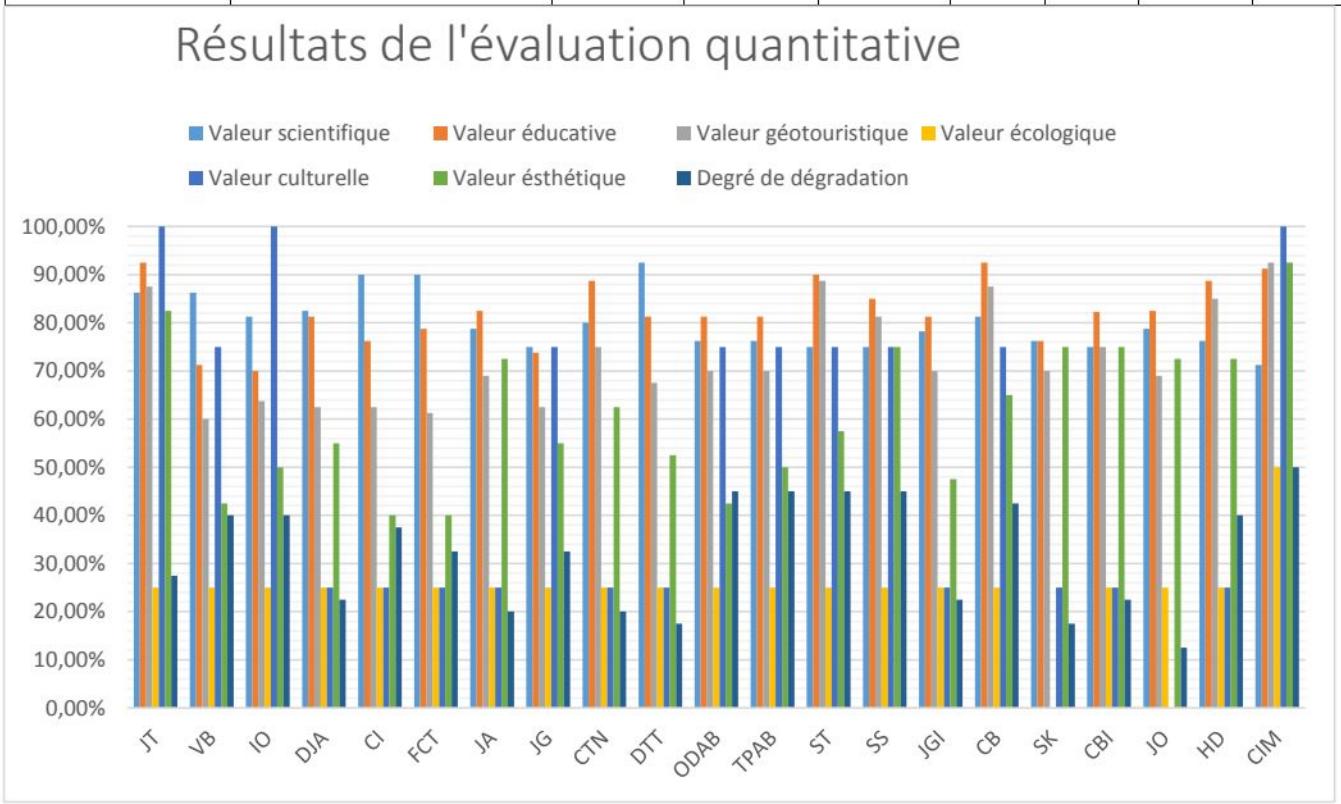
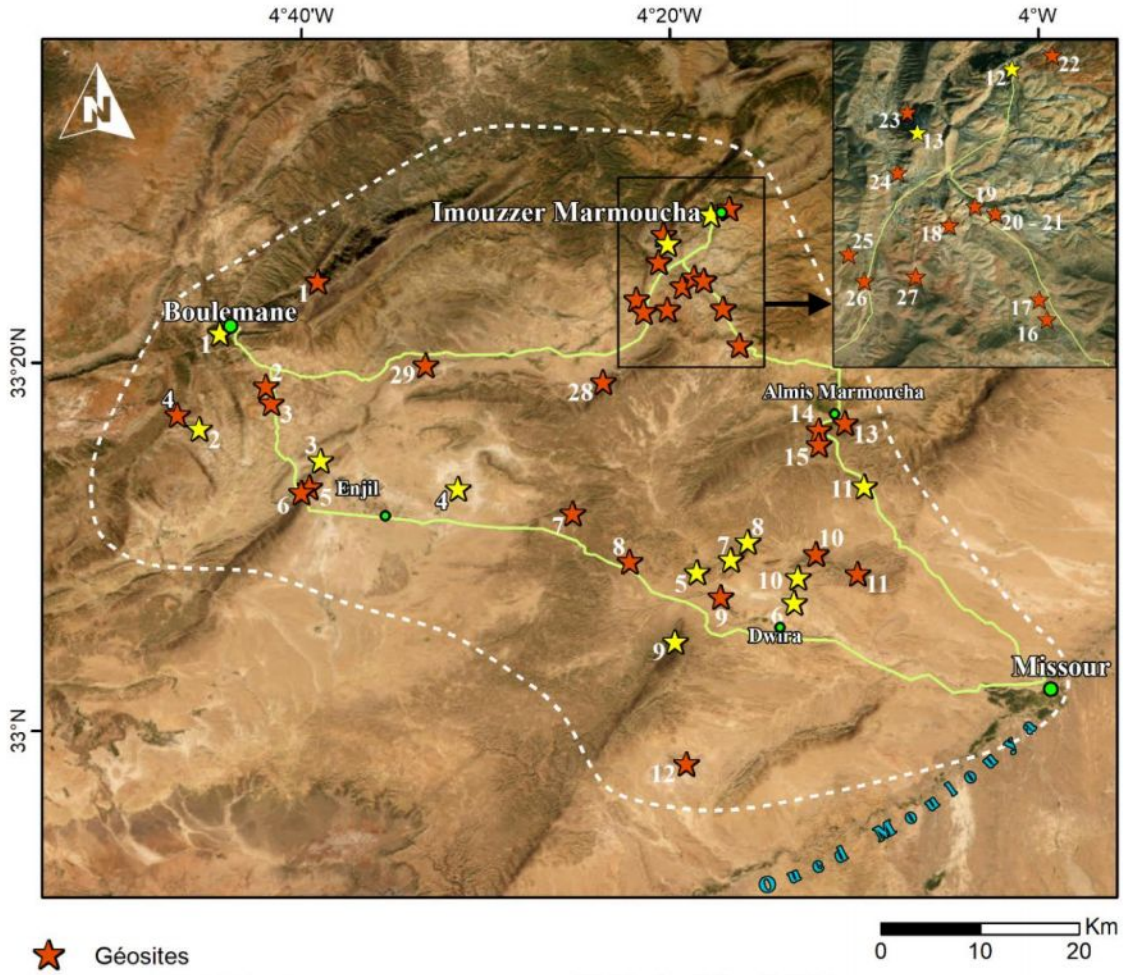


Fig. 30. Représentation graphique des résultats des valeurs scientifiques, éducatives, géotouristiques, écologiques, culturelles et esthétiques, et du risque de dégradation des sites. JTI : Jbel Tichoukt ; VB : Vertébrés de Boulahfa ; IO : Ifri Oussaid ; DJA : Discordance Jbel Amrar ; CI : Couches d'Iwansitn ; FCT : Fossiles Chaaba Touila ; JA :Jbel Azreg ; JG :Jbel Ghassoul ; CTN :Col de Tizi Nehassa ; DTT : Discordance Tizi n'Taida ; ODAB : Ossements de dinosaures Aït Bazza ; TPAB : Traces de pas de dinosaures Aït Bazza ; ST :Source Tataw ; SS :Source Skhounat ; JGI : Jerf El Gaz d'Issouka; CB : Combe de

Boulemane; SK : Souk N'Sara ; CIw : Combe d'Iwansitn; JO : Jbel Wisslaj; HD : Hoodoos Dwira ; CIM : Cascade d'Imouzzer Marmoucha.



Géosites

1 Jbel Tichoukt
2 Vertébrés de Boulahfa
3 Site fossilifère de Boulahfa
4 Grotte Ifri Oussaid
5 Discordance Jbel Amrar
6 Couches d'Iwansitn
7 Travertin Galb Jazirat Aït Ahmed
8 Site fossilifère Chaaba Touila
9 Source Aïn Bidda
10 Jbel Aghlal
11 Jbel Azreg
12 Jbel Ghassoul
13 Jbel Tsiouant
14 Le col de Tizi Nehassa
15 Site fossilifère Tizi Nehassa
16 Travertins Tizi n'Taida
17 Discordance Tizi n'Taida
18 Discordance Aït Bazza
19 Marne à gypse d'Aït Bazza
20 Ossements Aït Bazza
21 Traces de pas de dinosaures Aït Bazza
22 Source Tataw
23 Source Skhounat
24 Jerf El Gaz d'Issouka
25 Discordance Timsouyal
26 Site fossilifère Timsouyal
27 Dykes de Timsouyal
28 La mine de Calcite de Serghina
29 Les Récifs de Tagnamas

Géomorphosites

1 Combe de Boulemane
2 Souk N'Sara
3 Dépression d'Iwansitn
4 Gara Lachmine
5 Cuesta Tachrount
6 Buttes témoins Glib El Gara
7 Gorges El Borj
8 Jbel Bou Amran
9 Jbel Wissilaj
10 Hoodoos Dwira
11 Jerf Ben Affit
12 Cascade d'Imouzzer Marmoucha
13 Jbel Oul Masqir

Routes — — — Zone d'étude

Fig. 31. Localisation des sites sélectionnés sur une photo satellitaire.

Capacité de charge touristique de la cascade d'Imouzzer Marmoucha

La cascade d'Imouzzer Marmoucha est caractérisée par une notation intéressante de différentes valeurs centrales et additionnelles. Sa valeur scientifique (71,25 %) et éducative (91,25 %) montre que le site peut être visité par les groupes scientifiques et être intégré dans les circuits éducatifs. Ainsi, sa valeur géotouristique (92,5 %) en plus de ses valeurs esthétique (100 %) et culturelle (92,5 %) très élevés signifie que le site est près d'être utilisé à des fins touristiques avec des cachets scientifiques et pédagogiques étonnants. Or, le site a eu la notation la plus élevée de risque de dégradation (50 %), ce qui nous a poussés à quantifier sa capacité de charge pour une meilleure planification touristique et pour assurer sa conservation et sa préservation aux générations futures. Il faut noter que la cascade d'Imouzzer Marmoucha est parmi les sites les plus fréquentés dans la région et le plus célèbre. La majorité de ses visiteurs sont d'origine locale, régionale, des universitaires et/ou des passagers ; alors qu'il est méconnu à l'échelle nationale. Ainsi, le taux annuel de touristes reste moyen dans cette région.

Pour quantifier la capacité de charge touristique de la cascade d'Imouzzer Marmoucha, nous avons effectué les étapes ci-dessous :

- D'abord, la quantification de la capacité de charge physique (PCC), dépendamment de la longueur du sentier (L) (190,5 m), l'espace requis par les visiteurs (EV) (1 m linéaire) et la fréquence à laquelle une personne peut se rendre sur le site le même jour (NV). Cette dernière est quantifiée en prenant en compte le temps d'ouverture du site (Ho), qui reste ouvert 24/24 donc 1440 min par jour, ainsi que la durée requise pour la visite (Tv) 30 min (aller-retour). Il faut noter que la durée de la visite peut varier d'une personne à l'autre, mais dans notre cas, nous avons estimé le temps de la visite en considérant que le randonneur a fait le trajet sans arrêt et à une vitesse de marche moyenne peu importe la qualité de l'expérience.

On a $\mathbf{NV} = \frac{1440\ \text{min}}{30\ \text{min}} = 48$ fois

Donc $\mathbf{PCC} = \frac{190,5}{1 * (48)} = 9144$ de visiteurs par jour.

- Ensuite, le calcul de la capacité de charge réelle (RCC) qui est constituée de quatre facteurs : a) facteur social (FS) ; b) érodabilité (FE) ; c) accessibilité (FA) ; d) saisonnalité (FZ).
  a) Pour estimer le FS, on a les données suivantes :

DG = 50m ; SP = 1m ; PG =10 personnes ; L = 190,5m ;

Donc **DRG** = (50) + [(1) (10)] = 60m **;** $\mathbf{GR} = \frac{190,5}{60} = 3,17$ **;** **P** = (3,17) (10) = 31,7 ;

ML = 190,5-(31,7) (1) = 158,8 ;

Dans ce sens $\mathbf{FS} = \frac{158,8}{190,5} \approx 0,17$

b) **FE** comprend le calcul des effets dus au type de sol et au degré de difficulté de la pente. Dans notre cas le sentier est aménagé par des escaliers avec un pavé de pierres, dont nous avons choisi une pondération de 1,5 (Tab.17).

$$\text{Donc} \qquad \mathbf{FE_1} = \frac{(190,5) * (1,5)}{190,5} = 1,5$$

Or, le sentier est caractérisé par une pente maximale sur une longueur de 34 m et d'une pente moyenne sur une longueur 120 m, alors que le reste du parcours ne présente aucune pente.

$$\text{Donc} \qquad \mathbf{FE_2} = 1 - \frac{(34) * (1,5) + (120) * (1)}{190,5} = 0,1$$

$$\text{Donc} \qquad \mathbf{FE} = \frac{1,5 + 0,1}{2} = 0,88$$

c) **FA** désigne la difficulté de marche en fonction de la pente.

Donc **FA** = FE_2 = 0,1

d) **FZ** fait référence à la saison au cours de laquelle le site demeure ouvert. Dans notre cas le site reste ouvert pendant toutes les saisons et 24h sur 24h.

Donc

$$\mathbf{FZ} = 1 - \frac{0}{365} = \mathbf{1}$$

Alors

RCC = (9144) [(0,17) (0,88) (0,1) (1)] = 136,79

Les résultats requis montrent que la capacité de charge réelle du sentier de la cascade d'Imouzzer Marmoucha peut atteindre jusqu'à 137 visiteurs par jour.

- La troisième étape permet l'estimation de la capacité de gestion du site (MC), en tenant compte de l'infrastructure de base, les services fournis et le personnel.

L'infrastructure de base est très limitée, le transport n'est disponible que le matin et l'après-midi, l'hébergement ne se fait que chez les familles d'accueil. Il n'y a pas de toilettes publiques sur le site. Le parking ne peut contenir que trois à quatre voitures au maximum. Cependant le sentier est bien aménagé. Pour les services fournis, on n'a que trois restaurants d'une qualité médiocre, une station de repos, un centre de premiers soins et aucun magasin de location ou de ventes de matériel de randonnées. Cependant, quelques associations du tourisme montagnard existent, dont deux sont très actives dans la promotion du géotourisme régional, mais le nombre de guides reste très limité.

Donc la MC est de 38,6 %, soit 61,4 % de manque de la capacité de gestion. Ce qui montre que la région nécessite un aménagement de l'infrastructure de base, la formation de personnel nécessaire et surtout l'amélioration de la qualité des services fournis.

- Enfin, on calcule la capacité de charge effective (ECC). Il s'agit du nombre maximal de touristes qui peuvent visiter le site par jour.

$$\mathbf{ECC} = (136{,}79)\ (0{,}38) = \mathbf{51{,}89.}$$

Dans ce sens, 52 visiteurs est la capacité de charge touristique (TCC) de la cascade d'Imouzzer Marmoucha. Ce nombre de visiteurs par jour ne provoqueraient pas de dégradation du site.

Normalement, le site peut accueillir un nombre plus élevé que 52. Mais les aménagements qui ont été réalisés sur le site ont réduit la capacité du site. Il aurait été préférable de faire ces aménagements sur la rive droite de la vallée où il y a plus d'espace plus et garantira une vue intéressante sur le lieu.

Ainsi, le manque d'infrastructures telles que les hôtels, les parkings, les restaurants, et tous les outils de gestion ont affecté négativement le résultat de la capacité d'accueil touristique du site.

4. Exemple de fiche descriptive de deux géosites et deux géomorphosites

Pour la présentation complète, on a sélectionné quatre sites, deux géosites et deux géomorphosites, qui ont été classés parmi les meilleurs, à savoir les Couches d'Iwansitn, le col de Tizi Nehassa, les Hoodoos de Dwira et la cascade d'Imouzzer Marmoucha.

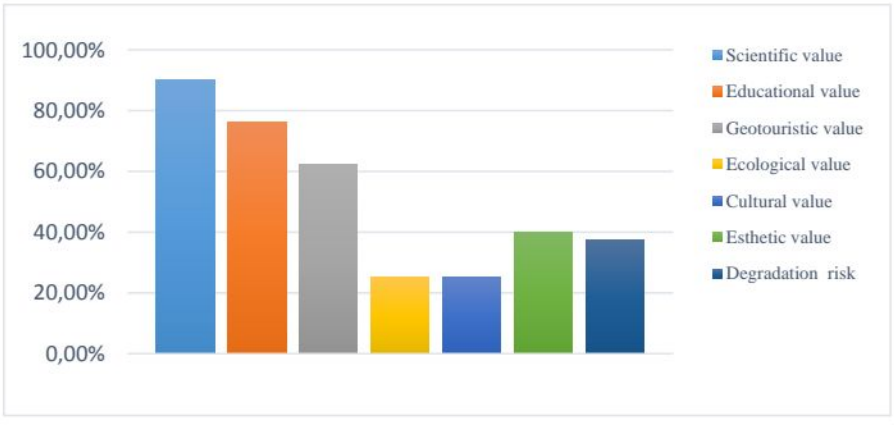
Le choix de ces derniers se justifie par le fait que chaque site est lié à d'autres sites localisés au même endroit.

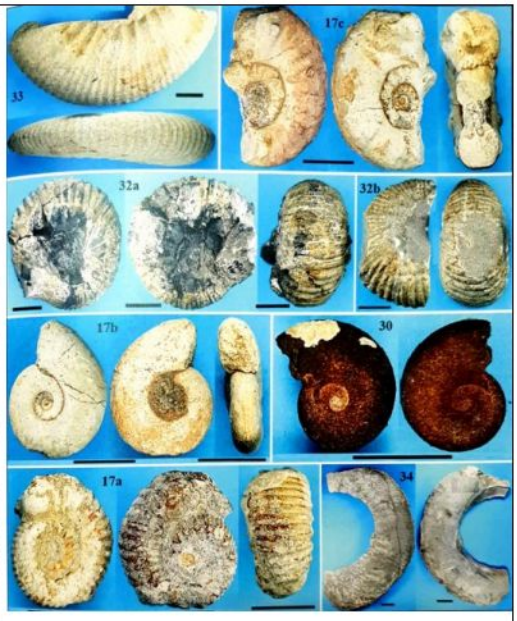
- **Couches d'Iwansitn**

Ce géosite est caractérisé par des scores élevés à moyens, en ce qui concerne les valeurs d'usage telles que les valeurs scientifique, éducative et géotouristique. Il est également caractérisé par des scores modérés à faibles pour les valeurs additionnelles comme les valeurs écologique, culturelle et esthétique. Le risque de dégradation est moyen malgré le fait qu'il s'agisse d'un site fossilifère, ce qui peut s'expliquer par le faible taux de visiteurs (Tab. 24).

Tab. 24. Description complète du géosite Couches d'Iwansitn.

Résultats de l'évaluation	
Identification	**Type du site :** Géosite **Nom du site :** Couches d'Iwansitn **Localité :** Moyen Atlas méridional **Coordonnée géographique :** 33°12'55.4"N 4°39'59.4"W **Altitude :** 1760 m
Classification	Stratigraphique
Intérêt géologique et/ou géomorphologique	Le site permet d'observer le passage Aalénien-Bajocien. L'Aalénien est représenté par des calcaires bioclastiques rougeâtres très bioturbés. Une macrofaune constituée essentiellement d'ammonites (Fedan et El Hassani 2018) et de bélemnites s'est condensée à la surface ondulée et bioturbée du dernier banc calcaire. L'association des ammonites, qui sont considérées comme des marqueurs biostratigraphiques fiables, ont permis de dater ces calcaires de l'Aalénien supérieur-Bajocien inférieur (Elmi et Benshili 1987 ; Benshili 1989 ; Benshili et Elmi 1994). Au-dessus, vient une alternance de bancs calcaires à Zoophycos, de 10 à 40 cm d'épaisseur, et de marnes, renfermant des ammonites du Bajocien inférieur (Couches d'Iwansitn). Le passage se fait progressivement vers les Marnes de Boulemane sus-jacentes du Bajocien moyen.
Intérêts associés	**Intérêt écologique et biologique :** Le site a une faible valeur écologique expliquée par le climat semi-aride qui marque la région. Cependant, le site présente des steppes d'Alpha, qui se développent sur des sols plus ou moins rocheux. C'est une plante d'une grande valeur écologique qui lutte contre l'érosion éolienne et hydrique. **Intérêt culturel :** La région est riche en monuments funéraires qui méritent

	d'être visités. La proximité du site du village d'Anjil Ikhatarn, à environ 3 km, permet au visiteur de profiter de la culture et des traditions amazighes et de la fraicheur du lac du barrage Anjil.
Utilisation et gestion	**Accessibilité :** Le site est accessible depuis plusieurs villes et villages, comme Boulemane et Missour. Des stations de taxis sont situées dans les deux villes précédentes, mais il est préférable de s'y rendre en groupe ou en véhicule personnel. **Sécurité :** Le site est facilement accessible car il est situé sur le bord de la route R503. Cependant, le site peut être dangereux à visiter en hiver car il est situé à proximité d'un oued. **Infrastructure de base :** La région se caractérise par une bonne infrastructure routière. En revanche, l'hébergement n'est disponible d'à Boulemane ou Missour. **Visibilité :** Le site n'est visible que quand on est à sa proximité. **Statut d'intégrité et de protection :** Actuellement, le site est modérément préservé, mais il pourrait subir une dégradation à l'avenir si aucune protection spéciale n'intervient. **Fragilité et vulnérabilité :** Le mécanisme d'érosion fluviale a un effet modéré sur la valeur scientifique du site. Mais le facteur du pillage illicite est considéré comme un facteur majeur qui peut accroître la détérioration du site. **Paysage :** Le site lui-même n'offre aucun paysage de haute qualité, mais au NE de celui-ci, se trouve la dépression d'Iwansitn qui offre un paysage singulier, mêlé entre la couleur bleue de l'eau du barrage, la végétation verdoyante et la hauteur des reliefs. **Capacité de charge touristique :** Le risque de dégradation de ce site est faible. De plus, l'intérêt scientifique et pédagogique du site ne suscitera que l'intention de groupes des chercheurs ou des étudiants, qui sont déjà peu nombreux. **Saison recommandée pour la visite :** Le site peut être fréquenté en toutes saisons, mais la meilleure période est le printemps. **Activités pouvant commercialiser le site :** Les randonnées pédestres et l'alpinisme.
Évaluation quantitative	

Photos	  **Fig. 32.** Ammonites des couches d'Iwansitn. La photo de gauche est prise sur le terrain ; celle de droite est une collection de l'Institut Scientifique de Rabat (in Fedan et El Hassani 2018).
Références	Benshili K. (1989). Lias-Dogger du Moyen-Atlas plissé (Maroc). Sédimentologie, biostratigraphie et évolution paléogéographique. Docum. Lab. Géol. Lyon, n°106, 285 p. Benshili K. Elmi S. (1994). Enregistrement biostratigraphique et séquentiel des évènements ´ Toarcien-Bajocien dans le Moyen Atlas plissé (Maroc), ´ Misc. Serv. Geol. Naz. 5 277–283. Fedan B., El Hassani A. (2018). The Jurassique of the Atlas Domain (Morocco). Münster. Forsch. Geol. Paläont., 110, pp. 119-144.

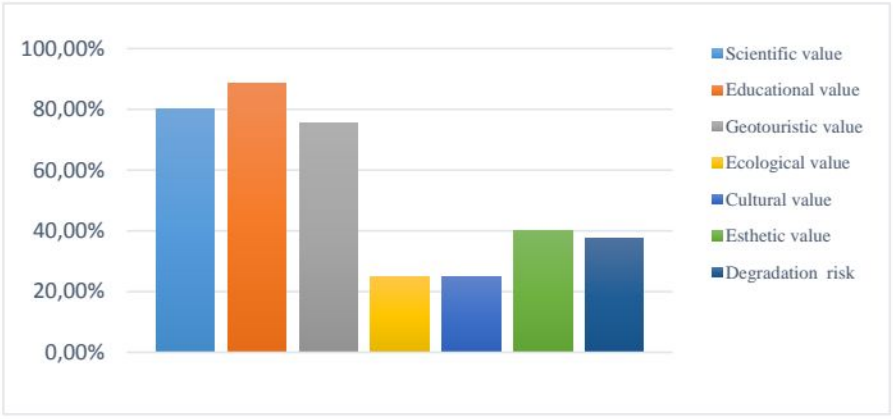
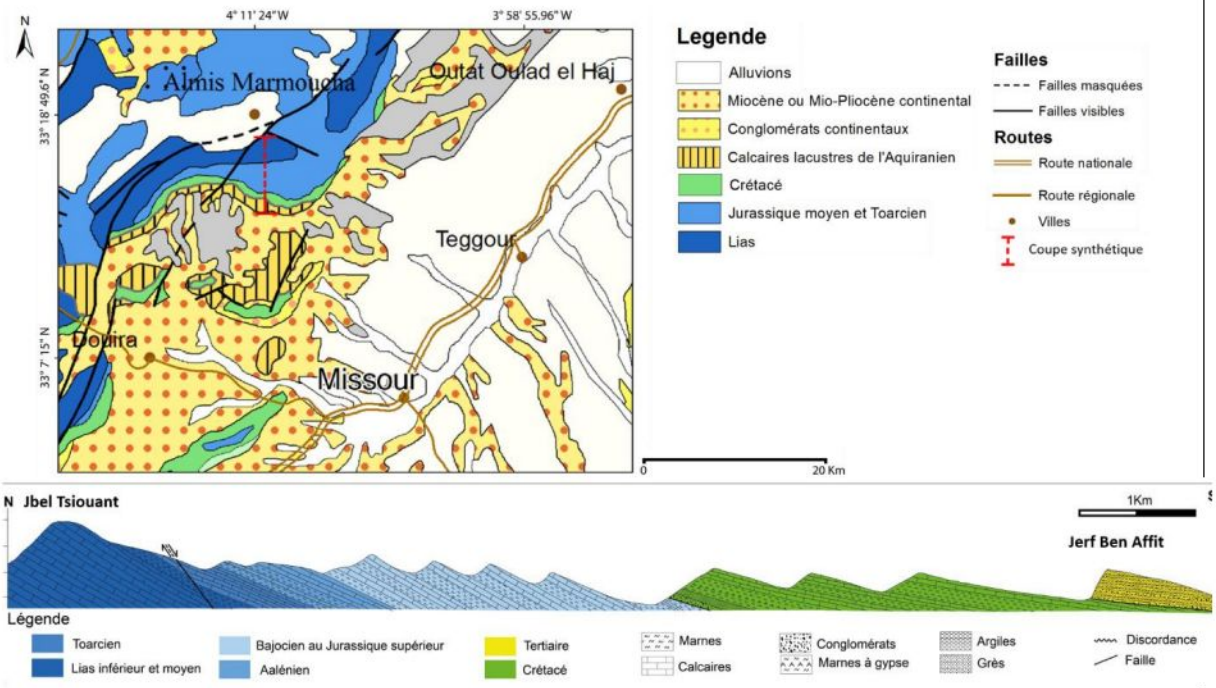
- **Col de Tizi Nehassa**

Le géosite col de Tizi Nehassa présente des scores élevés dans la majorité de ses valeurs, à l'exception de la valeur écologique et culturelle qui sont faibles.

Le choix de ce site pour une description détaillée (Tab. 25), se justifie par son intérêt scientifique et éducatif qui dépasse les 80 %, ainsi que par la diversification de ses richesses entre le patrimoine paléontologique et tectonique qui lui confèrent un statut de site éducatif avec des sceaux scientifiques et pédagogiques particuliers.

Tab. 25. Description complète du géosite : col de Tizi Nehassa.

Résultats de l'évaluation	
Identification	**Type du site** : Géosite **Nom du site :** Col Tizi Nehassa **Localité :** Bordure sud du Moyen Atlas oriental (4ème ride) **Coordonnée géographique :** 33°16'18.2"N 4°11'59.0"W **Altitude :** 1780m
Classification	Structural
Intérêt géologique et/ou géomorphologique	Le col de Tizi Nehassa franchit la crête entre les anticlinaux Tafgourt et Tsiouant. Il marque le passage d'une faille importante. Le flanc SE de Jbel Tsiwant montre une succession de formations depuis le Jurassique jusqu'au Quaternaire. Il a enregistré de nombreux types de faciès caractérisant surtout un milieu de dépôt peu profond ou lagunaire et où toutes les perturbations liées à la tectonique sont bien enregistrées. Les reliefs du site présentent un cœur à matériel carbonaté du Lias inférieur et moyen. Au niveau du flanc sud, les formations tendres du Domérien et du Toarcien inférieur donnent des dépressions, elles sont surmontées par des crêtes calcaires du Toarcien, Aalénien et Bajocien. Les formations jurassiques sont surmontées par les dépôts du Crétacé et du Cénozoïque. Alors qu'au niveau du flanc nord, le Lias supérieur et le Dogger n'affleurent pas (Benshili 1989). La coupe du flanc sud montre des faciès détritiques et carbonatés très diversifiés. Certains niveaux sont très riches en fossiles (Benshili 1989), notamment les ammonites, les grands lamellibranches et les brachiopodes,
Intérêts associés	**Intérêt écologique et biologique :** Le site n'est caractérisé que par les steppes d'Alfa qui jalonnent la région et quelques plantes médicinales comme le romarin. **Intérêt culturel :** Le col de Tizi Nehassa est situé à proximité du village d'Almis Marmoucha. La population autochtone s'accroche à son patrimoine immatériel purement amazigh.
Utilisation et gestion	**Accessibilité** : Il est préférable de visiter le site par un voyage organisé ou par un véhicule personnel. L'accès au site se fait depuis les villes Missour et le village d'Almis Marmoucha. **Sécurité :** L'accès au site est plus ou moins facile puisqu'il est situé au bord de la route provinciale P5123 sur une distance d'environ Sept kilomètres d'Almis Marmoucha. **Infrastructure de base :** La route goudronnée qui mène au site est dans un bon état. De même que le logement n'est disponible qu'après une vingtaine de kilomètres à Missour. **Visibilité :** Le site peut être visible depuis un ou plusieurs points de vue particuliers. **Statut d'intégrité et de protection :** Le site ne bénéficie d'aucune protection législative ou judiciaire et ne présente aucune dégradation préoccupante. **Fragilité et vulnérabilité :** Le site ne présente aucun facteur important qui pourrait entraîner une augmentation de sa fragilité et/ou de sa vulnérabilité. **Paysage :** Le col de Tizi Nehassa est caractérisé par des reliefs monoclinaux vers le sud, ce qui donne une vue horizontale inhabituelle surplombant la plaine d'Almis Marmoucha et le bassin de Missour. **Capacité de charge touristique :** Le site couvre une distance de cinq kilomètres, ce qui

	assure l'accueil de nombreux visiteurs. Ainsi, le site ne présente qu'un très faible risque de dégradation. **Saison recommandée pour la visite :** Le site est visitable en toutes saisons, mais il faut éviter les journées pluvieuses. **Activités pouvant commercialiser le site :** La randonnée pédestre, parapente.
Évaluation quantitative	
Photos	
Références	**Fig. 33.** Carte géologique de la région du col de Tizi Nehassa (extrait de la carte géologique 1 :1000000) et coupe schématique au niveau du flanc sud de ma 4^{éme} ride. Benshili K. (1989). Lias-Dogger du Moyen-Atlas plissé (Maroc). Sédimentologie, biostratigraphie et évolution paléogéographique. Docum. Lab. Géol. Lyon, n°106, 285 p.

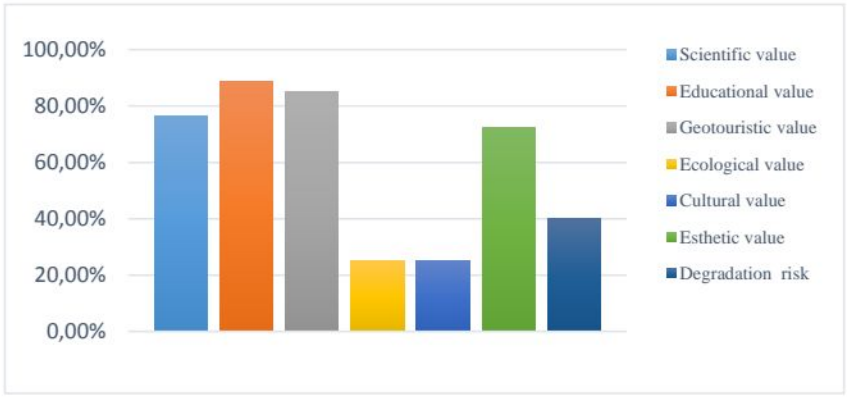
- **Hoodoos de Dwira**

Les Hoodoos de Dwira (Tab. 26) sont considérés prêt à être fréquenté par les visiteurs, en raison de son emplacement aux alentours du village Dwira. La population locale est en mesure de

fournir un hébergement pour une famille ou un groupe de quatre personnes au total. Ainsi, le site est caractérisé par des scores appréciables de la majorité de ses valeurs, sauf quelques-unes comme la valeur écologique et la valeur culturelle, qui sont faibles.

Tab. 26. Description complète du géomorphosite Hoodoos de Dwira.

Résultats de l'évaluation	
Identification	**Type du site :** Géomorphosite **Nom du site :** Hoodoos de Dwira **Localité :** Oued Chouf Charg (plaine de la Moyenne Moulouya) **Coordonnée géographique :** 33°08'06.1"N 4°09'40.4"W **Altitude :** 1200m
Classification	Pluvial
Intérêt géologique et/ou géomorphologique	Les Hoodoos sont situés près du village de Dwira. Ils sont caractérisés par une forme de pinacle rocheux (Horváth et al. 2015) chapeauté par des bancs de grès, calcaire ou conglomérat épais, alignés le long de la vallée, offrant une vue imprenable sur le paysage. Ils se distinguent par une taille variable où l'altération différentielle joue un rôle primordial dans la préservation des bancs de grès les plus durs au sommet et l'exposition des bancs plus tendres intercalés à la base (Pintér 2003 ; Horváth et al. 2015). Les faciès présentent un contraste de couleur saisissant entre le rouge, l'orange et le jaune.
Intérêts associés	**Intérêt écologique et biologique :** Le site ne présente aucun intérêt écologique ou biologique, à part des steppes de l'Alfa et de quelques plantes médicinales. **Intérêt culturel :** Les produits du terroir et le folklore amazigh, constituent la valeur culturelle du site. Le site abrite quelques monuments funéraires.
Utilisation et gestion	**Accessibilité** : Le site est accessible depuis Boulemane et Missour, qui disposent de stations de cars et de taxis. **Sécurité :** Le site est facilement accessible à tous les groupes d'âge et il est sûr pour les visiteurs. **Infrastructure de base :** Le village est desservi par une route goudronnée bien aménagée qui permet un accès rapide et facile. Ainsi, la population locale assure l'hébergement, pour autant que le nombre de visiteurs ne dépasse pas quatre personnes par foyer. **Visibilité :** Le site peut être observé de plusieurs points de vue spécifiques. **Statut d'intégrité et de protection :** Malheureusement, le site ne bénéficie d'aucun type de protection juridique. **Fragilité et vulnérabilité :** La localisation du site en bordure de l'Oued Chouf Charg peut jouer un rôle dans sa dégradation à moyen et long terme. Néanmoins, le site ne souffre d'aucune détérioration notable. **Paysage :** Le site offre un panorama grandiose, visible depuis plusieurs points de vue, où l'harmonie entre le vert des terrains cultivés, la couleur rougeâtre et jaunâtre

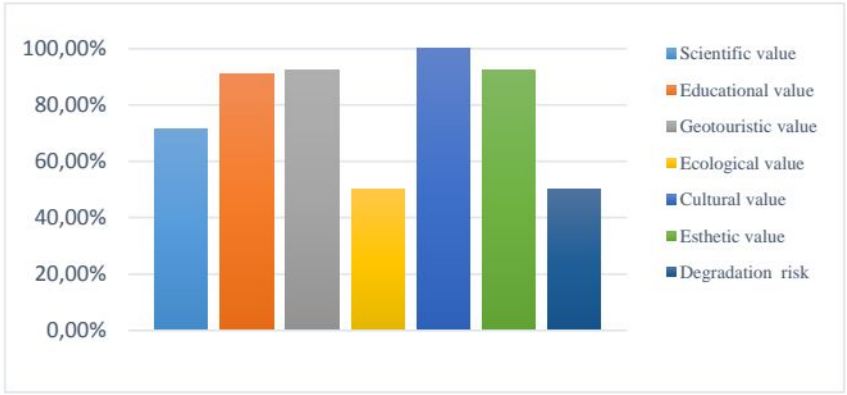
	des formations tertiaires et la variation des altitudes, ont joué un rôle primordial dans le façonnement du paysage. **Capacité de charge touristique :** Le site est faiblement vulnérable à la dégradation et très peu fréquenté. Ainsi, il est étalé sur de grandes distances, ce qui lui permet de recevoir un nombre intéressant de visiteurs. **Saison recommandée pour la visite :** Le site peut être visité en toute saison. **Activités pouvant commercialiser le site :** La randonnée et le baptême en parapente sont les activités les plus recommandées dans cette région.
Évaluation quantitative	
Photos **Références**	 **Fig. 34.** Vue panoramique des Hoodoos de Dwira. Horváth G, Utasi Z, Hegedűs A, Pintér Z (2015) The Vajdavár Hills: Sandstone cliffs, hoodoos and gorges. In: Lóczy, D. (Ed.), Landscapes and Landforms of Hungary. Springer, Switzerland, pp 157– 165. DOI: 10.1007/978-3-319-08997-3_19. Pintér Z (2003) A Nemti-rögvidék felszínalaktana (Geomorphology of the Nemti Mountains). In: Horváth G (ed) A földrajz szolgálatában (In the service of geography). Budapest–Érd, pp 103–116 (in Hungarian).

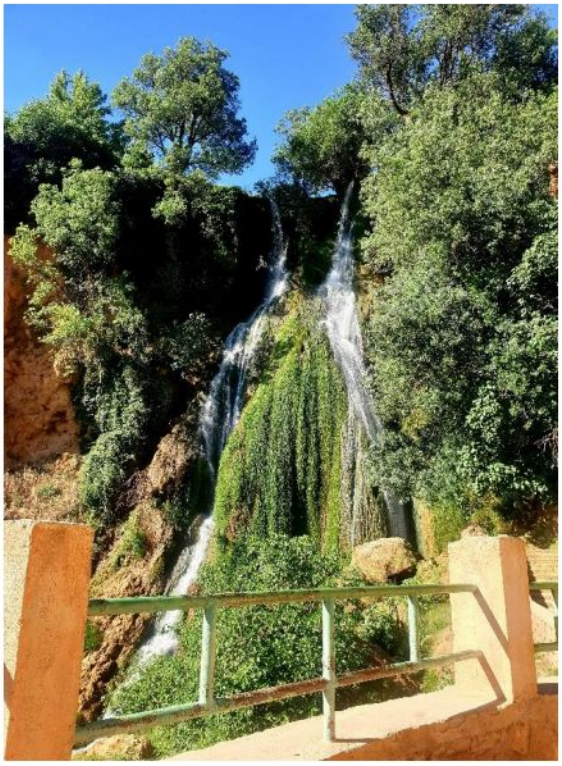
- **Cascade d'Imouzzer Marmoucha**

La cascade d'Imouzzer Marmoucha (Tab. 27) reçoit des visiteurs, en raison de son emplacement stratégique à l'entrée du village et aux aménagements qu'il a subis ces dernières années. En effet, un gîte est situé juste avant le site permettant de loger les personnes qui souhaitent le découvrir. De plus, le site présente des scores satisfaisants et la capacité de charge est également quantifiée.

Tab. 27. Description complète du géomorphosite : Cascade d'Imouzzer Marmoucha.

Résultats de l'évaluation	
Identification	**Type du site :** Géomorphosite **Nom du site :** Cascade d'Imouzzer Marmoucha **Localité :** Moyen Atlas central **Coordonnée géographique :** 33°28'01.7"N 4°17'44.1"W **Altitude :** 1600 m
Classification	Fluvio-karstique
Intérêt géologique et/ou géomorphologique	À l'entrée du village d'Imouzzer Marmoucha, on trouve l'un des plus merveilleux paysages du Moyen Atlas central, le belvédère de la cascade et la vallée verte cultivée. Une petite parcelle de paradis, une véritable terrasse naturelle depuis laquelle la vue sur les montagnes de la 3ème ride est époustouflante. Les formations fluvio-lacustres du Pio-Quaternaire (Ech-Charay 2016) qui abritent la cascade sont caractérisées par la genèse de plusieurs générations de travertins, marqués par différents types d'incrustations. La formation de ces roches sédimentaires est liée à l'écoulement d'eaux karstiques, bien oxygénées et saturées en carbonates. Ce phénomène est courant dans tout le Moyen Atlas. C'est un site pédagogique par excellence.
Intérêts associés	**Intérêt écologique et biologique :** Le site est doté d'une richesse écologique présentée par des pins reboisés, du chêne vert, du thuya et de l'Oxycedrus, outre les arbres fruitiers plantés le long de la vallée. **Intérêt culturel :** La chute d'eau est considérée comme un véritable symbole pour la population locale, d'où le nom 'Imouzzer' qui signifie 'cascade' en amazighe.
Utilisation et gestion	**Accessibilité** : Le site est accessible depuis Boulemane et Missour où les moyens de transport public sont disponibles. **Sécurité :** Le site ne présente aucun danger significatif. **Infrastructure de base :** Le village d'Imouzzer Marmoucha se caractérise par une assez bonne infrastructure de base où l'on trouve des restaurants, un dispensaire et un gîte qui peut accueillir jusqu'à 11 personnes. **Visibilité :** De nombreux points de vue permettent de visualiser le site. **Statut d'intégrité et de protection :** le site ne bénéficie d'aucune protection

	légale. **Fragilité et vulnérabilité :** Le site ne présente actuellement aucun risque majeur de dégradation. Cependant, il est vulnérable à la dégradation en raison de sa faible étendue et du fait qu'il s'agit du site le plus fréquenté de la région. **Paysage :** La cascade d'Imouzzer Marmoucha a un positionnement stratégique en hauteur qui lui confère une visibilité depuis le Jbel Issouka et Aït Bazza. La vue de loin montre que ce site est immergé au cœur de la nature. Ainsi, à l'entrée du village on observe des montagnes caractérisées par une altitude très marquée où le Jbel Bou Iblane est le plus spectaculaire. **Capacité de charge Touristique :** Bien que la cascade d'Imouzzer couvre un espace très restreint, c'est le site le plus visité de la région. Elle présente donc un risque modéré de dégradation. De ce fait, le nombre de visiteurs autorisés par jour est de 54 personnes. **Saison recommandée pour la visite :** Le site peut être visité à tout moment de l'année, mais la période la plus favorable est le printemps, lorsque la cascade se caractérise par un débit important qui augmente son attrait. **Activités pouvant commercialiser le site :** La randonnée, la course d'orientation et le raid nature sont les activités qui peuvent être commercialisées sur le site.
Évaluation quantitative	

Photos	
Références	**Fig. 35.** Cascade d'Imouzzer Marmoucha. Ech-Charay K. (2016) Mise en valeur des potentialités géo-écotouristiques de la région d'Imouzzer Marmoucha (Moyen Atlas, Maroc). Mémoire de Master, Faculté des Sciences Dhar El Mehraz, Fès.

5. Bilan

La région de Boulemane-Missour renferme un géopatrimoine très diversifié, témoin de nombreux processus géologiques et géomorphologiques. Elle comprend deux unités structurales, une partie du Moyen Atlas plissé et une partie de la plaine de la Moyenne Moulouya. La diversification, la rareté, la connaissance scientifique et le manque d'études géopatrimoniales nous ont incités à d'étudier cette région.

Notre étude s'est déroulée en trois phases principales : la première est l'évaluation préliminaire. Elle a consisté en une collecte de données bibliographiques, une enquête de terrain, une identification des sites et une délimitation de la zone d'étude. Ceci nous a permis de sélectionner 41 sites. La seconde est l'évaluation spécifique. À partir de celle-ci, deux listes de sites ont été élaborées, l'une pour les géosites et l'autre pour les géomorphosites. Alors que la troisième phase est l'évaluation quantitative. Grâce à cette étape, nous avons pu évaluer la valeur scientifique, éducative, géotouristique, écologique, culturelle et esthétique, le degré de dégradation et la capacité d'accueil touristique des sites explorés.

L'inventaire élaboré, nous a assuré que la région abrite des géosites et des géomorphosites, d'une importante valeur scientifique, éducative et géotouristique. Celle-ci est soutenue par une valeur esthétique représentée dans le paysage désertique, une valeur culturelle démontrée dans les produits de terroirs, le folklore Amazigh et les monuments historiques, et une valeur écologique, symbolisée par la vaste steppe d'alpha, habitat principal de l'Outarde Houbara d'Afrique, un oiseau menacé d'extinction, et qui a été réintroduit dans les réserves grâce à l'installation de deux stations de reproduction dans la région.

II. Patrimoine de la région d'Adrar Bou Naceur

La quatrième ride anticlinale du Moyen Atlas plissé est un front montagneux chevauchant la bordure NW du bassin sédimentaire de Missour. Elle est formée par le majestueux Jbel Bou Naceur (3326m) et le Jbel Tsiouant (2465m) (Fig. 36). Ces reliefs sont constitués essentiellement d'un Dogger de nature calcaire dolomitique, prolongement vers l'W des faciès des Hauts Plateaux. Cette barrière montagneuse est incisée transversalement par deux principaux cours d'eau, l'Oued Tittaouine et l'Oued Lemsareh qui deviennent respectivement, l'Oued Lhimer et l'Oued Chag Lard dans la plaine (Fig. 36). Cette région du Moyen Atlas se distingue également par ses potentialités biologiques remarquables. En effet, le Jbel Bou Naceur est classé Site d'Intérêt Biologique et Écologique (SIBE) car il abrite une diversité floristique et faunistique endémiques importantes notamment *Artemisia flahaultii* Emb. associée à deux espèces rares *Juniperus communis* L. et *Daphne laureola* (Rhanem 2018) et *Uromenus trochleatus* Chopard (François 2012).

Ce territoire illustre l'histoire géologique du Moyen Atlas depuis le Trias jusqu'au Quaternaire. On y observe une succession de formations géologiques diverses déposées dans des environnements aussi bien marins que continentaux. Il en résulte une grande diversité de faciès, notamment les carbonates. Les calcaires contiennent une faune marine importante, entre autres les ammonites, les brachiopodes et les lamellibranches. Aussi, dans cette zone, la tectonique est bien mise en évidence par des plis de différentes dimensions et des failles variées.

Les paysages géomorphologiques, particulièrement diversifiés dans ce territoire, sont générés par les structures tectoniques, la lithologie et les processus d'érosion de type glaciaire, périglaciaire, fluviatiles, karstiques et gravitaire. Ainsi, les versants sont fortement disséqués et inclinés et les vallées sont très profondes. L'originalité de cette région réside dans la présence des meilleurs témoins des périodes glaciaires du Quaternaire, notamment les cirques glaciaires, les niches cryonivales, les verrous et les accumulations périglaciaires (Raynal 1952 ; Dresch and Raynal 1953 ; Raynal et al. 1953 ; Raynal 1961 ; Hughes et al. 2004). Actuellement le Jbel Bou Naceur est une zone d'enneigement importante induisant une action de la gélifraction particulièrement vigoureuse pendant l'hiver. La fracturation des roches par gélifraction, associée à des versants à pentes raides, est à l'origine de l'accumulation de nombreux glacis et cônes d'éboulis de diverses dimensions, particulièrement sur le versant sud du massif de Bou Naceur. Par ailleurs, le paysage de cette région est caractérisé par une karstification intense,

favorisée par la nature carbonatée des affleurements. Ainsi, dans les calcaires et dolomies jurassiques du Jbel Tsiouant, s'exprime l'une des plus belles morphologies de canyon dans la région, encadrant l'Oued Tittaouine.

Cette région de haute montagne abrite également un patrimoine architectural vernaculaire riche et diversifié offrant un paysage en parfaite symbiose avec son environnement. La construction par les matériaux locaux (la pierre, la terre et le bois) et le style typiquement amazigh traduit non seulement l'ingéniosité des habitants autochtones et leur grande capacité d'adaptation face à des conditions souvent austères, mais aussi leur fascinante maturité en termes d'éco-responsabilité. La protection, la restauration et la valorisation de ce type d'architecture constitue un vecteur à part entière du développement d'un tourisme responsable (Kharmich et al. 2019).

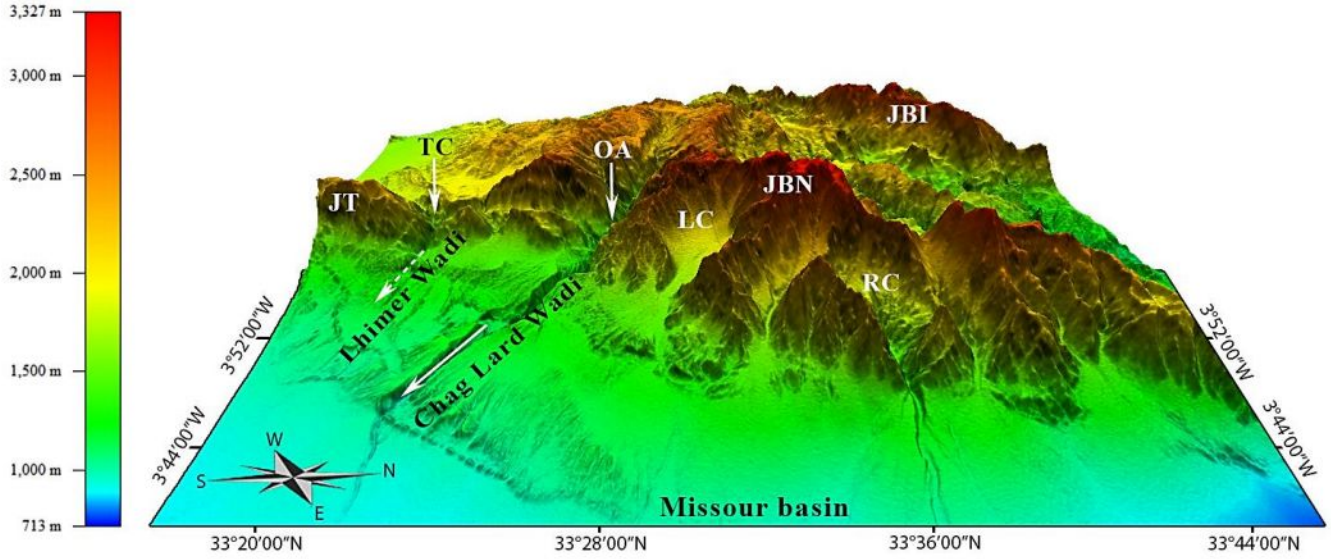


Fig. 36. Représentation 3D de la région de Bou Naceur. JT : Jbel Tsiouant (2465m) ; TC : Tsiouant Canyons ; OA : Oulad Ali ; JBN : Jbel Bou Naceur (3326m) ; JBI : Jbel Bou Iblane (3172m) ; LC : Cirque Laatchana ; RC : Cirque Rawyana.

1. Évaluation préliminaire

Après avoir effectué plusieurs missions sur le terrain, la délimitation de la zone d'étude et la définition des principaux contextes géologiques dans la région, 22 sites ont été sélectionnés et figurent dans la liste préliminaire (Fig. 37). Ces sites ont été choisis grâce à leurs pertinences scientifique, éducative et géotouristique.

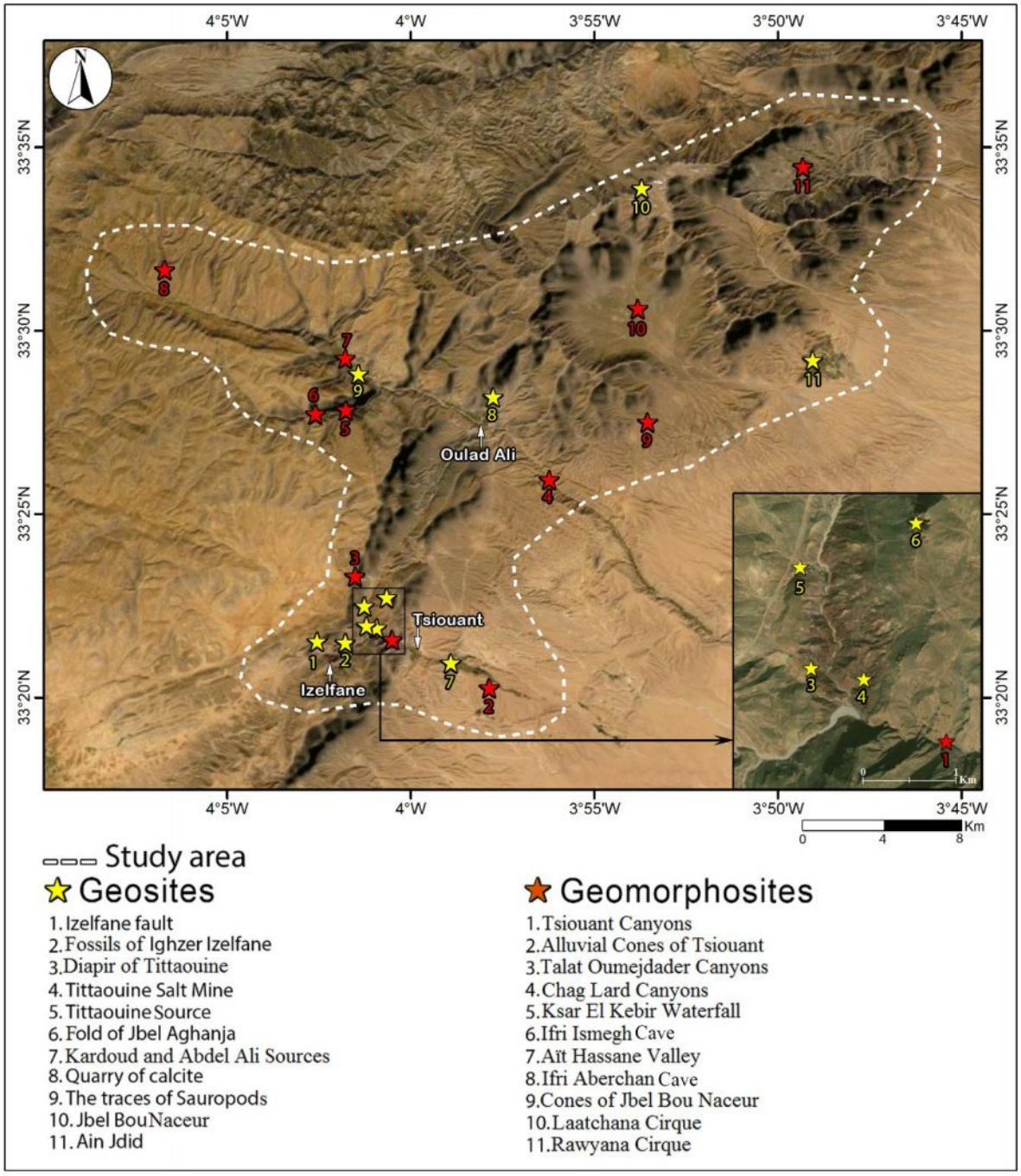


Fig. 37. Limite de la zone d'étude (ligne blanche) et sélection préliminaire des sites (Ech-charay et al.2022).

2. Évaluation spécifique

Les 22 sites sélectionnés ont été répartis en deux listes, une pour les géosites (Tab. 28) et l'autre pour les géomorphosites (Tab. 29). Pour chaque site, nous avons établi une fiche d'identification et une évaluation complète en fonction des paramètres et des scores affichés dans le tableau 3. La valeur maximale des paramètres centraux est de 16. Nous avons choisi un seuil de 11 que nous estimons adéquat pour pouvoir choisir les sites représentatifs de ce secteur

d'étude. Après évaluation, 8 géosites et 4 géomorphosites ont eu un score des paramètres centraux supérieur à 11. Nous en avons retenu dix sites (6 géosites et 4 géomorphosites) pour figurer dans l'inventaire et être évalués quantitativement vue leur pertinence scientifique, éducative et géotouristique.

Les deux géosites éliminés sont celui de la mine de sel (le géosite 4) et celui des empreintes de sauropodes (géosite 9). Le premier a obtenu un score de 12 (Tab. 28), mais a dû être éliminé en raison de l'absence de sécurité et nécessite un aménagement pour qu'il soit accessible. Le deuxième, avec un score de 11 (Tab. 28), a été retiré à cause de sa fragilité vue sa situation dans la vallée d'Aït Hassane où l'érosion hydrique est intense.

Le choix d'un seuil de 11 pour cette région vise à faire une mise à niveau des deux régions. En effet, la région de Boulemane-Missour est caractérisée par une connaissance scientifique plus intéressante que celle de Bou Naceur, ce qui fait augmenter la valeur de ses paramètres centraux.

Tab. 28. Liste préliminaire des géosites étudiés.

N° Site	Critères d'identification	Évaluation des critères		
		Paramètres centraux Valeur maximale 16	Paramètres supplémentaires Valeur maximale 12	Paramètres d'utilisation et de gestion Valeur maximale 15
1	- **Nom du site :** Accident d'Izelfane - **Coordonnées géographiques :** 33°21'25.4"N 4°02'39.3"W - **Classification du site :** structural. - **Description du site :** C'est un accident important qui se prolonge depuis le village d'Izelfane jusqu'au village d'Oulad Ali sur une distance d'environ 29 Km et dont la largeur peut atteindre environ 2 km (Fig. 38 A). Cet accident est jalonné par des pointements d'argiles salifères et de basaltes triasiques.	13	11	12
2	- **Nom du site :** Fossiles d'Ighzer Izelfane - **Coordonnées géographiques :** 33°21'28.4"N 4°01'46.7"W - **Classification du site :** Paléontologique - **Description du site :** La vallée encaissée d'Ighzer Izelfane permet l'affleurement d'une succession de couches calcaires du Jurassique	11	5	8

	riches en fossiles, notamment les ammonites (Fig. 38 B, C).			
3	- **Nom du site :** Diapir de Tittaouine - **Coordonnées géographiques :** 33°22'04.3"N 4°01'00.1"W - **Classification du site :** Structural. - **Description du site :** Dans la combe de Tittaouine, les couches jurassiques sont rebroussées par la remontée des évaporites triasiques (Fig. 38 D), ce qui illustre parfaitement le phénomène de diapirisme, responsable du soulèvement de cette ride méridionale. Ce phénomène, bien connu dans le Haut Atlas (Ibouh 2004), est décrit pour la première fois ici dans le Moyen Atlas.	12	5	9
4	- **Nom du site :** Mine de sel de Tittaouine. - **Coordonnées géographiques :** 33°22'22.8"N 4°01'04.6"W. - **Classification du site :** Géomatériau - **Description du site :** Il s'agit de galeries d'exploitation de sel gemme, aujourd'hui abandonnées. Elles ont été creusées dans les argiles salines du Trias (Fig. 38 E). C'est un site unique dans la région et c'était la principale source de sel pour toute la région.	12	7	9
5	- **Nom du site :** Source Tittaouine - **Coordonnées géographiques :** 33°22'28.6"N 4°01'16.4"W - **Classification du site :** Hydrologique - **Description du site :** l'une des plus importantes sources d'eau douce de la région (Fig. 38 F). Elle jaillit des carbonates jurassiques qui bordent une combe qui est façonnée dans les argiles salifères du Trias. L'eau de cette source est douce au départ mais se charge en sel après son écoulement sur les formations salifères du Trias et forme l'Oued Tittaouine qui alimente le village Tsiouant.	11	7	13
6	- **Nom du site :** Pli du Jbel Aghanja - **Coordonnées géographiques :** 33°22'43.9"N 4°00'37.9"W - **Classification du site :** Structural	11	7	8

	- Description du site : C'est un double pli formé dans les calcaires et dolomies du Jurassique et perché au sommet de la montagne. (Aghanja veut dire louche en Amazigh, en adéquation avec la forme de ce double pli) (Fig. 38 G).			
7	**- Nom du site :** Sources Kardoud et Abdel Ali **- Coordonnées géographiques :** 33°19'12.6"N 3°55'00.6"W **- Classification du site :** Hydrologique **- Description du site :** Les deux sources sont proches l'une de l'autre. La source Abdel Ali (douce) jaillit au pied de la falaise des conglomérats du Plio-Quaternaire. En revanche, la source Kardoud (salée) est située en contre-bas dans les alluvions récentes où s'infiltrent les eaux salées de l'oued Tittaouine.	7	8	11
8	**- Nom du site :** Carrière de la calcite **- Coordonnées géographiques :** 33°28'15.0"N 3°57'49.1"W **- Classification du site :** Géomatériau **- Description du site :** Elle est située près du village d'Oulad Ali. C'est une carrière à ciel ouvert de calcite pure mise en place dans les failles recoupant les carbonates du Jurassique et dont l'exploitation s'est arrêtée récemment.	9	5	10
9	**- Nom du site :** Traces de Sauropodes **- Coordonnées géographiques :** 33°28'48.8"N 4°01'25.5"W **- Classification du site :** Paléontologique **- Description du site :** Les seules empreintes de sauropodes connues jusqu'à présent dans la région d'Aït Hassane et que nous avons découvert au fond de la vallée de l'Oued Lemsareh d'où leur dégradation par les eaux de ruissellement.	11	4	9
10	**- Nom du site :** Jbel Bou Naceur **- Coordonnées géographiques :** 33°34'14.7"N 3°53'16.8"W **- Classification du site :** Structural **- Description du site :** Le Jbel Bou Naceur occupe la zone frontale sud-est du Moyen Atlas	12	12	10

	(Fig. 44). C'est une barrière naturelle qui domine la plaine de la Moyenne Moulouya avec de fortes dénivelées (Fig. 39 A). Il correspond au plus haut sommet de la chaîne du Moyen Atlas, qui culmine à 3326 m. C'est un anticlinal formé par les dolomies calcaires du Jurassique.			
11	- **Nom du site :** Aïn Jdid **- Coordonnées géographiques :** 33°29'10.7"N 3°49'01.7"W **- Classification du site :** Hydrologique **- Description du site :** C'est une source vauclusienne qui jaillit dans les formations gréso-conglomératiques du Tertiaire. Elle se caractérise par un débit très élevé dont l'eau est utilisée essentiellement pour l'alimentation en eau potable du village Tirnest et l'irrigation de ses vergers.	9	9	9

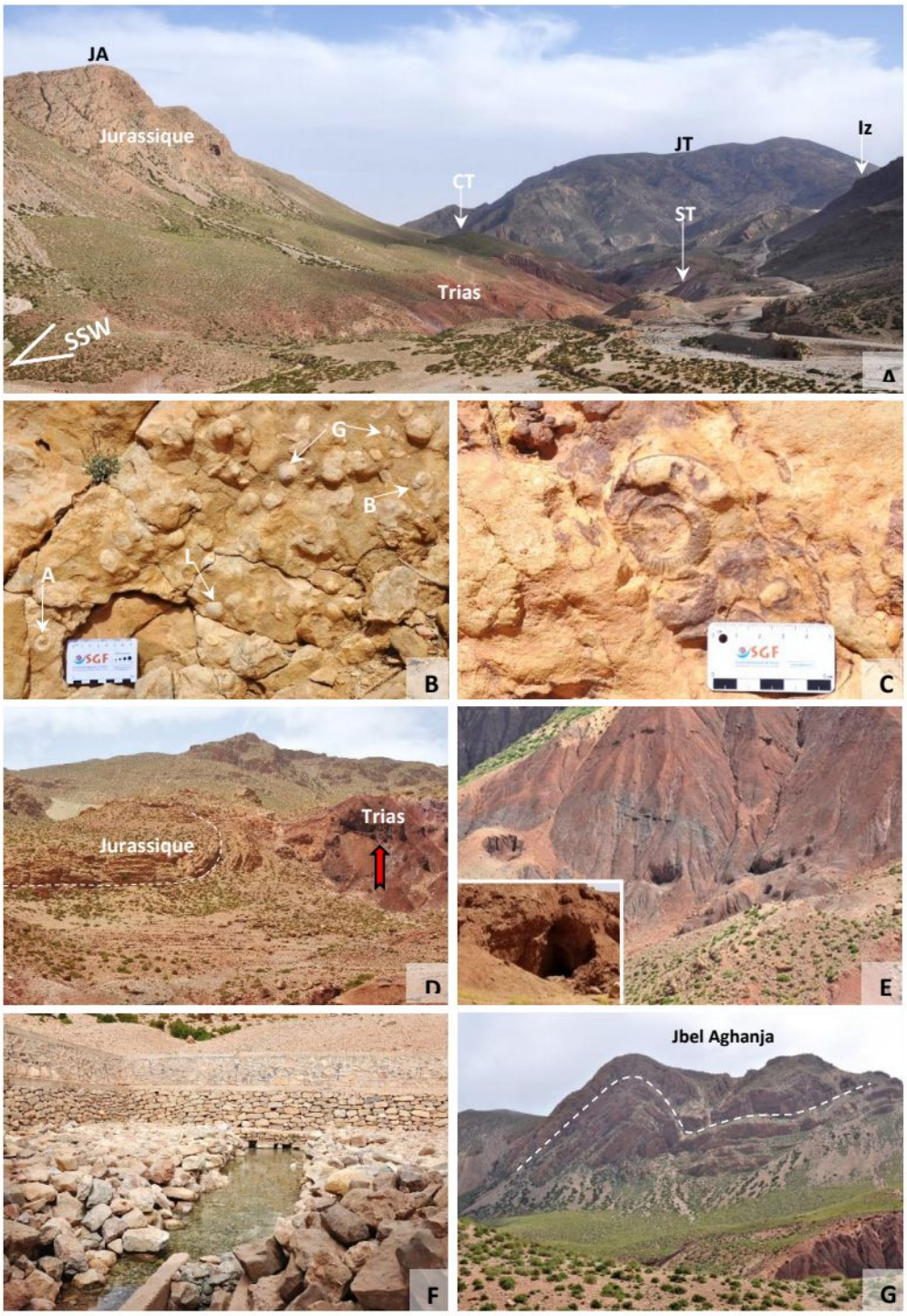


Fig. 38. Vue de quelques géosites de la zone Ighzer Izelfane- Tittaouine. **A**. Dépression correspondant au passage de la faille d'Izelfane où affleure les argiles triasique (AJ : Jbel Aghanja ; CT. Canyons Tsiouant, ST : Source Tittaouine, JT : Jbel Tsiouant, Iz : village d'Izelfane) ; **B.** La surface d'un banc montrant des fossiles de la base du Dogger à Ighzer Izelfane (A : Ammonite, L : Lamellibranche, B : Brachiopode, G : Gastéropode) ; **C.** Ammonites d'Ighzer Izelfane ; **D.** Structure diapirique de Tittaouine (la flèche rouge indique la monté diapirique du Trias) ; **E.** Mines de sel de Tittaouine dans les argiles triasiques ; **F.** Source de Tittaouine ; **G.** Plis de Jbel Aghanja dans les calcaires et dolomies jurassiques (les argiles triasiques correspondent au passage de la faille d'Izelfane). (Les cartes de l'échelle des images B & C sont respectivement de 7cm et 5cm).



Fig. 39. Vue panoramique de la crête de Bou Naceur depuis la plaine de la Moulouya (A) ; B : Cirque glaciaire de Laatchana montrant une vallée en forme de U, un fond plat et des parois abruptes ; C : Versant sud-est du Jbel Bou Naceur plongeant vers la plaine de la Moulouya, D : Les steppes d'alfa et de romarin couvrant le fond de la dépression du cirque de Laatchana ; E : cirques secondaires de la dernière glaciation perchés dans la paroi du cirque de Laatchana ; F : marnes et calcaires recouverts de cônes de déjection dans la partie inférieure de la paroi (Ech-charay et al.2022).

Tab. 29. Liste préliminaire des géomorphosites étudiés.

N° Site	Critères d'identification	Évaluation des critères		
		Paramètres centraux Valeur maximale 16	Paramètres supplémentaires Valeur maximale 12	Paramètres d'utilisation et de gestion Valeur maximale 15
1	- **Nom du site :** Gorges de Tsiouant **- Coordonnées géographiques :** 33°21'38.3"N 4°00'48.9"W **- Classification du site :** Fluvio-karstique **- Description du site :** Après avoir traversé des formations triasiques, l'Oued Tittaouine, affluent de l'Oued Moulouya, traverse les calcaires et dolomies du Jurassique du Jbel Tsiouant créant une profonde entaille (Fig. 45). Elle peut atteindre 100m de profondeur, dans les couches redressées en formant un véritable canyon d'environ 2Km de long et où se dégage une coupe géologique exceptionnelle exposant différents faciès carbonatés et structures tectoniques (Fig. 40 A, B, C, D, E).	13	11	12
2	- **Nom du site :** Cônes alluviaux de Tsiouant **- Coordonnées géographiques :** 33°20'17.8"N 3°57'31.9"W **- Classification du site :** Gravitaire **- Description du site :** Ces cônes, accumulés au pied des reliefs autour du village de Tsiouant, constituent une formation conglomératique du Plio-Quaternaire, montrant une nette discordance sur les dépôts crétacés (Fig. 40 F). Ses éléments sont essentiellement des carbonates. La taille de ces éléments va du centimètre au mètre. L'épaisseur de ces cônes dépasse les 30 m.	9	7	10
3	- **Nom du site :** Gorges de Talat Oumejdader **- Coordonnées géographiques :** 33°23'17.9"N 4°01'34.5"W **- Classification du site :** Fluvio-karstique **- Description du site :** Ce sont des gorges sèches creusées dans les carbonates redressés et faillés du Dogger. Actuellement l'accès à ces gorges est difficile par l'accumulation de blocs,	8	10	10

	à la suite des fortes crues, obtruant ainsi le seul sentier qui les longe.			
4	- **Nom du site :** Gorges de Chag Lard **- Coordonnées géographiques :** 33°25'55.2"N 3°56'13.0"W **- Classification du site :** Fluvio-karstique **- Description du site :** En aval du village d'Oulad Ali et jusqu'au village de Beni Hayoune, l'Oued Chag Lard a creusé de profonds canyons (Fig. 41 D) dans les grès et pélites du Crétacé et du Tertiaire où l'érosion différentielle laisse un paysage magnifique. Ces canyons montrent une coupe illustrant l'évolution tectonique de cette portion de la bordure du Moyen Atlas.	8	10	9
5	- **Nom du site :** Cascades de Ksar El Kebir **- Coordonnées géographiques :** 33°29'46.8"N 4°02'08.5"W **- Classification du site :** Fluvio-karstique **- Description du site :** L'Oued Lamsareh présente plusieurs petites cascades au fond de la vallée très encaissée près du village de Ksar El Kebir. Elles sont générées par une topographie en gradins des marno-calcaires du Jurassique (Fig. 41 B).	10	9	10
6	- **Nom du site :** Grotte Ifri Ismegh **- Coordonnées géographiques :** 33°27'43.0"N 4°02'36.0"W **- Classification du site :** Karstique **- Description du site :** Ifri Ismegh (Ifri signifie grotte en Amazigh), est l'une des grottes les plus impressionnantes dans la région, à l'intérieur de laquelle coule une rivière souterraine. La partie explorée dépasse les trois kilomètres. Elle nécessite un aménagement pour qu'elle soit accessible au grand public.	11	8	9
7	- **Nom du site :** Vallée Aït Hassane **- Coordonnées géographiques :** 33°29'11.8"N 4°01'45.4"W **- Classification du site :** Fluviale **- Description du site :** C'est une merveilleuse vallée encaissée située en amont du village Oulad Ali (Fig. 41 A). Elle suit le tracé d'un	11	11	11

	décrochement dextre et présente des versants à très fortes pentes. Elle se distingue par ses terrasses agricoles (Fig. 41 C) sculptées dans les talus à forte dénivelée. Les villages accrochés aux versants de cette vallée sont construits en matériaux locaux. Ils apparaissent en harmonie avec leur environnement et témoignent d'une identité culturelle distinguée.			
8	- **Nom du site :** Grotte Ifri Aberchan - **Coordonnées géographiques :** 33°31'39.0"N 4°06'42.0"W - **Classification du site :** Karstique - **Description du site :** Ifri Aberchan (signifie en Amazigh, grotte noire). Elle est située à 800m vers le NW du douar Lemsareh, à une altitude de 2192m, plus précisément sur la rive gauche d'une petite vallée sèche dans les carbonates du Jurassique. Elle présente une petite entrée et à l'intérieur, les deux kilomètres explorés montrent deux siphons ainsi qu'une petite cascade.	10	8	9
9	- **Nom du site :** Cônes du Jbel Bou Naceur - **Coordonnées géographiques :** 33°28'16.1"N 3°49'56.5"W - **Classification du site :** Torrentiel - **Description du site :** Le versant sud du Jbel Bou Naceur présente une très grande dénivelée de plus de 1000 m. La désagrégation des grandes falaises calcaires et dolomitiques a alimenté de larges cônes alluviaux au cours du Pliocène et du Quaternaire.	10	7	9
10	- **Nom du site :** Cirque Laatchana - **Coordonnées géographiques :** 33°29'58.6"N 3°53'30.0"W - **Classification du site :** Glaciaire - **Description du site :** C'est un majestueux cirque glaciaire caractérisé par sa forme en fer à cheval (Fig. 39 B, C, D, E, F), ses dimensions kilométriques (environ 7km de diamètre) et sa vallée à fond plat (en forme de "U"). Il est le plus imposant de tous les cirques glaciers du Moyen Atlas dont la cavité, très encaissée, présente des talus à fortes pentes coiffés par des falaises de dolomies et calcaires. C'est une zone aride	12	11	11

	dépourvue de cultures à cause du manque d'eau (Laatchana signifie zone sèche (assoiffée) en arabe).			
11	- **Nom du site :** Cirque Rawyana **- Coordonnées géographiques :** 33°34'15.5"N 3°48'49.8"W **- Classification du site :** Glaciaire **- Description du site :** C'est un cirque glaciaire, situé à l'Est du Jbel Bou Naceur, qui présente les mêmes caractéristiques morphologiques que le Cirque Laatchana mais avec des dimensions plus réduites. Il est caractérisé par un cours d'eau (Assif Beni Ouriach) où l'eau coule pendant une grande partie de l'année (Rawyana signifie humide en arabe). Le fond marneux de ce cirque est très disséqué par l'érosion.	9	10	7



Fig. 40. Quelques géomorphosites de la zone de Tsiouant, A : Vue panoramique de l'anticlinal de Jbel Tsiouant ; B : Village de Tsiouant près de l'entrée des canyons ; C : Flanc sud-est de l'anticlinal de Jbel Tsiouant montrant la variation du pendage des couches en direction de la plaine ; D : E : Canyons de Tsiouant à travers les calcaires et dolomies du Dogger verticalisés et plissés ; F : Cône alluvial plio-quaternaire de Tsiouant discordant sur les conglomérats tertiaires sub-verticaux (So : stratification sédimentaire, D : discordance érosive) (Ech-charay et al. 2022).



Fig. 41. Unités géomorphologiques de la vallée des Aït Hassane. A : Village d'Oulad Ali sur les deux rives de l'oued Chag Lard ; B : Une des cascades de Ksar El Kebir; C : Vue panoramique du village d'Aït Hassane accroché au versant au milieu des terrasses agricoles ; D : Canyon de Chag Lard à travers les siltstones continentaux du Tertiaire (Ech-charay et al.2022).

3. Évaluation quantitative

Les 10 sites sélectionnés ont été évalués quantitativement (Tab. 30 et Fig. 42 et 43). Nous constatons que les différents sites ont des valeurs scientifiques souvent très élevées, variant entre 72,5% et 97,5% tandis que leurs valeurs éducatives, géotouristiques, écologiques, esthétiques et culturelles sont faibles à élevées. En outre, le risque de dégradation pour la majorité des sites est faible. Ce risque de dégradation est surtout lié aux phénomènes naturels tandis que le risque humain est presque nul vu que les sites se trouvent dans une région très peu peuplée et rarement visitée.

Tab. 30. Résultats de l'évaluation quantitative des valeurs scientifiques, éducatives, touristiques, écologiques, culturelles, esthétiques et du risque de dégradation des sites sélectionnés.

Type des sites	**Nom des sites**	**SV**	**EdV**	**TV**	**EcV**	**CV**	**EsV**	**DR**
Géosite	Source de Tittaouine	72,5%	75%	60,25%	25%	75%	72,5%	47,5%
Géosite	Diapir de Tittaouine	86,25%	70%	48,75%	25%	0%	57.5%	20%
Géosite	Fossiles d'Ighzer Izelfane	78,75%	57,5%	36,25%	25%	0%	50%	27,5%
Géosite	Accident d'Izelfane	80%	67,5%	43,75%	50%	50%	80%	17,5%
Géosite	Jbel Bou Naceur	97,5%	72,5%	56,25%	75%	75%	92,5%	17,5%
Géosite	Pli du Jbel Aghanja	80%	61,25%	41,25%	25%	50%	90%	17,5%
Géomorphosite	Gorges de Tsiouant	86,25%	75,25%	66,25%	25%	75%	60%	35%
Géomorphosite	Vallée Aït Hassane	76,25%	75%	70%	50%	75%	90%	27,5%
Géomorphosite	Cirque Laatchana	86,25%	71,25%	56,25%	75%	75%	90%	27,5%
Géomorphosite	Grotte Ifri Ismegh	76,25%	52,5%	45%	25%	50%	57.5%	20%

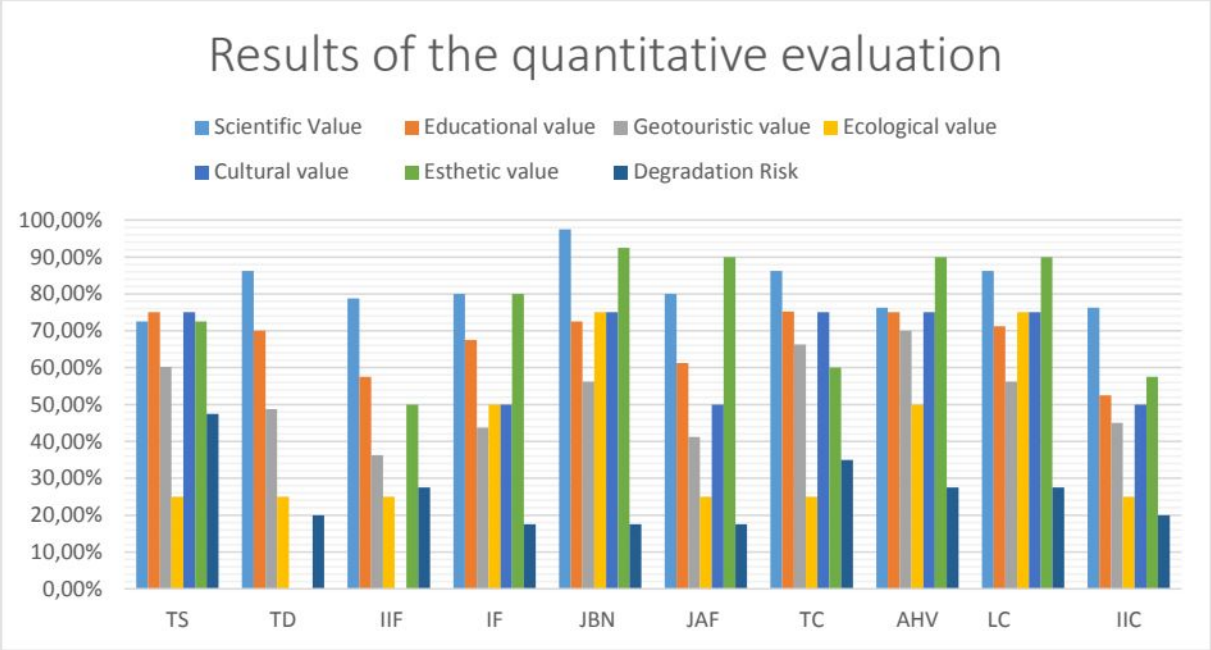


Fig. 42. Représentation graphique des résultats des valeurs scientifique, éducative, géotouristique, écologique, culturelle et esthétique et du risque de dégradation des sites. TS : Source de Tittaouine ; TD : Diapir de Tittaouine ; IIF : Fossiles d'Ighzer Izelfane ; IF : Faille d'Izelfane ; JBN : Jbel Bou Naceur ; JAF : Pli de Jbel Aghanja ; TC : Canyons de Tsiouant ; AHV : Vallée de l'Aït Hassane ; LC : Cirque de Laatchana ; IIC : Grotte d'Ifri Ismegh (Ech-charay et al. 2022).

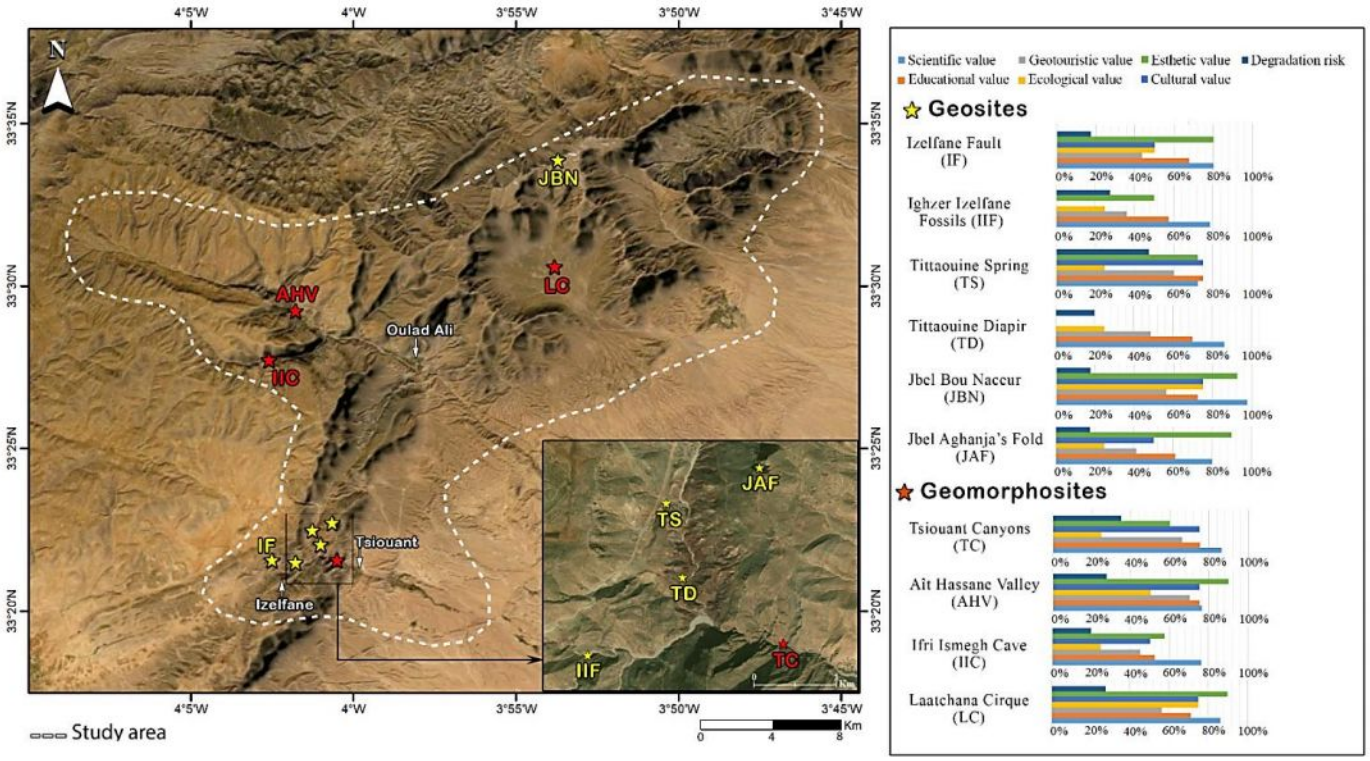


Fig. 43. Représentation de la région Bou Naceur, de la localisation des sites sélectionnés et des résultats de l'évaluation des valeurs scientifiques, éducatives, géotouristiques, écologiques, culturelles, esthétiques et du risque de dégradation des sites (Ech-charay et al. 2022).

Les résultats acquis permettent une rapide identification des valeurs de chaque site du géopatrimoine, ainsi que leur aptitude à promouvoir leurs utilisations et prévoir leurs risques de dégradation. Par ailleurs, ces résultats facilitent aussi, la sélection des sites qui nécessitent une amélioration du potentiel d'utilisation, une géoconservation, un aménagement et un développement de l'infrastructure de base.

- **Capacité de charge touristique du canyon de Tsiouant**

La région de Bou Naceur est très peu connue, que ce soit au niveau régional ou national. Ainsi, elle souffre d'un manque crucial d'infrastructures de base, les routes sont dans un état désastreux, les hébergements sont insatisfaisants, les moyens de transport sont quasi inexistants, de même que les centres médicaux et les stations de loisirs et de carburant. Ceci explique le faible taux de visiteurs. Même aux niveaux scientifiques, géologiques et écologiques, la région est insuffisamment étudiée.

Malgré tous ces inconvénients, les gorges de Tsiouant sont de plus en plus visitées, par la population autochtone, la population régionale et par les amateurs de la nature qui font de la découverte.

Le site présente des valeurs intéressantes telles que la valeur scientifique (86,25%), la valeur éducative (75,25%) et la valeur culturelle (75%), de même que des valeurs moyennes à faibles, comme la valeur géotouristique (66,25%), la valeur esthétique (60%) et la valeur écologique (25%). Ces résultats montrent que le site peut servir à des fins touristiques, scientifiques et pédagogiques. Cependant, le site est caractérisé par un risque de dégradation moyen (35%). Il est classé comme le deuxième site le plus dégradable de la région, en raison de l'érosion hydraulique qui affecte les monuments du site. C'est aussi le site le plus visité de la région, ce qui nous a incités à quantifier sa capacité de charge touristique pour garantir davantage la conservation et la protection de cette véritable entaille dans la nature.

Quatre étapes sont nécessaires pour quantifier la capacité d'accueil touristique des gorges de Tsiouant :

1. Capacité de charge physique (PCC) :
   - Dans ce cas, nous avons : i) la longueur du sentier L= 1940 m ; ii) l'espace requis par les visiteurs (EV) = 1m linéaire ; la périodicité à laquelle un individu peut visiter le site le même jour (NV), où Ho= 1440min par jour car le site reste ouvert 24 heures sur 24, et Tv = 240min (aller-retour). Il faut noter que le temps de visite peut varier entre 1h et 2h, mais nous avons choisi le temps le plus long en raison de la difficulté du parcours.

NV= 1440min / 240min= **6** fois par jours

PCC =1940 / 1(6) = **11640** de visiteurs par jour.

2. Capacité de charge réelle (RCC), est quantifiée en fonction de quatre facteurs :
   a) Facteur social (FS) :

      On a

DRG = (DG) + [(SP) (PG)] ; GR= L /DRG ; P = (GR) (PG) ; ML= (mp) − [(P) (SP)].

FS= 1 – Ml / L.

Où DG= 50m ; SP= 1m ; PG=10 personnes ; L =1940m ;

Dans ce sens :

DRG = (50) + [(1) (10)] =60m ; **GR**= 1940 / 60= 32,33 ; **P** = (32,33) (10) = 323,3 ;

ML=1940-(323,3) (1) = 1616,7 ;

Donc $\mathbf{FS} = \frac{1616,7}{1940} \approx 0,17$

   b) Érodabilité (FE) tient en compte le type du sol et de la complexité de la pente :

On a $FE_1 = (St_1)\,(Wg) + (St_2)\,(Wg) + (St_3)\,(Wg)\ldots / L$

Le site est caractérisé par un leptosol, qui est un sol superficiel sur une roche dure.

Donc

$$\mathbf{FE_1} = \frac{(1940) * (1,5)}{1940} = 1,5$$

On a aussi : $FE_2 = 1 - [(Hd)\,(Wg) + (Md)(Wg) + (Ld)\,(Wg)] / L$

Le site ne présente pas de pente, mais les blocs rocheux apportés par l'oued sont piégés dans le canyon et forment des obstacles et quelques petites cascades. En ce sens nous avons considéré 900 mètres comme une pente moyenne et 40 mètres comme une pente difficile.

Donc

$$\mathbf{FE_2} = 1_\frac{(40) * (1,5) + (900) * (1)}{1940} = 0,5$$

Alors

$$\mathbf{FE} = \frac{1{,}5 + 0{,}5}{2} = 1$$

c) Accessibilité (FA)

FA désigne la difficulté de marche en fonction de la pente.

Donc

$$\mathbf{FA} = FE_2 = 0{,}5$$

d) Saisonnalité (FZ), indique la saison pendant laquelle le site est fermé.

Le site ne bénéficie d'aucune protection judiciaire, en ce sens le site reste ouvert toute l'année.

On a FZ = 1-Cd/Dy ;

Donc

$$\mathbf{FZ} = 1 - \frac{0}{365} = \mathbf{1}$$

On a RCC= (PCC) [(FS) (FE) (FA) (FZ)].

Alors

$$\mathbf{RCC} = (11640)\,[(0{,}17)\,(1)\,(0{,}5)\,(1)] = 989{,}4$$

Donc la capacité réelle du sentier des Canyons de Tsiouant est estimée à ≈ 990 visiteurs par jour.

3. Capacité de gestion du site (MC), est évaluée en tenant compte de l'infrastructure de base, les services fournis et le personnel. Vu que la région de Tsiouant souffre d'une négligence énorme de la part des autorités concerné, il ne présente que 19,5% de la MC soit 80,5 % de manque de la capacité de gestion. Ce qui montre que la région nécessite un aménagement de l'infrastructure de base, le personnel et surtout en ce qui concerne la qualité des services fournis.
4. Capacité de charge effective (ECC), s'agit du nombre maximal des touristes qui peuvent visiter le site sans causer des dégâts environnementaux sur le lieu.

ECC = (RCC) (MC)

Donc

ECC = (989,4) (0,19) =**187,98.**

De ce fait, 188 visiteurs par jour est la capacité de charge touristique (TCC) des gorges de Tsiouant.

4. Description complète d'un géosite et d'un géomorphosite

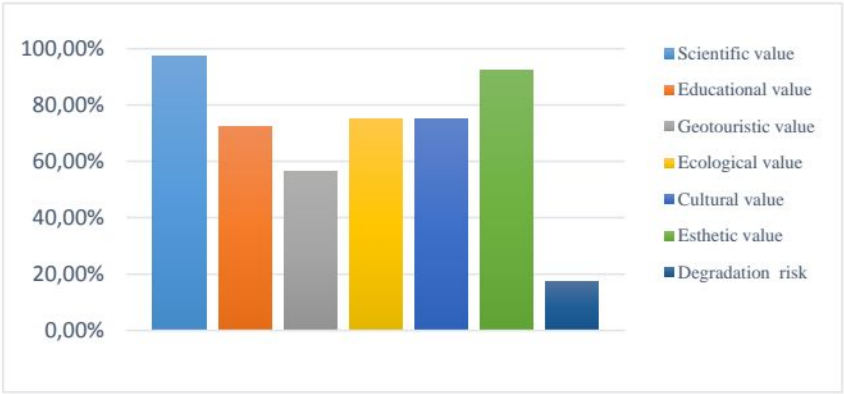
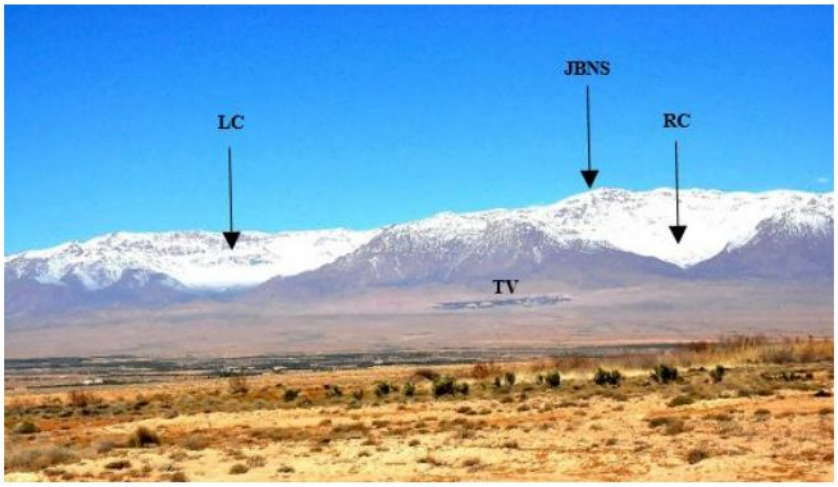
Nous avons choisi la présentation complète de deux sites, un géosite et un géomorphosite, ayant obtenus les meilleurs scores à savoir le Jbel Bou Naceur et les Gorges de Tsiouant. Le géosite Jbel Bou Naceur montre des scores très intéressants pour la plupart des valeurs sauf la valeur géotouristique qui est modérée, bien que le site présente une valeur esthétique très élevée (Tab. 31). Cela est dû au manque des infrastructures de base comme les routes, les structures d'accueil, l'aménagement des sentiers, le balisage, la sécurité, …. Cependant, le risque de dégradation est très faible ce qui signifie que les circuits de randonnés existants dans la région peuvent intégrer ce site, après des aménagements préalables, vu que le site n'est pas vulnérable à ce type d'activité.

- **Géosite de Bou Naceur**

Tab. 31. Description complète du géosite de Bou Naceur.

Résultats de l'évaluation	
Identification	**Type du site :** Géosite **Nom du site :** Jbel Bou Naceur **Localité :** Moyen Atlas sud-oriental **Coordonnée géographique :** 33°34'14.7 "N 3°53'16.8 "W **Altitude :** 3326 m.
Classification	Structural.
Intérêt géologique et/ou géomorphologique	Le majestueux Jbel Bou Naceur occupe la zone frontale sud-oriental du Moyen Atlas qui coïncide avec la zone de passage de l'Accident Sud Moyen Atlasique (ASMA). Il correspond au plus haut sommet de la chaine moyenne atlasique et constitue une barrière naturelle dominant la plaine de la Moyenne Moulouya. Il se distingue par la présence des plus beaux cirques glaciaires dont le cœur est occupé par les marnes du Lias supérieur, et les calcaires et dolomies du Dogger forment les parois. Le Dogger, dans cette région, est présent sous deux faciès : le faciès dolomitique des Haut plateaux et le faciès marno-calcaire du Moyen Atlas plissé. Le Jbel Bou Naceur est une unité tectonique particulière qui chevauche les dépôts

	néogènes du bassin de Missour. Sa limite sud-est présente un large escarpement permettant l'accumulation de plusieurs cônes imbriqués.
Intérêts associés	**Intérêt écologique et biologique :** Jbel Bou Naceur est considéré comme un site d'intérêt biologique et écologique (SIBE). Il est caractérisé par une diversité floristique endémique remarquable, entre autres *Artemisia Flahaultii* Emb. (Rhanem 2018). Parmi les principales unités de végétation qui caractérisent Jbel Bou Naceur et selon l'étage bioclimatique de la haute montagne, on a les steppes d'Alfa qui couvrent le piémont du massif, les matorrals, Tétraclinaie, Junipéraie rouge, Rahallaisse, Pinède de pin d'Alep, Pinède de pin maritime, Buxaie, Chênaie verte, Cédraie, Thuriféraie et les Xérophytes épineux qui couvrent les sommets du massif (Rahou 1996). On y trouve aussi une faune résiduelle caractéristique et plusieurs espèces d'oiseaux. **Intérêt culturel :** Malgré les facteurs physiques, tels que les hauts sommets, la forte pente et le froid qui limitent la présence humaine, le site présente une unité écopaysagère de l'habitat rural du Moyen Atlas typique. L'architecture de construction, les produits bios des terroirs et les techniques de construction ancestrales augmentent la valeur culturelle du site (Obda et al. 2009).
Utilisation et gestion	**Accessibilité :** Le site peut être accessible à partir de plusieurs villages tels que le village d'Oulad Ali et le village de Tirnest…, aucune station de bus ou de taxi n'est disponible. Seuls les voyages organisés à partir des grandes villes peuvent y accéder ou par moyens personnelles. **Sécurité :** L'accès au site est difficile surtout pendant la période automnale et hivernale à cause des tempêtes de neige. **Infrastructure de base :** Le site est accessible du village d'Oulad Ali qui abrite deux auberges d'une qualité moyenne. Par ailleurs, la ville la plus proche dont l'hébergement et le transport sont disponibles est Missour, la distance entre le site et la ville est d'environ 83km. **Visibilité :** Le site présente une visibilité excellente vu son altitude élevée. **Statut d'intégrité et de protection :** Le site est caractérisé par un type d'aire protégée 'SIBE' (Site d'Intérêt Biologique et Écologique). **Fragilité et vulnérabilité :** Il n'y a pas de facteurs majeurs qui peuvent accroître la fragilité et la vulnérabilité naturelle du site, sauf que l'utilisation irrationnelle des ressources biologiques du site (cueillette des plantes médicinales et aromatiques) peut réduire sa valeur écologique. Ainsi, les changements climatiques peuvent perturber l'étagement bioclimatique de la végétation qui caractérise ce site. **Paysage :** Le site offre l'occasion de profiter des paysages très variés. **Capacité de charge touristique :** Le site est peu visité, de même qu'il dispose d'une grande superficie qui garantit l'accueil d'un nombre important de touristes, sans menace de sa détérioration. **Saison conseillée pour la visite :** Le site peut être visité pendant toutes les saisons, mais il faut faire attention, pendant la période hivernale, de ne pas être piégé par les tempêtes de neige.

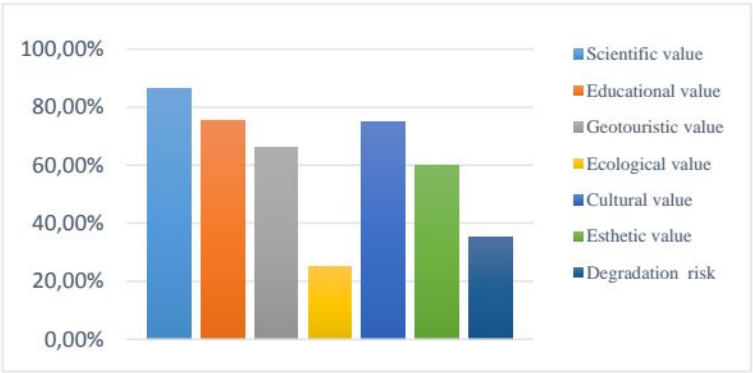
	Activités qui peuvent commercialiser le site : Alpinisme, parachutisme, parapente, deltaplane et randonnée pédestre.
Évaluation quantitative	
Photos **Références**	 **Fig. 44.** Jbel Bou Naceur recouvert de neige en hiver contrastant avec l'aridité de la plaine de la Moyenne Moulouya au premier plan. JBNS : Sommet du Jbel Bou Naceur, LC : Cirque Laatchana ; RC : Cirque Rawyana, TV : Village de Tirnest. Delcaillau B, Laville E, Carozza J-M, Dugué O, Charroud M, Amrhar M (2007) Morphotectonic evolution of the Jbel Bou Naceur in the South Middle Atlas Fault Zone (Morocco). Comptes Rendus Geoscience 339, 553-561. Rhanem M (2018) Le versant sud du Jbel Bou-Naceur, un refuge insolite réunissant *Juniperus communis* L. et *Artemisia flahaultii* Emb. & Maire d'une haute signification biogéographique et écologique au Maroc – *Evaxiana* **4**, 5-18. Ech-charay K, Boumir K, Ouarhache D, Ouaskou M, Marzouki A. (2022). The Geoheritage of the South-Eastern Frontal Zone of the Middle Atlas (Morocco) : First Inventory and Assessment. Geoheritage 14, 103. https://doi.org/10.1007/s12371-022-00736-2

- **Géomorphosite des Gorges Tsiouant**

Les Gorges de Tsiouant (Tab. 32), montre des scores élevés à modérés pour la majorité des valeurs, à l'exception de la valeur écologique, qui est faible. Malgré le manque des infrastructures, le site peut être considéré comme prêt à être utilisé, en raison de sa proximité du village de Tsiouant où la population locale a mis en place quelque aménagement pour rendre les gorges accessibles et plus sécurisées. Ainsi, la population amazighe de cette région, assure l'hébergement chez des familles d'accueil, ce qui permet de découvrir les traditions et la gastronomie locale.

Tab. 32. Description complète du géomorphosite des Gorge Tsiouant.

Résultats de l'évaluation	
Identification	**Type du site :** Géomorphosite **Nom :** Gorge de Tsiouant **Localité :** Moyen Atlas **Coordonnées géographiques :** 33°21'38.3"N 4°00'48.9"W **Altitude:** 1850 m
Classification	Fluvio-karstique
Intérêt géologique et/ou géomorphologique	Les gorges de Tsiouant s'étendent sur une distance d'environ 2 km entre le village de Tsiouant et la source Tittaouine. Le canyon a une profondeur de 140 m environ et la largeur de certains tronçons se limite à 1,5 m. Les gros blocs apportés par les fortes crues et coincés dans les zones étroites du canyon favorisent la chute d'eau en formant de petites cascades. Le long du canyon, on peut suivre une coupe géologique naturelle exceptionnelle dans les calcaires et dolomies du Lias et du Dogger verticalisés. Les faciès, très diversifiés, contiennent une faune marine variée (Brachiopodes, lamellibranches, Ammonites…).
Intérêts associés	**Intérêt culturel :** Les gorges constituaient le passage principal qui relie le village de Tsiouant à la source Tittaouine, au village Izelfane et à l'Adrar Tmatert, avant la construction de la route actuelle reliant ces localités.
Utilisation et gestion	**Accessibilité :** Le site est accessible à partir du village Tsiouant qui peut être atteint par taxis depuis Outat El Haj, Imouzzer Marmoucha ou Missour. **Sécurité :** absence de risque majeur**.** **Infrastructure de base :** Missour est la ville la plus proche où l'hébergement est disponible. Pas d'hébergement à Tsiouant, le plus proche se trouve à environ 25 km au village Oulad Ali (deux auberges d'une qualité moyenne) et à Missour (quelques hôtels) à environ 62 km. **Visibilité :** Les reliefs existants dans la région affectent la visibilité du site.

	Intégrité et statut de protection : le site est bien conservé. Il n'y a pas de protection légale (parcs, loi…) mais la population locale contribue à sa protection. **Fragilité et vulnérabilité :** Le processus d'érosion fluviatile et la chute des éboulis peuvent affecter la valeur esthétique du site, mais ils ne peuvent être considérés comme des facteurs majeurs augmentant la fragilité et vulnérabilité naturelle du site. **Paysage :** Le site offre l'occasion de profiter des paysages singuliers et authentiques. **Capacité de charge touristique :** 188 visiteurs par jour. **Saison conseillée pour la visite :** Saison estivale et printanière. Il est déconseillé de visiter le site pendant la saison hivernale, automnale et dans les après-midis pour éviter les éventuelles inondations dues aux orages. **Activités qui peuvent commercialiser le site :** Les randonnés pédestres et l'alpinisme.
Évaluation quantitative	
Photos	 **Fig. 45.** Vue de l'une des parties étroites des Gorges de Tsiouant.
Références	Laville E, Delcaillau B, Charroud M, Dugué O, Brahim A, Cattaneo G, Deluca P, Bouazza A (2007). The Plio-Pleistocene evolution of the

Southern Middle Atlas Fault Zone (SMAFZ) front of Morocco, Int. J. Earth Sci. 96 (3), 497–515.

Termier H (1936). Recherches Géologiques sur le Maroc septentrional et le Moyen Atlas occidental. Notes et Mémoires du Service des Mines et de la Carte Géologique du Maroc, N° 33.

5. Bilan

La zone frontale du Moyen Atlas sud-oriental est une barrière naturelle qui domine la plaine de la Moyenne Moulouya. Elle correspond à la ride anticlinale la plus méridionale et la plus haute du Moyen Atlas, avec le célèbre Jbel Bou Naceur, le plus haut sommet de la chaîne qui culmine à 3326m. Ce territoire est caractérisé par un nombre important de géosites et de géomorphosites en bon état de conservation, qui peuvent être utilisés comme ressources précieuses pour le développement économique local.

Cette étude consiste en un premier inventaire des sites géologiques et géomorphologiques dans les alentours du Jbel Bou Naceur qui ont des intérêts scientifique, éducatif et /ou géotouristique. La finalité est de fournir un outil d'aide aux gestionnaires et aux décideurs, en soutenant des actions sur la géoconservation et la protection du géopatrimoine et son utilisation pour un développement socio-économique durable. Cette équation peut être obtenue à travers la promotion d'un géotourisme responsable et la proposition de circuits géoéducatifs et géotouristiques.

Les différentes géosites et géomorphosites identifiés, classés et évalués, ont une valeur scientifique importante et diverses valeurs supplémentaires, à savoir : i) une valeur éducative ; ii) une valeur géotouristique ; iii) une valeur écologique, esthétique et/ou culturelle.

Au total, 22 sites d'intérêt géologique et géomorphologique ont été identifiés. Suite à cette étape, nous avons élaboré deux listes, une pour les géosites et une pour les géomorphosites. Seuls les sites ayant obtenu un score élevé ont été sélectionnés. Ces sites ont été soumis à une évaluation quantitative de leurs valeurs scientifiques, éducatives, géotouristiques, écologiques, culturelles et esthétiques, de leurs degrés de dégradation et la capacité de charge touristique de certains sites.

III. Recensement des sites étudiés

1. Tableaux synthétiques des géosites et géomorphosites explorés et inventoriés

Dans cette partie, nous avons regroupé dans un tableau (Tab. 33), les différents sites étudiés et inventoriés, dont 40 géosites et 24 géomorphosites considérés comme des chefs d'œuvre de la zone étudiée. Ces sites représentent un patrimoine géologique et géomorphologique exceptionnel, permettant de faire de ces régions une destination géo-écotouristique de grande ampleur.

Nous avons conservé la même numérotation des sites (Tab. 33), en ajoutant une apostrophe aux numéros des sites de la région de Bou Naceur pour différencier les sites de chaque secteur.

Tab. 33. Les différentes géosites et géomorphosites inventoriées, leurs localités et l'âge des terrains les abritant.

N°	Nom du géosite	Localité	Age des terrains abritant le site
Classification : Structural			
1	- Jbel Tichoukt	Moyen Atlas central	Lias, Bajocien, Bathonien
5	- Discordance Jbel Amrar	Moyen Atlas central	Lias, Toarcien-Aalénien, Bajocien,
10	- Jbel Arhlal	Moyenne Moulouya	Crétacé
11	- Jbel Azreg	Moyenne Moulouya	Crétacé
13	- Jbel Tsiouant	Moyen Atlas oriental	Lias, Bajocien
14	- Le col de Tizi Nehassa	Moyen Atlas oriental	Lias
17	- Discordance Tizi n'Taida	Moyen Atlas central	Crétacé, Tertiaire
18	- Discordance Aït Bazza	Moyen Atlas central	Jurassique, Crétacé
25	- Discordance Timsouyal	Moyen Atlas central	Bajocien, Bathonien
1'	- Accident d'Izelfane	Moyen Atlas oriental	Trias
3'	- Diapir de Tittaouine	Moyen Atlas oriental	Trias, Jurassique
6'	- Pli du Jbel Aghanja	Moyen Atlas oriental	Jurassique
10'	- Jbel Bou Naceur	Moyen Atlas oriental	Jurassique
Classification : Paléontologique/ Stratigraphique			
2	- Vertébrés Boulahfa	Moyen Atlas central	Bathonien- ? Callovien
3	- Site fossilifère de Boulahfa	Moyen Atlas central	Bathonien- ? Callovien
6	- Couches d'Iwansitn	Moyen Atlas central	Aalénien-Bajocien inférieur
8	- Site fossilifère Chaaba Twila	Moyenne Moulouya	Aalénien-Bajocien
15	- Site fossilifère Tizi Nehassa	Moyen Atlas oriental	Aalénien-Bajocien
20	- Ossements Aït Bazza	Moyen Atlas central	Bathonien- ? Callovien

21	- Traces de pas Aït Bazza	Moyen Atlas central	Bathonien- ? Callovien
26	- Site fossilifère Timsouyal	Moyen Atlas central	Bajocien/ Bathonien- ? Callovien
2’	- Fossiles d’Ighzer Izelfane	Moyen Atlas oriental	Aalénien-Bajocien
9’	- Traces de Sauropodes Aït Hassane	Moyen Atlas oriental	Bathonien- ? Callovien
Classification : Hydrologique			
9	- Source Aïn Bida	Moyenne Moulouya	Tertiaire
22	- Source Tataw	Moyen Atlas central	Bajocien-Bathonien
23	- Source Skhounat	Moyen Atlas central	Lias
5’	- Source Tittaouine	Moyen Atlas oriental	Jurassique
7’	- Sources Kardoud et Abdel Ali	Moyenne Moulouya	Pliocène, Quaternaire
11’	- Aïn Jdid	Moyenne Moulouya	Tertiaire
Classification : Géomatériaux			
7	-Travertin Galb Jazirat Aït Ahmed	Moyenne Moulouya	Cénozoïque
12	- Jbel ghassoul	Moyenne Moulouya	Cénozoïque
16	-Travertin Tizi n’Taida	Moyen Atlas central	Cénozoïque
28	- Carrière de Serghina	Moyen Atlas central	Lias
4’	- Mine de sel de Tittaouine	Moyen Atlas oriental	Trias
8’	- Carrière de calcite d’Oulad Ali	Moyen Atlas oriental	Jurassique
Classification : Archéologique			
4	- Grotte Ifri Oussaid	Moyen Atlas central	Lias
Classification : Sédimentologique			
19	- Marne à gypse d’Aït Bazza	Moyen Atlas central	Bathonien- ? Callovien
24	- Jerf El Gaz d’Issouka	Moyen Atlas central	Lias
29	- Récifs de Tagnamas	Moyen Atlas central	Bajocien supérieur
27	- Dyke de Timsouyal	Moyen Atlas central	Jurassique/ Crétacé
N°	**Nom du géomorphosite**	**Localité**	**Age**
Classification : Morpho-structural			

1	- Combe de Boulemane	Moyen Atlas central	Bajocien moyen
3	- Dépression d'Iwansitn	Moyen Atlas central	Bajocien moyen
5	- Cuesta Tachrount	Moyenne Moulouya	Cénozoïque
6	- Buttes témoins Glib El Gara	Moyenne Moulouya	Cénozoïque
8	- Jbel Bou Amran	Moyenne Moulouya	Crétacé, Cénozoïque
9	- Jbel Ouchilass	Moyenne Moulouya	Jurassique, Crétacé, Tertiaire
13	- Jbel Oul Masqir	Moyen Atlas central	Lias
Classification : Pluviale			
10	- Hoodoos Dwira	Moyenne Moulouya	Cénozoïque
11	- Jerf Ben Affit	Moyenne Moulouya	Cénozoïque
Classification : Fluvio-karstique, Fluvial			
4	- Gara Lachmine	Moyenne Moulouya	Tertiaire
7	- Gorges El Borj	Moyenne Moulouya	Crétacé, Tertiaire
12	- Cascade Imouzzer Marmoucha	Moyen Atlas central	Plio-Quaternaire
1'	- Gorges de Tsiouant	Moyen Atlas oriental	Jurassique
3'	- Gorges de Talat Oumejdader	Moyen Atlas oriental	Dogger
4'	- Gorges de Chag Lard	Moyenne Moulouya	Crétacé, Tertiaire
5'	- Cascades de Ksar El Kebir	Moyen Atlas oriental	Jurassique
7'	- Vallée Aït Hassane	Moyen Atlas oriental	Jurassique
Classification : Gravitaire			
2'	- Cônes alluviaux de Tsiouant	Moyen Atlas oriental	Plio-Quaternaire
Classification : Torrentiel			
9'	- Cônes alluviaux du Jbel Bou Naceur	Moyen Atlas oriental	Pliocène, Quaternaire
Classification : Karstique			
2	- Souk N'Sara	Moyen Atlas central	Crétacé
6'	- Grotte Ifri Ismegh	Moyen Atlas oriental	Jurassique
8'	- Grotte Ifri Aberchan	Moyen Atlas oriental	Jurassique
Classification : Glaciaire			
10'	- Cirque Laatchana	Moyen Atlas oriental	Lias, Dogger
11'	- Cirque Rawyana	Moyen Atlas oriental	Lias, Dogger

2. Interprétation

Au total, 64 sites ont été identifiés et étudiés, dont 31 ont fait l'objet d'une évaluation quantitative, 6 sites ont été entièrement décrits et deux sites ont bénéficié d'une évaluation de leur capacité de charge touristique.

Le choix de ne décrire entièrement que 6 sites est dû à la simple raison d'éviter la répétition d'éléments géologiques et géomorphologiques. De même, la quantification de la capacité de charge de seulement deux sites s'explique par le fait que la région est peu visitée et que le risque de dégradation de la majorité des sites inventoriés est faible.

La sélection est basée sur les valeurs obtenues dans les paramètres centraux. 12 était le seuil dans la région de Boulemane-Missour et 11 le seuil dans la région de Bou Naceur.

La différenciation des scores obtenus dans les paramètres centraux entre les sites des deux régions, ne prouve pas que la région de Boulemane-Missour soit plus pertinente que celle de Bou Naceur. Mais cela est lié au fait que la connaissance scientifique de la première région est plus importante, certainement grâce à son accessibilité, que celle de la deuxième région ; ce qui a influencé négativement la notation des paramètres centraux.

De ce fait, nous avons décidé de choisir un seuil de 12 pour la première région car le score des paramètres centraux des sites est plus élevé que celui de la région de Bou-Naceur ; ce qui permet de supprimer les sites les moins pertinents pour figurer dans l'évaluation quantitative et faire une mise à niveau entre les deux régions.

Pour une parfaite étude géopatrimoniale, il est préférable d'évaluer les sites qui n'ont jamais fait l'objet d'une étude géologique, séparément des sites qui en avaient déjà bénéficié. Il est aussi recommandé de sélectionner les sites qui ont eu de bonnes valeurs d'intégrité et qui présentent un aspect géologique très important, malgré le fait qu'ils n'aient jamais fait l'objet de recherches scientifiques (cette exception ne devrait être utilisée que très rarement afin que la première partie ne perde pas son utilité).

L'élimination des autres sites, qui ont eu moins de 12 pour la région de Boulemane-Missour et moins de 11 pour la région de Bou Naceur, de l'évaluation quantitative ne signifie pas qu'ils n'ont pas de valeurs scientifiques, éducatives, géotouristiques, écologiques, esthétiques et/ou culturelles, mais implique qu'ils sont moins représentatifs, ou qu'ils ont un intérêt géologique ou géomorphologique moyen.

Pour la région de Boulemane-Missour, l'évaluation préliminaire a permis d'identifier 42 sites dont 29 géosites et 13 géomorphosites (Tab. 21 et 22). Vingt et un sites ont été sélectionnés pour une évaluation quantitative (Tab. 23). Ceci nous a permis d'évaluer à la fois la valeur scientifique, la valeur éducative, la valeur touristique, la valeur écologique, la valeur culturelle, la valeur esthétique et la valeur du degré de dégradation des sites sélectionnés. Aussi, nous avons évalué la capacité d'accueil touristique d'un seul site qui souffre d'un risque modéré de dégradation et qui présente une valeur géotouristique intéressante.

Les 21 sites évalués présentent une valeur scientifique et éducative supérieure à 70%, et seuls 12 sites parmi eux disposent d'une valeur touristique égale ou supérieure à 70%, tandis que les sites présentant un degré de dégradation modéré (40% à 50%) sont des sites paléontologiques et hydrologiques (Fig. 31).

L'intérêt scientifique élevé des sites identifiés fait de la zone d'étude une plateforme de travail et une scène de terrain exceptionnelle pour les domaines de la géologie, de l'éducation et de la recherche scientifique. La quasi-totalité des sites évalués sont représentatifs et revêtent une valeur éducative très importante. Des affleurements exceptionnels, une géomorphologie admirable, des paysages majestueux dont les caractéristiques sont parfois rares voire uniques, devraient faire l'objet de sorties éducatives. Il est à noter que la majorité des sites sélectionnés sont caractérisés par un accès facile, à l'exception de quelques-uns qui peuvent être observés depuis la route ou depuis un point de vue spécifique.

Pour la région de Bou Naceur, l'évaluation spécifique a été appliquée pour les 22 sites sélectionnés (Tab. 28 et 29). Ainsi, 10 sites ont été retenus pour être évalués quantitativement (Tab. 30)

La valeur des paramètres d'utilisation est supérieure à 11 pour la plupart des sites sélectionnés (Tab. 28 et 29), ce qui garantit désormais leur usage, à l'exception de quatre sites. Il s'agit d'un géomorphosite et trois géosites. Le géomorphosite Ifri Ismegh nécessite un aménagement pour le rendre accessible au grand public. Les trois géosites sont le Diapir de Tsiouant qui est très fragile et a visibilité faible, ainsi que le pli de Jbel Aghanja et le Jbel Bou Naceur dont l'accessibilité et la sécurité sont faibles.

Les dix sites évalués quantitativement affichent une valeur scientifique supérieure à 70 % traduisant l'intérêt géologique et géomorphologique de la zone d'étude (Fig. 43). Ces sites présentent une valeur éducative relativement importante à l'exception de deux sites qui sont difficilement accessibles. Le manque des infrastructures de base et l'éloignement des grandes

villes affectent la valeur géotouristique qui reste faible pour la majorité des sites étudiés. Il est de même pour la valeur écologique qui est très affectée par le climat semi-aride dans une grande partie de la région et l'utilisation irrationnelle des ressources naturelles. Les valeurs qui sont importantes pour l'attraction d'un grand public, à savoir les valeurs culturelles et esthétiques, sont bonnes. Les facteurs de risque de dégradation de la majorité des sites sont faibles, vue qu'il n'y a pas de facteurs majeurs en mesure d'accentuer la fragilité et la vulnérabilité des sites. La source Tittaouine, qui est la seule source d'eau alimentant les deux douars de Tsiouant en aval (Tsiouant Haut et Tsiouant Bas), présente un risque de dégradation modéré qui est dû à son accès facile. Or, les gorges de Tsiouant sont le lieu le plus séduisant et susceptible d'attirer l'attention du grand public, ce qui nous a incité à quantifier sa capacité d'accueil touristique.

IV. Conclusion

Suite à ces études effectuées et aux résultats obtenus pour la région de Boulemane-Missour et celle de Bou Naceur, nous estimons que la méthodologie utilisée est parfaitement applicable aux géosites et géomorphosites quelles que soient leurs caractérisations. Aussi, nous constatons que les deux régions possèdent un patrimoine géologique et géomorphologique très riche et diversifié en plus d'un patrimoine culturel et historique intéressants.

La majorité des sites étudiés affichent une valeur scientifique importante et des valeurs additionnelles variées tels que les valeurs : éducatives, géotouristiques, écologiques, esthétiques et/ou culturelles. Cependant, malgré cette richesse, le manque et la rareté des infrastructures de base (Transport, équipements touristiques, stations de repos, hébergements touristiques...) font que la région est hors de possibilité d'être une destination touristique intégrée. Ainsi, compte tenu de l'enclavement de ces zones et leur éloignement des centres urbains, ce patrimoine naturel et culturel reste méconnu du grand public.

De ce fait, un grand effort est nécessaire pour la valorisation et la promotion de tous ces atouts, dépendant de l'application de mesures de protection, d'exploitation rationnelle et d'aménagement.

Ainsi, la sensibilisation de la population locale à la valeur inestimable de son patrimoine, tant géologique que biologique et culturel, est la clé du succès de toute intervention déterminée. L'utilisation de ce patrimoine dans le développement d'un géotourisme responsable ne peut être que bénéfique pour l'ensemble de la région en termes de création d'emplois et de diversification des revenus. Pour réussir ce défi, un effort doit être fait au niveau des infrastructures, notamment les routes et les hébergements, par la construction d'hôtels, de gîtes et d'auberges...

Ainsi, la promotion de la région dans les médias et les réseaux sociaux, l'installation de panneaux sur les routes, le balisage des sentiers, la création d'une association focalisée sur le géo-écotourisme et l'éducation environnementale, sont des actions essentielles pour assurer l'accueil et la sécurité des visiteurs. Cela aura un impact positif sur le développement de la région. Ladite association, devrait inclure différents profils de la société, à savoir les universitaires, les acteurs politiques, les jeunes de la région et tous ceux qui sont intéressés par l'environnement, le géopatrimoine, le géo-écotourisme et le tourisme responsable, …

Chapitre V : Proposition de mesures de tutelle et de valorisation

Introduction

Une fois le géopatrimoine est évalué et inventorié, de mesures de tutelle et de valorisation sont proposé dans ce présent chapitre.

En effet, des circuits multi-intérêts ont été proposés en passant par une étape essentielle consistant à quantifier les valeurs de tous les sites explorés dans les deux régions concernées. L'objectif principal de cette étape était de fournir des informations complètes sur chaque site, permettant ainsi à chaque visiteur ou groupe de touristes de choisir les sites les plus pertinents en fonction de leurs intérêts spécifiques. Les résultats ont joué un rôle crucial dans l'élaboration des circuits. Notre objectif était de créer des itinéraires qui relient harmonieusement les différents sites, indépendamment de leur thématique, afin de permettre aux excursionnistes de choisir les sites qui les intéressent le plus. Ils pourraient ainsi construire leur propre circuit en fonction de leurs préférences et de leurs centres d'intérêt.

Cette approche flexible et personnalisable garantit que chaque visiteur bénéficiera d'une expérience enrichissante et adaptée à ses attentes. En fournissant des informations détaillées sur les attraits et les caractéristiques de chaque site, nous offrons aux excursionnistes la liberté de composer leur itinéraire selon leurs propres préférences. Que ce soit pour explorer des sites d'intérêt scientifiques, des sites historiques, des sites culturels ou d'autres centres d'intérêt, notre circuit multi-intérêts leur offre la possibilité de vivre une expérience touristique unique et mémorable.

De plus de l'élaboration de circuits, un exemple de valorisation du patrimoine géologique et géomorphologique dans le Moyen Atlas plissé et la plaine de la Moyenne Moulouya a également été proposé, dans le but de préserver, valoriser et promouvoir le géopatrimoine de ces deux régions, tout en intégrant la population autochtone.

I. Proposition d'un circuit à intérêts multiples

Dans le but de développer un circuit multi-intérêts, nous avons décidé de quantifier les valeurs de tous les sites explorés des deux régions. L'objectif de cette étape est de fournir des informations complètes sur chaque site, de sorte que chaque visiteur ou chaque groupe de touristes puisse choisir les sites les plus pertinents en fonction de leurs intérêts.

Dans ce sens, nous avons réalisé une étude approfondie des ressources de chaque site, qui est représentée en valeurs dans les tableaux 34 et 35. Ces résultats ont joué un rôle très important dans l'élaboration d'un circuit multi-intérêts. L'objectif est de relier les différents sites entre eux de manière indépendante de leur thématique, en permettant à l'excursionniste de choisir de visiter les sites qui l'intéressent, ou d'élaborer son propre circuit en fonction de son attrait.

Tab. 34. Évaluation quantitative complète des différents géosites inventoriés.

N°	Nom des sites	SV	EdV	TV	EcV	CV	EsV	DR
Géosites de la région Boulemane-Missour								
1	Jbel Tichoukt	86,25%	92,5%	87,5%	25%	100%	82,5%	27,5%
2	Vertébrés de Boulahfa	86,25%	71,25%	60%	25%	75%	42,5%	40%
3	Site fossilifère de Boulahfa	66,25%	72,5%	56,25%	25%	25%	40%	40%
4	Grotte Ifri Oussaid	81,25%	70%	63,75%	25%	100%	50%	40%
5	Discordance de Jbel Amrar	82,5%	81,25%	62,5%	25%	25%	55%	22,5%
6	Couches d'Iwansitn	90%	76,25%	62,5%	25%	25%	40%	37,5%
7	Travertin Galb Jazirat Aït Ahmed	64,75%	71,25%	55%	25%	25%	55%	15%
8	Site fossilifère de Chaaba Twila	90%	78,75%	61,25%	25%	25%	40%	32,5%
9	Aïn Bida	70%	71,25%	70%	0%	50%	57,5%	37,5%
10	Jbel Arhlal	78,75%	82,5%	69%	25%	0%	72,5%	20%
11	Jbel Azreg	78,75%	82,5%	69%	25%	25%	72,5%	20%
12	Jbel ghassoul	75%	73,75%	62,5%	25%	75%	55%	32,5%
13	Jbel Tsiwant	70%	80%	63,75%	0%	50%	72,5%	20%
14	Tizi Nahassa	80%	88,75%	75%	25%	25%	62,5%	20%
15	Site fossilifère de Tizi Nahassa	75%	73,75%	57,5%	0%	25%	47,5%	20%
16	Travertin de Tizi n'Taïda	68,75%	73,75%	57,5%	0%	25%	62,5%	15%
17	Discordance de Tizi Taïda	92,5%	81,25%	67,5%	0%	25%	52,5%	17,5%
18	Discordance d'Aït Bazza	70%	71,25%	55%	0%	25%	52,5%	17,5%
19	Marne à gypse d'Aït Bazza	82,5%	75%	70%	0%	25%	30%	17,5%
20	Ossements d'Aït Bazza	76,25%	81,25%	70%	0%	75%	42,5%	45%
21	Traces de pas de dinosaures Aït Bazza	76,25%	81,25%	70%	0%	75%	50%	45%
22	Source Tataw	75%	90%	88,75%	25%	75%	57,5%	45%
23	Source Skhounat	75%	85%	81,25%	25%	75%	75%	45%
24	Jerf El Gaz d'Issouka	78,25%	81,25%	70%	25%	25%	47,5%	22,5%
25	Discordance de Timsouyal	68,75%	73,75%	65%	0%	25%	47,5%	17,5%
26	Site fossilifère de Timsouyal	68,75%	71,25%	57,5%	25%	25%	40%	20%
27	Dyke de Timsouyal	86,25%	75%	61,25%	0%	25%	37,5%	7,5%

28	Carrière de Serghina	78,75%	81,25%	77,5%	25%	25%	55%	25%
29	Récifs de Tagnamas	68,75%	78,75%	70%	0%	25%	55%	12,5%
Géosites région Bou Naceur								
1’	Accident Izelfane	80%	67,5%	43,75%	50%	50%	80%	17,5%
2’	Fossiles d’Ighzer Izelfane	78,75%	57,5%	36,25%	25%	0%	50%	27,5%
3’	Diapir de Tittaouine	86,25%	70%	48,75%	25%	0%	57.5%	20%
4’	Mine de sel de Tittaouine	70%	71,25%	63,75%	25%	50%	32,5%	42,5%
5’	Source Tittaouine	72,5%	75%	60,25%	25%	75%	72,5%	47,5%
6’	Pli du Jbel Aghanja	80%	61,25%	41,25%	25%	50%	90%	17,5%
7’	Sources Kardoud et Abdel Ali	66,25%	67,5%	66,25%	25%	75%	35%	65%
8’	Calcite d’Oulad Ali	67,5%	65%	56,25%	25%	0%	7,5%	72,5%
9’	Traces de Sauropodes d’Aït Hassane	82,5%	72,5%	58,75%	25%	0%	30%	42,5%
10’	Jbel Bou Naceur	97,5%	72,5%	56,25%	75%	75%	92,5%	17,5%
11’	Aïn Jdid	68,75%	73,75%	66,25%	25%	75%	35%	67,5%

Tab. 35. Évaluation quantitative complète des différentes géomorphosites inventoriés.

N°	Nom des sites	VS	VEd	VT	VEc	VC	VEs	RD
	Géomorphosites région Boulemane-Missour							
1	Combe de Boulemane	81,25%	92,5%	87,5%	25%	75%	65%	42,5%
2	Souk N’Sara	76,25%	76,25%	70%	0%	25%	75%	17,5%
3	Combe d’Iwansitn	75%	82,25%	75%	25%	25%	75%	22,5%
4	Gara Lachmine	72,25%	75%	65%	25%	0%	40%	17,5%
5	Gorges de Chouf Charq	76,25%	76,25%	77,5%	25%	50%	75%	40%
6	Hoodoos de Dwira	76,25%	88,75%	85%	25%	25%	72,5%	40%
7	Jbel Bou Amran	78,75%	82,5%	69%	25%	0%	72,5%	12,5%
8	Jbel Ouchilass	78,75%	82,5%	69%	25%	0%	72,5%	12,5%
9	Butte témoin Glib El Gara	66,25%	81,25%	70%	25%	0%	65%	17,5%
10	Cuesta Tachrount	66,25%	81,25%	70%	25%	0%	65%	17,5%
11	Jerf Ben Affit	62,5%	83,75%	77,5%	0%	0%	65%	17,5%
12	Cascade d’Imouzzer Marmoucha	71,25%	91,25%	92,5%	50%	100%	92,5%	50%
13	Jbel Oul Masqir	68,5%	80%	68,75%	25%	50%	65%	27,5%
Géomorphosites région Bou Naceur								
1’	Gorges de Tsiouant	86,25%	75,25%	66,25%	25%	75%	60%	35%
2’	Cônes alluviaux de Tsiouant	75%	55%	38,75%	0%	0%	72,5%	7,5%
3’	Gorges de Talat Oumejdader	60%	66,25%	48,75%	0%	50%	57,5%	25%
4’	Gorges de Chag Lard	68,75%	61,25%	50%	0%	25%	72,5%	7,5%
5’	Cascades de Ksar El Kebir	75%	72,75%	70%	25%	25%	75%	30%
6’	Grotte Ifri Ismegh	76,25%	52,5%	45%	25%	50%	57.5%	20%
7’	Vallée d’Aït Hassane	76,25%	75%	70%	50%	75%	90%	27,5%
8’	Grotte Ifri Aberchan	75%	50%	45%	0%	0%	57,5%	7,5%
9’	Cônes de Jbel Bou Naceur	75%	57,5%	42,5%	75%	0%	72,5%	7,5%
10’	Cirque Laatchana	86,25%	71,25%	56,25%	75%	75%	90%	27,5%
11’	Cirque Rawyana	82,5%	51,25%	42,5%	75%	75%	72,5%	7,5%

Plus de 20 arrêts ont été choisis dans les deux régions. L'itinéraire que nous avons proposé est estimé à environ 458 km de route goudronnée et plus de 30 km de pistes. Il décrit tous les attraits géologiques et géomorphologiques des principaux géosites et géomorphosites de la zone d'étude.

Le premier tronçon est entre Boulemane et Missour, le deuxième tronçon est entre Missour et Oulad Ali, le troisième tronçon est entre Oulad Ali et Imouzzer Marmoucha en passant par Almis Marmoucha, le quatrième tronçon et le dernier est entre Imouzzer Marmoucha et Boulemane. Le même arrêt peut être caractérisé par la présence de plusieurs sites. La finalité de ce géo-itinéraire est de relier les différents sites explorés lors de notre enquête de terrain, ainsi que de faire le lien avec d'autres sites d'intérêt écologique et historique dans le Moyen Atlas plissé et la plaine de la Moyenne Moulouya (Fig. 46).

Le circuit est composé de routes asphaltées et praticables, ainsi que de quelques pistes. Le parcours peut être effectué en huit jours minimum, sachant que la durée de chaque arrêt peut varier en fonction du randonneur et du thème du circuit. Par exemple, un circuit d'intérêt éducatif peut durer jusqu'à quinze jours. Les stations de repos, les restaurants, les hôtels, les gîtes, les auberges et les hôpitaux en cas de besoin, sont situés à Missour, Boulemane et Imouzzer Marmoucha (Fig. 46).

Il est à noter que le logement et la restauration sont disponibles aussi dans le village d'Oulad Ali (auberges), Aït Hassane et Tsiouant, chez des familles d'accueil avec un nombre maximum de cinq personnes (les chambres sont présentées en dortoirs).



Fig. 46. Circuit multi-intérêts proposé dans la région étudiée.

1. Tronçon Boulemane-Missour

Cette section du circuit qui relie Boulemane à Missour est constituée de huit arrêts (Fig. 47), détaillés ci-dessous.

Arrêt 1

La ville de Boulemane représente le point de départ de l'itinéraire proposé (Fig.47). Cet arrêt offre l'occasion de profiter d'une vue panoramique de la ville de Boulemane, construite au fond d'une combe à l'extrémité sud-ouest de l'anticlinal de Jbel Tichoukt. Elle est construite sur la Formation des Marnes de Boulemane, surmontée par celle des Calcaires Corniches percés en cluse à l'entrée W de la ville. De point de vue géomorphologique, l'arrêt permet d'observer un pli en genou spectaculaire d'une valeur éducative très importante (Oukassou et al. 2019).

Arrêt 2

À une dizaine de kilomètres au sud de Boulemane, avant d'arriver au village Aït Karmous, prendre la piste à droite qui mène à une carrière de sable dans la localité dite Boulahfa. Au niveau du flanc oriental du synclinal d'Oudiksou affleure une série de marnes versicolores intercalées de bancs calcaires qui montrent un niveau de condensation de faune marine

constituée essentiellement de brachiopodes, gastéropodes et lamellibranches. Il s'agit de la Formation El Mers 2, attribuée au Bathonien, qui est surmontée par les Marnes à gypse (Formation El Mers 3) attribuée elle au Bathonien- ? Callovien. Dans la partie sommitale de la Formation El Mers 3, a été découvert, le plus important gisement d'os de dinosauriens, de tout le Moyen Atlas. Parmi ces ossements, Maidment et al. (2020) ont reconnu le plus ancien stégosaure du monde et le premier en Afrique du nord nommé *Adratiklit Boulahfa* (Adrar = montagne et Tiqlit = lézard en amazigh, Boulahfa étant le nom de la localité où le gisement a été découvert), ainsi que les restes du premier ankylosaure d'Afrique *Spicomellus afer* (Maidment et al. 2021). Les fouilles se poursuivent toujours dans cette localité afin de mettre à jour toutes ses richesses.

Dans cette localité on peut suivre une coupe géologique très pédagogique. La série, qui présente un léger pendage, montre une évolution des environnements sédimentaires à la fin du Jurassique Moyen. D'un milieu marin peu profond, on passe à un milieu lagunaire dans lequel se sont déposées les Marnes à gypse, puis à un milieu continental fluviatile avec des faciès gréso-conglomératiques rouges. La coupe se termine par une série marine du Crétacé qui est discordante sur les différentes formations du Jurassique.

Une autre piste à droite depuis le village Aït Karmous, rejoint le cœur du synclinal Oudiksou. Elle traverse les différentes formations du Crétacé. Après le village d'Aït Hamza, se trouve le site de Souk N'Sara qui dévoile un magnifique paysage karstique dans les grès calcaires du Crétacé. Ce site expose bien l'action de l'altération chimique par l'eau météorique sur les grès calcaires qui est guidée par un double réseau de fractures mécaniques. En suivant la piste, au niveau de la bordure NW du Synclinal, se situe le site de la grotte Ifri Oussaïd dans les dolomies liasiques verticalisées. Les fouilles menées dans cette grotte ont livré plusieurs ossements parmi lesquels ceux d'Ursidés dont l'ours brun *Ursus arctos* (Benlamine 2017).

Dans tout le synclinal d'Oudiksou, se trouve une importante concentration de monuments funéraires de la protohistoire (Benlamine 2017).

Arrêt 3

Après le village d'Aït Karmous (Arrêt 2) en direction de Missour, la route traverse les Calcaires Corniches, puis la dépression d'Iwansitn dans laquelle se situe le lac du Barrage Anjil (Fig. 28 A, B, C). Ce barrage, mis en service à la fin des années 80, est destiné essentiellement à l'irrigation des terres agricoles de la commune d'Anjil. La combe est bordée par des talus de Marnes de Boulemane surmontées par des cuestas de Calcaires Corniches du Bajocien.

Le Jbel Amrar, l'anticlinal faillé qui borde cette dépression du côté SE, montre sur son flanc NW une discordance progressive (Fig. 28 D), témoin d'une instabilité tectonique au Lias Moyen dans cette zone de passage de l'Accident Sud Moyenne Atlasique (ASMA).

Au niveau de sa terminaison périanticlinale SW, on peut observer une coupe, dans la vallée de l'Oued Tizi n'Karou près du pont de la route régionale R 503. Elle montre le passage du Lias essentiellement calcaire au Dogger qui débute par les marno-calcaires à Zoophycos et permet de voir différents faciès carbonatés et plusieurs fossiles, notamment les grands lamellibranches, les ammonites et les bélemnites (Fig. 22). C'est une coupe qui est célèbre du fait qu'elle a livré une association d'ammonites qui a permis la précision du passage Lias-Dogger. En effet, les calcaires marneux à zoophycos de l'Aalénien sont surmontés par une alternance de bancs calcaires et marnes verdâtres nommés « Couches d'Iwansitn » du Bajocien inférieur qui est bien développé dans cette région du Moyen Atlas plissé (Benshili 1987). Le passage se fait progressivement vers les Marnes de Boulemane (Bajocien moyen), puis aux Calcaires Corniches (Bajocien supérieur) (Benshili 1987 ; Fedan, El Hassani 2018).

Cette coupe enregistre un cycle sédimentaire qui débute au Bajocien inférieur avec le dépôt des Couches d'Iwansitn. Le maximum de la tranche d'eau du milieu de sédimentation coïncide avec la sédimentation des Marnes de Boulemane au Bajocien moyen. L'environnement sédimentaire évolue par la suite vers une plate-forme néritique dans laquelle se dépose des Calcaires Corniches au Bajocien supérieur.

Les différents sites sont facilement accessibles en raison de leur situation au bord de la route régionale R 503 entre Boulemane et Boulaajoul sur la route Nationale N13. Ils peuvent être exploités dans des activités éducationnelles pour illustrer différents phénomènes géologiques notamment la paléontologie et la biostratigraphie.

Arrêt 4

Après avoir traversé l'Accident Sud Moyen Atlasique au niveau du Jbel Tamoukrante, qui est séparé du Jbel Amrar par le décrochement d'Anjil Aït Lahsene, on entame la descente vers le plateau d'Anjil en empruntant la route P5108 qui va vers Missour. Ce plateau est formé par des dépôts plio-quaternaires qui recouvrent les formations jurassiques. Il est caractérisé par une plante naturelle *Peganum harmala* (Harmel). La bordure nord de ce plateau, environ 13 km de l'arrêt 3, se trouve la Gara Lachmine. C'est une sorte de balcon qui offre une vue panoramique sur la vallée des oueds Indidghane et Chfayir qui expose des versant très ravinés en "Bad-lands" ainsi qu'une vue sur la quatrième ride anticlinale du Moyen Atlas plissé.

Arrêt 5

Le plateau de Dwira et celui d'Anjil, où les reliefs sont légèrement accidentés, comprend une série stratigraphique carbonatée essentiellement liasique, marquée par plusieurs discontinuités sédimentaires (Jaillard et Fedan 1981 ; Fedan 1984). Ces terrains Jurassique sont couverts par les formations crétacées et tertiaires.

Le 5ème arrêt concerne les travertins tertiaires de Galb Jazirat qui se situe à10 km après le village Anjil Aït Lahsene. Il s'agit de deux butes témoins bien visibles depuis la route (Fig. 24 C). L'une de ces butes a fait l'objet d'exploitation temporaire.

Le site est très attractif, il peut gagner un nombre important de visiteurs et d'excursionnistes, si des aménagements avaient été mis en place. Selon (Goodall 1990 ; Coppin et Box 1998 ; Swarbroke 2002 ; Shoval et Raveh 2003 ; Lorenc et Mazurek 2010 ; Lorenc et Baczyńska 2013 ; Migoń et Pijet-Migoń 2015), après le foisonnement des mines et des carrières, des formes morphologiques paysagères peuvent apparaître et devenir des repères spécifiques.

Les carrières constituent un remodelage humain extrême du paysage naturel (Marengo et al. 2018 ; Nita 2012). En outre, le principal indicateur de l'attractivité d'une carrière est son caractère paysager unique, son attrait esthétique, l'unicité de la carrière, ainsi que de l'intérêt et de la curiosité évoqués (Baczyńska et al. 2017). Le site peut être atteint aussi bien en voiture qu'à pied.

Arrêt 6

Le plateau de Dwira abrite des sites géomorphologiques les plus remarquables. Il est marqué par des paysages somptueux, où les buttes témoins (Fig. 27 C), les mesas et les cuestas (Fig. 29 B) sont les plus luxuriantes, notamment la cuesta Tachrount et la bute témoin Glib Al Gara. Ces géomorphosites éparpillés tout au long de la route reliant le plateau d'Anjil au plateau de Dwira, sont sculptés essentiellement par l'érosion éolienne et pluviale, puisque les roches sont dénudées et le climat est purement continental aride à semi-aride. Chaque faciès réagit différemment à l'érosion. Cette diversité se traduit par une image parfaite et homogène dans le paysage. Les cuestas et les buttes témoins sont composées de différentes couches géologiques du Crétacé et du Tertiaire, présentant un contraste de couleurs qui augmente la valeur esthétique de différents sites, en plus de la valeur éducative et scientifique, dont les sites sont caractérisés.

À l'ouest de Tachrount, au bord de la route reliant Anjil à Missour, on peut observer une surface ferrugineuse de la base du Dogger qui fossilise une paléotopographie liasique (Benshili 1987).

Cette surface est surmontée par les Couches d'Iwansitn riche en ammonites et brachiopodes (site fossilifère Chaâba Twila).

Arrêt 7

La route se poursuit vers la ville de Missour, offrant la possibilité de visiter un ensemble de sites de géodiversité disséminés de part et d'autre de la route. Parmi ces sites le Jbel Wisslaj (Fig. 23 E), un anticlinal orienté NE-SW et dont l'altitude atteint 2051 m. C'est une unité géomorphologique sculptés dans les dépôts jurassiques, crétacés et tertiaires (El Abaassi 1988).

Il se distingue par une architecture typique qui ressemble à un crocodile. C'est un élément très représentatif de la géodiversité et un exemple prononcé, qui a une très grande valeur pédagogique. Ce modèle est facilement repérable soit sur le terrain grâce au contraste paysager entre cette montagne et les vastes plaines qui l'entourent, soit sur Google Earth en raison de sa grande taille et des structures en zigzag (chevrons).

Dans le prolongement du Jbel Wisslaj vers le NE, sur la rive droite de l'Oued Chouf Charg, apparait une succession d'anticlinaux kilométriques qui sont d'W en E : Jbel Bou Amran, Jbel Abir, Jbel Azreg et Jbel Aghlal (Fig. 23 C, D). Ce sont des plis déversés vers le SE et le SW. Le plissement affecte des séries allant du Crétacé au Pliocène (Labbassi 1991). Sur leurs flancs sud redressés, des discordances progressives affectent les termes du cycle Mio-Pliocène (El Abaassi 1988). Le Jbel Aghlal, quant à lui, est marqué par des modelés en forme de cœur, dont la pointe est dirigée vers le bas du flanc de l'anticlinal qui rappelle les cœurs de Tata (Fadli 2014 ; Berred et al. 2019).

L'arrêt offre également la possibilité d'avoir une vue panoramique sur d'autres sites de grande valeur esthétique tels que les gorges d'El Borj (Fig. 27 A), la source d'Aïn Bida et les Hoodoos près du village Dwira (Fig. 34). Ces derniers présentent l'un des reliefs les plus impressionnants du circuit, offrant une vue imprenable sur le paysage.

Arrêt 8

C'est un arrêt qui se situe sur la route nationale N15 qui relie Missour à Midelt, près du village Tamdefelt, prendre une piste vers le nord, pour rejoindre le Jbel Ghassoul. Il se présente comme une petite montagne orientée SW-NE, surplombant très légèrement la plaine de la Moulouya. L'importance de ce petit relief vient du fait qu'il contient le gisement du Ghassoul, matériau unique au monde.

Le Ghassoul est une argile qui est associée aux dépôts carbonatés lacustres du Miocène dans le bassin de Missour (Benammi 1997). Il a fait l'objet de nombreuses études sédimentologique,

minéralogiques, et géochimiques. Ces études scientifiques ont débuté depuis 1884 et se poursuivent jusqu'à l'actuel. Le Ghassoul est devenu un sujet d'intérêt pour les géologues et les chimistes. Certains chercheurs ont étudié la mouillabilité de l'argile du Ghassoul dans l'acide humique (Lopez-Duran et al. 2003), tandis que d'autres ont fait une enquête minéralogique et physico-chimique sur le magnésium-smectite de Jbel Ghassoul (Benhammou et al. 2009), et d'autres ont étudié les excellentes propriétés d'adsorption du Ghassoul (Tokarský 2018).

Le Ghassoul est une smectique magnésienne dont le mode de formation est largement discuté. Les dernières études s'accordent sur une genèse par un processus de diagenèse qui a transformé les calcaires lacustres par des phénomènes de dolomitisation, silicification et argilisation.

Le Jbel Ghassoul présente une grande valeur économique, scientifique, éducative et géotouristique, compte tenu de sa rareté dans la région et dans le monde. Cependant la visite des galeries d'exploitation nécessite une autorisation du fait que son extraction se réalise par une entreprise privée.

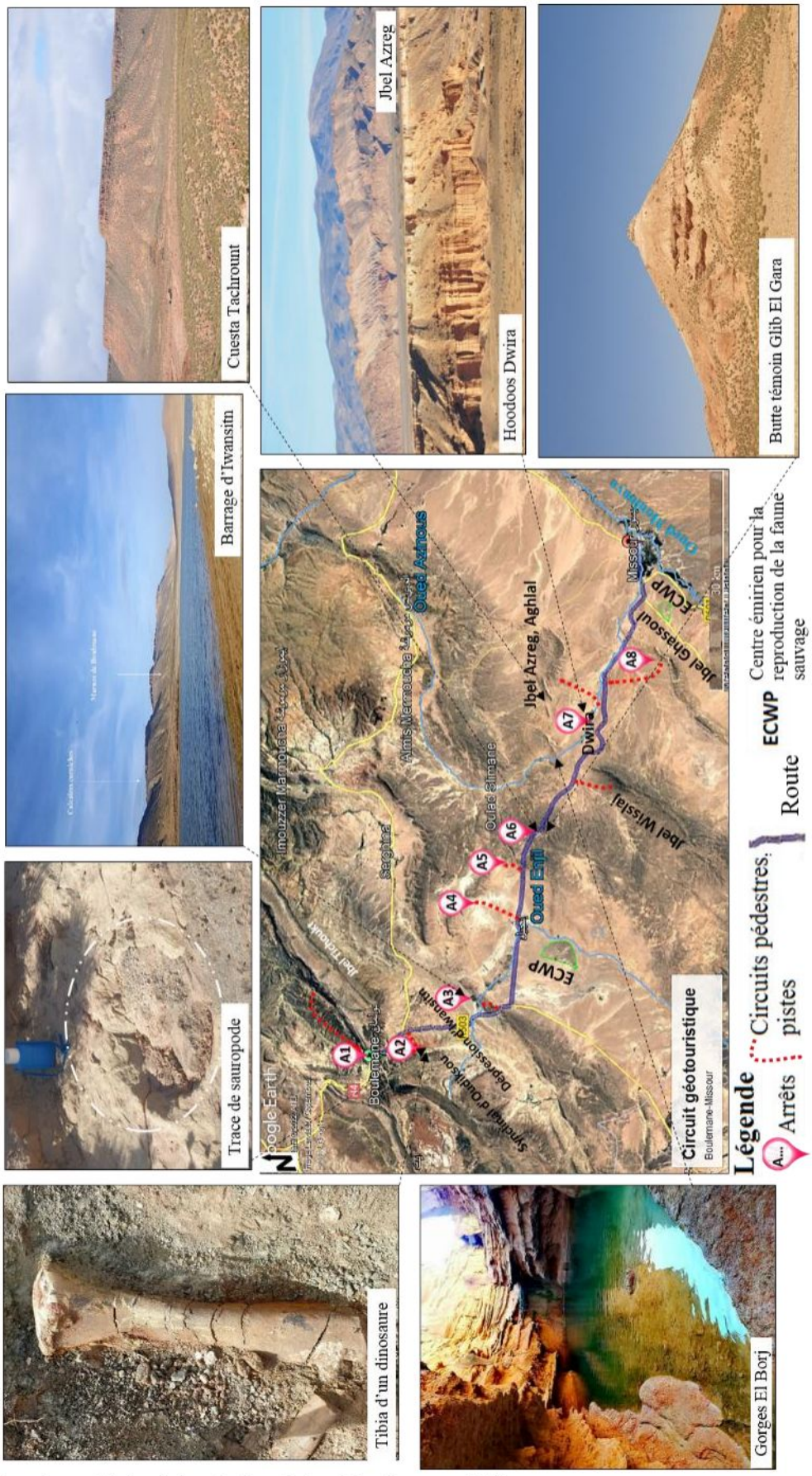


Fig. 47. Circuit multi-intérêts de la région Boulemane-Missour.

2. Tronçon Missour-Oulad Ali

Ce tronçon de l'itinéraire entre Missour et Oulad Ali est composé de cinq arrêts (Fig. 48), présentés ci-dessous :

Arrêt 9

À partir de la ville de Missour, où se trouve la majorité des infrastructures touristiques telles que les transports, les hôtels et les restaurants, on peut faire un circuit qui permet d'explorer les différents sites de la zone de passage de la 4ème ride du Moyen Atlas au bassin de Missour (Fig. 48).

Pour rejoindre le village de Tirnest, on peut prendre la route N 15 jusqu'à la ville d'Outat El Haj, la traverser et continuer vers le Nord en passant par le village El Orjane. Tout au long de ce trajet, le visiteur peut admirer la splendeur des montagnes, notamment le majestueux Jbel de Bou Naceur. La singularité de ce front montagneux réside dans la présence de cirques glaciaires qui s'ouvrent vers la plaine.

Tirnest est un village qui est installé sur les formations détritiques tertiaires près d'une source vauclusienne appelée Aïn Jdid (Fig. 48). Cette source a un débit très important permettant l'alimentation du village en eau potable et l'irrigation de ses vergers.

L'accès aux cirques glaciaires peut se faire depuis Tirnest. Le cirque de Rawyana nécessite une marche à pied en suivant un sentier difficile tandis que l'accès au cœur du cirque Laatchana se fait par piste. La beauté, les dimensions kilométriques, les hautes falaises calcaro-dolomitiques du Jurassique et les grands cônes de déjection emboités du cirque Laatchana valent vraiment le détour. L'ascension vers le sommet de Bou Naceur se fait en suivant un sentier à partir de ce cirque.

Cette visite des alentours du Jbel Bou Naceur offre l'occasion d'admirer les meilleurs témoins des périodes glaciaires du Quaternaire, notamment les cirques glaciaires, les niches cryonivales, les verrous et les accumulations périglaciaires (Raynal et al. 1953 ; Raynal 1961 ; Hughes et al. 2004).

Arrêt 10

Après avoir visité la magnifique zone de Bou Naceur, le retour se fait vers Outat El Haj et prendre la route R 502 qui va vers Almis Marmoucha. Le village Tsiouant Souffla (bas) est le premier à visiter après une vingtaine de kilomètres (Fig. 48). Pour rejoindre ce village, il faut suivre une piste de plus de 10 km. C'est un village entouré par des falaises de conglomérat plio –quaternaire et modelé par une architecture typique en parfaite harmonie avec le paysage. Deux

sources proches l'une de l'autre, la source Abdel Ali (douce) et la source Kardoud (salée) constituent le point d'attraction pour la population locale.

Arrêt 11

On quitte la route R 502 pour rejoindre le village d'Oulad Ali par la route P 5125. Le circuit intéresse la vallée de l'Oued Chag Lard qui suit le tracé d'un décrochement transverse.

Une vue à l'entrée du village Oulad Ali permet l'observation du chevauchement de la 4ème ride sur le bassin de Missour, les grandes accumulations de dépôts gravitaires et la carrière de calcite perchée dans les carbonates du Jurassique.

En aval du village Oulad Ali, un sentier relativement difficile le long de l'Oued Chag Lard mène vers le village de Bni Hayoune, permet de découvrir les canyons de Chag Lard (Fig. 41 D) et une coupe géologique illustrant un exemple du mode de passage de la chaîne atlasique au bassin de Missour.

Vers l'amont, on découvre une vallée paradisiaque très riche aussi bien en sites géologiques, géomorphologiques que paysagers et culturels. C'est une vallée qui se resserre par endroit en canyons et montre quelques cascades. Les carbonates du Jurassiques sont très karstifiés développant ainsi des grottes et une multitude de sources qui alimentent l'Oued Lamsareh.

Tout au long de la vallée, se trouve des villages d'une architecture typiquement moyen atlasique et cultures en terrasses accrochées aux versants abrupts par de superbes murets en pierres.

La région propose, en outre, de profiter d'un patrimoine historique très intéressant, constitué de monuments funéraires, d'une mosquée et d'un cimetière bâtis depuis plusieurs siècles.

Arrêt 12

Du village d'Oulad Ali, revenir sur la route régionale R502 qui est d'une qualité médiocre et entamer la montée vers les reliefs. L'itinéraire nous donne l'occasion de découvrir une zone très faillée présentant des sites de haute valeur scientifique, éducative et géotouristique. La durée de la visite peut varier de deux à trois jours, en fonction de sa finalité et de la météorologie.

Le circuit permet une vue imprenable sur la dépression de Tittaouine façonnées dans les argiles salifères du Trias entourés par des falaises carbonatées jurassiques qui soulignent le passage de l'accident d'Izelfane, qui s'étend du village d'Izelfane au village d'Oulad Ali (Fig. 38 A). Les falaises du Jbel Aghanja montrent un double pli perché (Fig. 38 G). Au fond de la combe, le visiteur peut se rendre à la source Tittaouine, d'une eau fraiche et douce et qui se charge en sel après avoir traversée les argiles salifères (Fig.38 F). En suivant l'Oued Tittaouine, on peut

apercevoir plusieurs galeries d'exploitation artisanale du sel gemme (Fig. 38 E) ainsi que le phénomène diapirique qui est parfaitement illustré dans cette zone (Fig. 38 D).

La vallée sèche d'Ighzer Izelfane quant à elle montre différents faciès marno-calcaires et dolomitiques du Lias et du Dogger, faillés et fortement plissés. Certains niveaux sont riches en fossiles entre autres les ammonites et les brachiopodes (Fig. 38 B, C).

L'endroit le plus attractif dans cet arrêt est les gorges de Tsiouant taillées par l'Oued Tittaouine. Ce sont de véritables canyons d'une centaine de mètre de profondeur où s'expose une coupe géologique exceptionnelle (Fig. 40 E, D). Cette coupe débute à l'entrée des gorges par des dolomies liasiques surmontées par différents faciès calcaires du Dogger verticalisés. À la sortie des gorges, se situe le village de Tsiouant Loulya (Haut), construit sur les formations crétacées et les cônes alluviaux tertiaires (Fig. 40 B, C, F).

Arrêt 13

À 15 km du village d'Izelfane, au village d'Almis Marmoucha, prendre la route P 5123 qui mène à Missour. Cette route permet une deuxième traversée de la 4ème ride au niveau de Tizi Nehassa, un col qui coïncide avec le passage de la faille de « Mibladène » qui sépare l'anticlinal de Tafgourt de celui de Tsiouant. C'est un site qui permet d'avoir une belle vue panoramique du bassin de Missour.

Le flanc sud du Jbel Tsiouant montre, sur une distance de 9 km le long de la P 5123, une succession monoclinale de formations jurassiques, crétacées puis tertiaires et quaternaires (Fig. 33). C'est une coupe très intéressante par la diversité de ses faciès et sa richesse en fossiles, particulièrement les dépôts marins du Jurassique, les calcaires à grands lamellibranches, définis Formation de Tizi Nehassa, d'âge Carixien et les niveaux condensés du passage Lias-Dogger qui sont riches en ammonites, bélemnites et brachiopodes (Benshili 1989).

Le Crétacé est discordant sur le Jurassique. Il est formé d'une alternance marno-calcaire avec parfois des niveaux de gypse déposés dans un environnement lagunaire. Le Tertiaire représenté par des dépôts continentaux, essentiellement détritiques, qui affleurent à Jord Ben Affit (Fig. 29 C). Ce dernier est un site dont l'alternance de faciès tendres et dures et l'érosion différentielle sur ces matériaux, lui a donné une forme spectaculaire qui ressemble à une fourmilière. Il contient plusieurs cavités qui reviennent à la période coloniale, utilisées à l'époque comme caches de nourriture et des armes des résistants, loin des yeux des colonisateurs français.

Cette zone de Tizi Nehassa, facile d'accès, mérite d'être visitée pour sa grande valeur scientifique, éducative, paysagère et historique.

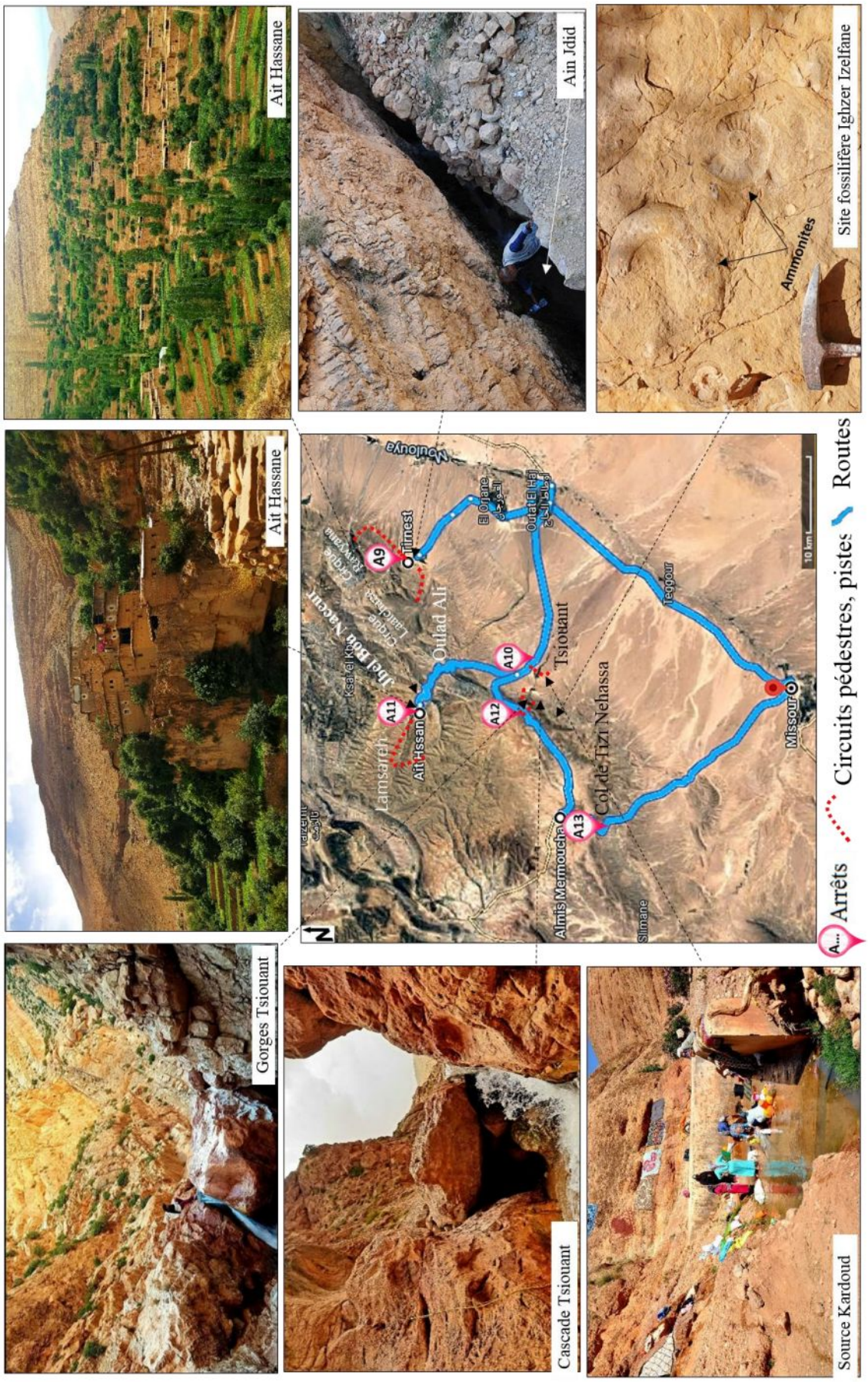


Fig. 48. Circuit multi-intérêts de la région Missour-Oulad Ali.

3. Tronçon Almis Marmoucha-Imouzzer Marmoucha

Après avoir visité les sites de Tizi Nehassa, on retourne au village d'Almis Marmoucha pour rejoindre la route régionale R502 qui mène à Imouzzer Marmoucha en passant par Tizi n'Taïda et Aït Bazza. Cette partie de l'itinéraire est caractérisée par de superbes vues paysagères couvrant plusieurs régions. Elle est composée de trois arrêts (Fig. 49).

Arrêt 14

C'est un arrêt qui est situé à mi-chemin entre Tizi n'Taïda et Imouzzer Marmoucha et qui permet d'observer la Formation de Tizi n'Taïda. Cette formation a été définie et rapportée au Crétacé supérieur par Fedan (1988). Elle débute par des conglomérats grossiers, surmontés par des marnes jaunes et grises, et se termine par des calcaires travertineux qui ont été exploités comme pierre d'ornementation. Les conglomérats de base de cette formation présentent une discordance angulaire sur les différents niveaux du Jurassique moyen, bien visible sur le talus de la R502.

Arrêt 15

Au niveau du village Aït Bazza, les Marnes à gypse du Bathonien- ? Callovien sont bien développées. Elles s'amincissent et se redressent au contact de la ride de Timsouyal. Ce sont des marnes très riches en gypse de différente nature et de taille variable. Elles illustrent le confinement de cette région à la fin du Jurassique moyen.

Les niveaux de base de la série rouge qui surmonte ces marnes contiennent des fragments d'ossements de dinosauriens (Fig. 25 C) près du centre du village. Ces ossements ont été signalés dans cette localité dans les années 80 et 90 sans faire l'objet de fouilles pour d'éventuelles études scientifiques. Ce site est appelé par la population locale " le cimetière des dinosaures " du fait de l'abondance des fragments d'os qui apparaissent en surface. Après des recherches dans la région, nous avons pu localiser d'autres gisements loin du village, dans la partie sommitale de la série rouge. Cette série rouge montre aussi des empreintes de pas de tridactyle (Fig. 25 E), et de sauropodes (Fig. 25 F et Fig. 49).

A Aït Bazza s'affiche une discordance angulaire des marno-calcaires cénomano-turoniens sur les différentes formations du Dogger (Fig. 26 A, C), à proximité de la ride de Timsouyal.

On reprend la route R502 sur 2km depuis Aït Bazza, au carrefour, on prend la route provinciale P5115 pour rejoindre le village d'Imouzzer Marmoucha.

Arrêt 16

Le circuit commence à Aïn Tataw, qui se trouve à 2 km à l'est d'Imouzzer Marmoucha. Il relie plusieurs sites naturels de grande beauté sur une distance de 8 km. En commençant par la discordance des formations continentales du Plio-Quaternaire sur les formations marines du Jurassique, suivie par la vallée de l'Oued Marmoucha, la vallée de l'Oued Mamma et la cascade d'Imouzzer Marmoucha.

Les sources Tataw (Fig. 24 F) sont marquées par un débit élevé, 430 L/s (source captée) (Nechad et al. 2014) et une turbidité importante en période de pluie et de neige. Notre visite aux sources Tataw (source captée et source de débordement), a coïncidé avec trois saisons (l'hiver, le printemps et l'été) pendant lesquelles la nappe se comporte différemment. La recharge de la nappe a lieu principalement pendant la période hivernale, ce qui augmente le flux d'eau vers la surface, alors qu'en été, le flux d'eau diminue et les sources de débordement se tarissent. L'eau de la source Tataw a une large utilisation, principalement dans l'alimentation en eau potable d'Imouzzer Marmoucha et dans l'agriculture, principale activité des habitants.

Cette source jaillit dans des formations carbonatées du Jurassique. L'Oued Marmoucha qui en découle traverse des dépôts fluvio-lacustres du Plio-Quaternaire sur lesquels est construite Imouzzer Marmoucha. Ces dépôts continentaux forment une falaise au niveau de laquelle les eaux chutent en une splendide cascade à l'entrée du village (Fig. 27 B), donnant lieu à la formation de plusieurs générations de travertins. La formation de travertins ne se limite pas à la cascade, mais se développe partout au niveau des différentes sources et vallées tout autour d'Imouzzer Marmoucha.

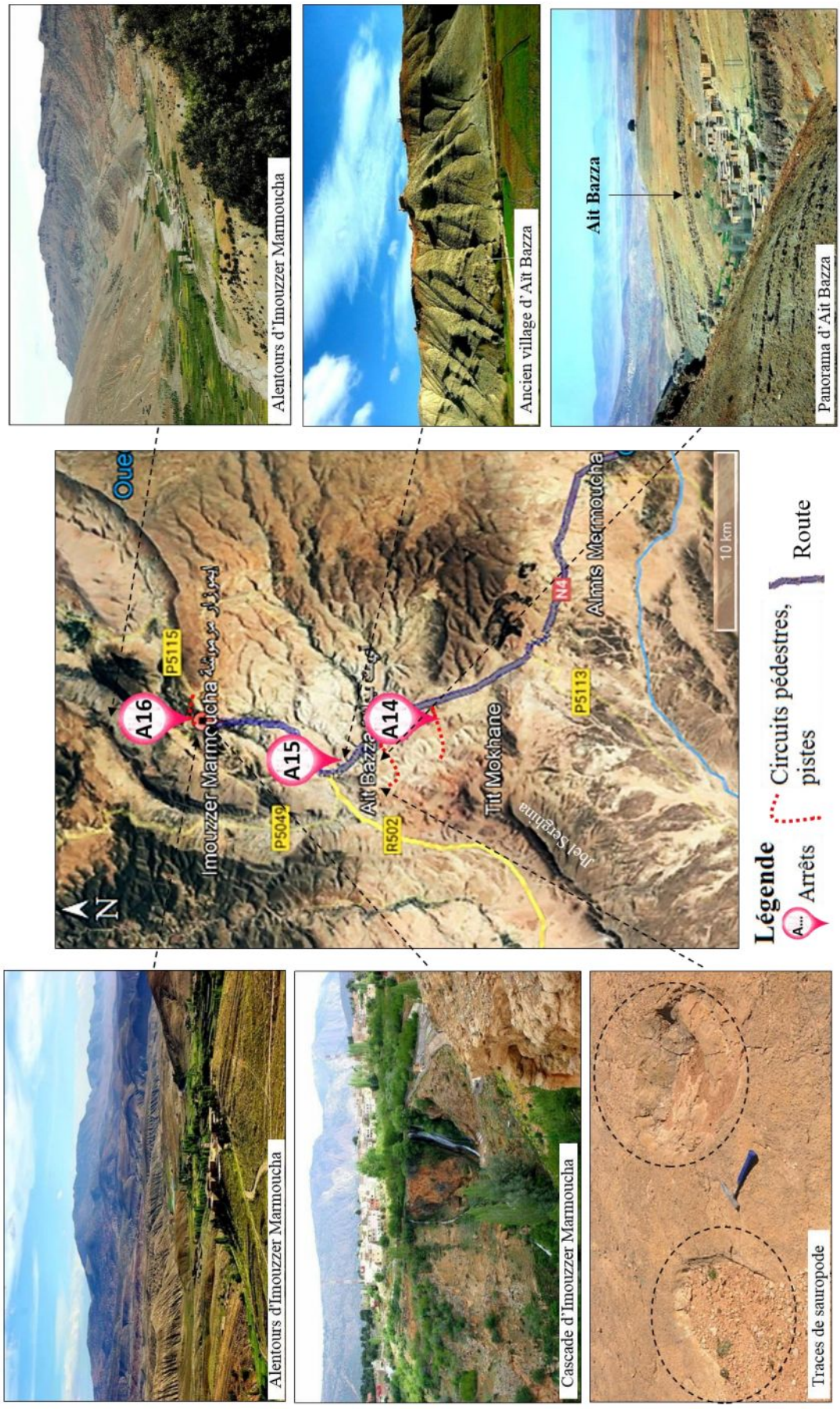


Fig. 49. Circuit multi-intérêts de la région Almis Marmoucha-Imouzzer Marmoucha.

4. Tronçon Imouzzer Marmoucha-Boulemane

Ce dernier tronçon du circuit illustre le patrimoine géologique et géomorphologique entre Imouzzer Marmoucha et Boulemane (Fig. 50).

On rebrousse chemin en reprenant la route P5115 jusqu'au carrefour avec la R502 au niveau du village Aït Makhlouf, et qu'on suit en direction de Boulemane. À environ 1,5 km d'Aït Makhlouf, on prend la route provinciale P5049 en direction de Tilmirate. Le relief imposant du côté droit et en forme de "pain de sucre" est le Jbel Oul Masqir.

Arrêt 17

Les deux premiers kilomètres de ce chemin, abritent quatre sites à caractérisation différentes, hydrologique, morphologique, paléontologique et sédimentologique. Le premier site est Jbel Oul Masqir. Il prend une position stratégique dans le paysage de cet arrêt. Sa position privilégiée (point culminant) lui donne une vue d'ensemble de toutes les zones environnantes. Sa forme conique pourrait le confondre avec un cône volcanique. Ainsi, Jbel Oul Masqir est un massif dont l'ossature est formée par une formation carbonatée du Lias. La série stratigraphique Jurassique débute par des dépôts marins carbonatés du Lias jusqu'aux dépôts lagunaires d'âge Bathonien. Le deuxième site est celui d'Aït Moussa, appelé communément par la population locale "Jerf El Gaz". Au bord de la route et sur la rive droite d'Oued Aït Moussa, le talus de la route montre une alternance de roches calcaires grisâtre à noirâtre (roche réservoir) et des joints marneux (roche mère) (Fig. 24 B) d'âge Domérien supérieur (Assaoud 1994). Ils sont affectés par plusieurs générations de fractures à travers desquelles il y a expulsion du bitume. Ces fractures sont perpendiculaires à la stratification et sont remplies par des cristaux de calcite et de bitume en imprégnation (Assaoud 1994). Dans les niveaux marneux, des teneurs importantes en matière organique (6,15%) ont été révélées (Assaoud 1994). Le remplissage des géodes par ce liquide combustible, connu des autochtones depuis longtemps et a attiré l'attention de la communauté scientifique depuis les années quatre-vingt. C'est un site où la roche mère génératrice et la roche réservoir du pétrole sont situées au même endroit. C'est un site unique dans tout le Moyen Atlas.

Le troisième site est localisé près du Douar d'Issouka, c'est une source thermale (Hamat Skhounat) qui est située dans une zone très faillée, au pied de la montagne Ich Ou Drar. À 7 minutes de marche sur un sentier aménagé sur la rive droite de l'Oued Issouka (Fig. 50), se localise une petite construction (Fig. 24 G), conçue depuis le protectorat et réaménagée en 2018 par les autorités locales. Elle est utilisée comme un bain pour la population locale à tour de rôle

pour les hommes et les femmes. À l'intérieur de la construction, se trouve une petite piscine qui accumule l'eau de la source. Après le réchauffement de l'eau dans les profondeurs, elle suit une zone de faiblesse constituée par un cloisonnement de failles de direction NE-SW qui se prolonge jusqu'à la surface. L'eau chaude de cette source d'environ 31°C, donne aux intéressés des arguments concrets sur l'évolution du gradient géothermique et le flux thermique de la région.

L'arrêt donne l'occasion aussi de visiter d'autres sites d'intérêt paléontologique tel qu'un site fossilifère sur le sentier, riche en ammonites, bélemnites, échinides, brachiopodes, gastéropodes et foraminifères (Aït-Itto et al. 2017).

Arrêt 18

Après le village d'Aït Makhlouf, en direction de Boulemane, en parcourant la route régionale R502 et sur une route menant au village Aït Abdellah, le circuit nous offre l'opportunité de découvrir un gisement fossilifère constitué de brachiopodes et de lamellibranches, situé dans les dépôts marno-calcaires qui surmontent les Calcaires corniches (Fig. 50). Au sommet de Jbel Bou Khamouj, apparait la discordance progressive de Timsouyal (Fig. 26 A, B).

À gauche de la route régionale R 502, en face des deux premiers sites et à environ 3 km, se trouve les dykes de Timsouyal jurassico-crétacé qui affleurent au sein des basaltes et argiles du Trias au nord du Jbel Saïd Ar-Rahim.

Arrêt 19

La route R502 longe la 3ème ride au pied de laquelle apparait par endroit les argiles triasiques qui soulignent le passage l'Accident Sud Moyen Atlasique. À l'est du village Serghina, on peut apercevoir depuis la route une grande carrière de calcite (Fig. 24 D). Cette calcite pure est mise en place dans une zone faillée. Elle est extraite et acheminé vers Casablanca pour y être transformé. Des travaux de prospection révèlent l'existence d'autres réserves. Les essais technologiques effectués sur la calcite ont montré qu'elle présente des caractéristiques prédisposant pour une utilisation dans la fabrication du papier, de la peinture, du caoutchouc, du plastique, etc.

La carrière de Serghina (Fig. 50) présente des caractéristiques importantes du point de vue géologique, morphologique, paysager et éducatif ce qui lui permet d'être un site important de la géodiversité d'intérêt géotouristique par excellence. Sa visite nécessite néanmoins une autorisation de la société exploitante.

Arrêt 20

C'est le dernier arrêt du circuit. Il est situé au bord de la route qui va vers Anjil Ikhatarn en passant par le village Tagnamas. Les Calcaires corniches, qui affleurent sur la rive gauche de l'Oued Tajmoud, montrent des biohermes de coraux de taille variable (Fig. 24 A). C'est le site unique de la région qui présente des récifs édifiés dans les Calcaires corniches. Il témoigne de l'installation d'une plate-forme récifale au Bajocien supérieur dans cette localité.

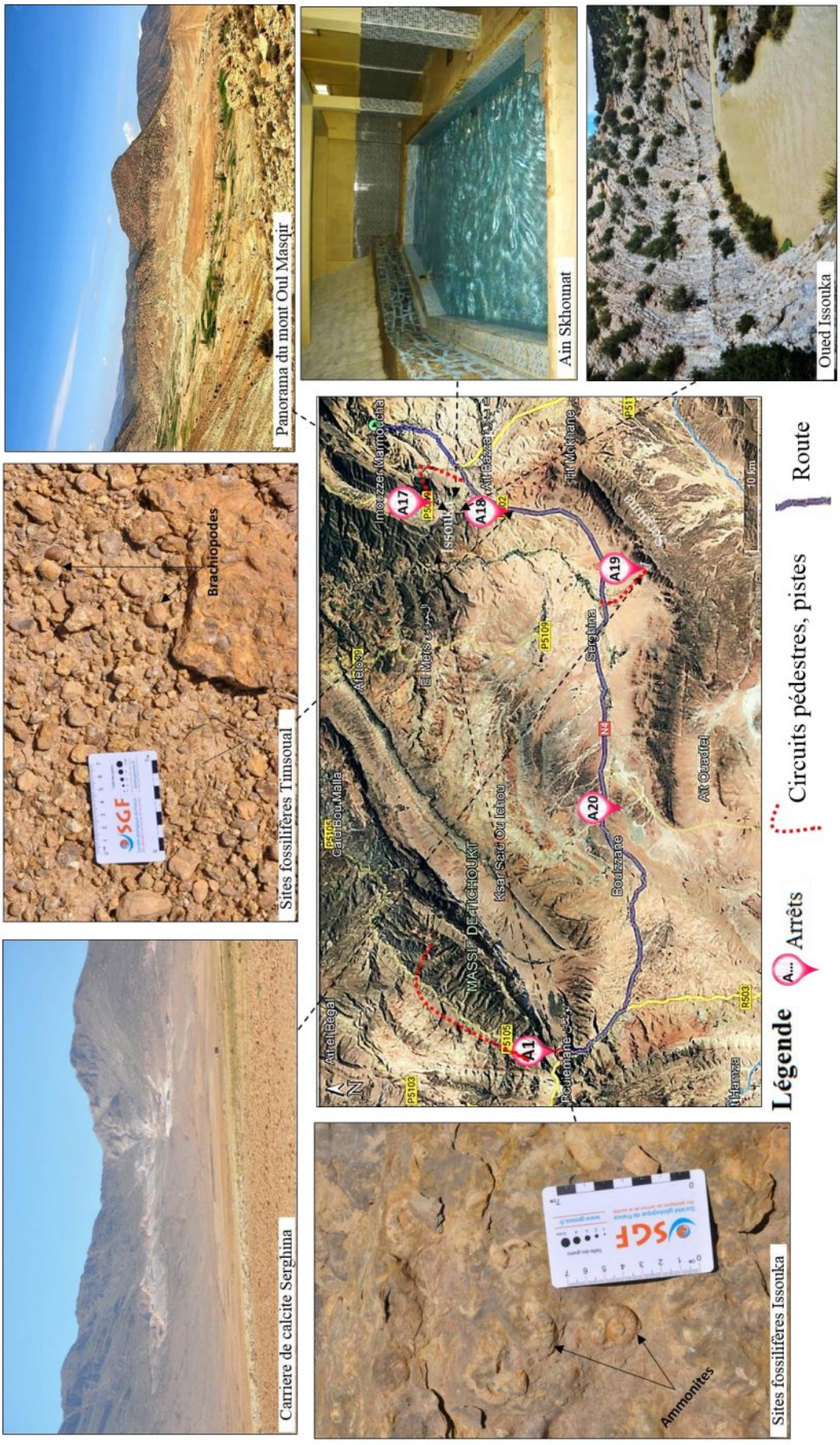


Fig. 50. Circuit multi-intérêts de la région Imouzzer Marmoucha-Boulemane.

II. Exemple de planification de la mise en valeur du patrimoine géologique et géomorphologique du Moyen Atlas plissé et de la plaine de la Moyenne Moulouya

Les voyages vers des destinations éloignées pour découvrir la nature et la culture indigène sont devenus un phénomène croissant (Eagles 2002 ; Urry 1995 ; Brandon 1996) au cours des dernières années. La dimension économique de l'intérêt de transformer la géodiversité en attractions touristiques, offre la possibilité de réduire l'écart entre la conservation des ressources naturelles et le développement communautaire (Lai et Nepal 2006). Dans ce sens et pour assurer la durabilité du développement du géotourisme dans les différentes communautés et la conservation des ressources naturelles, des lignes directrices et des principes de géo-écotourisme doivent être définis et mis en œuvre.

En effet, notre zone de travail renferme des sites de caractérisation multiple, qui se distinguent par un intérêt scientifique très intéressant. Cependant, le manque de sécurité, de transport et d'infrastructures de base, ont réduit la valeur éducative et surtout géotouristique de ces sites.

En plus des sites d'intérêt géologique et géomorphologique, la zone possède un patrimoine écologique, culturel, gastronomique et historique intéressant qui peut jouer un rôle important dans la promotion et la diversité de l'offre touristique.

L'étude scientifique du géopatrimoine, l'identification des sites, l'élaboration d'inventaires ou encore l'élaboration de circuits, ne constituent que la première étape de la valorisation du patrimoine naturel régional et le début de la mise en œuvre d'un géo-écotourisme responsable.

Pour atteindre l'objectif de la réhabilitation touristique de la région, et la conservation de son patrimoine naturel au bénéfice des générations futures, différentes étapes sont à franchir. En premier lieu : i) Des aménagements préalables sont nécessaires, ii) L'intervention des autorités locales et nationales, iii) L'intégration de la population locale dans ce projet de promotion et de développement de la région. En second lieu : la création d'un ou plusieurs géoparcs ou autre type de réserve naturelle.

En effet, le facteur le plus important à prendre en considération est l'implication de la population locale. Il constitue la clé de la réussite de ce type de projet (développement économique et conservation de la nature).

De nombreux projets similaires menés précédemment au Maroc, ont majoritairement échoué (par exemple, les parcs nationaux) et se sont avérés peu efficaces au regard des réglementations imposées par les autorités. Ceci est dû à l'élimination de la population indigène de toutes les

décisions de planification, à la restriction de leur liberté et à l'interdiction de l'exploitation de leurs ressources naturelles, ainsi qu'au manque de communication et de sensibilisation (Wells et Brandon 1992 ; Heinen 1996 ; McNeely 2001). Ce conflit entre les populations autochtones et les autorités locales résulte souvent de l'absence de communication. Il est donc recommandé de faire participer les communautés locales dans les prises de décisions afin de garantir la réussite de tout projets (Wells et Brandon 1993 ; Gurung 1995 ; Mehta et Heinen 2001). En effet, les habitants doivent être responsabilisés et impliqués dans les mesures de conservation importantes (Newmark et Hough 2000 ; Sofield 2003).

Ainsi, selon Lai et Nepal (2006), le succès du géo-écotourisme dans une zone donnée repose sur quatre piliers : i) la conservation des ressources naturelles, ii) la préservation des traditions culturelles, iii) le développement communautaire durable et iv) la participation des populations locales à la planification et à la gestion du géo-écotourisme.

Dans ce sens, et pour réussir cette approche, il est recommandé de réaliser au préalable des enquêtes auprès de la population autochtone (Tab. 34). En effet, les habitants locaux ont une vision globalement constructive des mesures nécessaires à la réalisation du géo-écotourisme dans leurs régions (Lai et Nepal 2006).

L'objectif majeur de ces questionnaires est de mesurer l'attitude et l'intention de la population locale vis-à-vis de la création d'une réserve naturelle et du développement du géo-écotourisme régional. Il est nécessaire de disposer d'informations précises et claires sur les habitants, par exemple : le nombre de résidents, leurs âges, leurs sexes, leurs revenus et leurs emplois. Il est à noter que les résultats obtenus peuvent varier d'une communauté à l'autre en raison de nombreux facteurs.

Autres modèles d'évaluation qui consistent à impliquer et à analyser l'influence du soutien des résidents de la communauté pour le développement du tourisme durable et la durabilité environnementale, sont disponibles, tels que ceux proposés par Lee (2013) et Lee et Jan (2019).

Après avoir franchi toutes les étapes (prospection sur le terrain, identification des sites, élaboration des inventaires, élaboration des circuits, développement des infrastructures de base, collecte des données auprès de la population locale, coopération entre les autorités concernées et les résidents autochtones, implication des associations de tourisme responsable et des propriétaires d'hôtels, d'auberges et de gîtes), il est fortement recommandé de créer une réserve naturelle visant à protéger le patrimoine matériel et immatériel de la région, la valorisation et

la conservation des ressources, le développement économique régional par la promotion d'un géo-écotourisme respectueux de l'environnement.

Tab. 36. Exemple d'un questionnaire dédié à la population locale pour stimuler ses attitudes et intentions envers la création d'une réserve naturelle et la promotion du géo-écotourisme dans la région.

Questionnaire sur l'attitude et l'intention de la population locale à l'égard de la création d'une réserve naturelle et la promotion du géo-écotourisme

Date : ……...Nom de la localité : …….....

Section 1 : Informations générales sur le répondant (le résident autochtone)

1. Sexe :

   ☐ Homme ☐ Femme

2. Nom et prénom :

   ……..

3. Tranche d'âge :

   ☐ Moins de 20ans ☐ De 21ans à 40ans ☐ De 41 ans à 60 ans ☐ Plus de 61

4. Origines :

   ☐ De la région ☐ De la région environnante ☐ Étranger

5. Êtes-vous un résident local fixe, ou visiteur occasionnel ?

   ……

6. Niveau d'éducation

   ☐ Primaire ☐ Secondaire ☐ Universitaire

7. Langue parlée

   ☐Amazigh ☐Arabe ☐ Français ☐Anglais ☐Autres

8. Centre de revenus

   ……..

Section 2 : sondage sur le tourisme dans la région d'après le répondant

1. Que pensez-vous de faire de cette zone une réserve naturelle ?

……
……

2. Que pensez-vous du fait de rendre cette zone touristique ?

……
……

3. Y a-t-il des touristes qui viennent visiter la région ?

☐ Oui ☐ Non

4. Si oui, s'agit-il de visiteurs autochtones, marocains ou étrangers ?

……
……

5. Selon vous, quelles sont les motivations des visiteurs pour se rendre dans cette région ?

☐ Détente et paysages ☐ Études, recherches ☐Activités d'aventure
☐ Culture locale autochtone ☐Autre ….

6. Quand les touristes viennent-ils dans la région ?

☐ Week-end ☐ Congés ☐ Toute l'année ☐ Au cours des fêtes ☐Autres

7. Quels sites les visiteurs fréquentent-ils pendant leur séjour ?

……

8. Les types d'activités que les visiteurs font pendant leur séjour :

☐ Randonnée ☐ Sport ☐ Détente ☐ Pêche
☐ Découverte des sites ☐Autres (à préciser) ….

Section 3 : Préservation du patrimoine et développement du géo-écotourisme

1. Quelle est votre opinion sur la création d'une réserve naturelle destinée à la préservation et au développement du géo-écotourisme dans la région ?

……
……

2. Quelle est la probabilité de votre intégration si une réserve naturelle et le tourisme sont établis dans la région ?

……
……

3. À votre avis, la région a-t-elle besoin d'un développement pour intégrer la composante géo-écotourisme ?

……
……

4. Si oui, quels sont les aménagements qui peuvent être réalisés dans la région ?

……
……

5. Comment évaluez-vous l'intégration de ces composantes ?

☐ Bonne idée ☐ Mauvaise idée ☐ Neutre

6. À votre avis, quels sont les points à améliorer pour intégrer le géo-écotourisme au niveau des structures d'accueil de la région ?

☐ Développement des sentiers ☐ Aménagement des sites ☐ Éclairage écologique
☐ Alimentation Eco-hydrique ☐ Signalisation environnementale ☐ Recyclage des déchets
☐ Offre des circuits géo-écotouristiques guidés ☐ Balisage des circuits
☐ Offre de produits géo-écotouristique ☐ Cuisine locale et produits terroirs
☐ Autre : …….....

7. À votre avis, le géo-écotourisme communautaire peut-il contribuer au développement durable ?

……
……

III. Conclusion

Quatre tronçons de circuit multi-intérêts ont été proposés afin d'illustrer le riche patrimoine géologique et géomorphologique des régions de Boulemane-Missour et d'Adrar Bou Naceur. Chacun de ces tronçons offre une expérience unique et permet aux visiteurs de découvrir des sites exceptionnels.

Le premier tronçon met en avant le géopatrimoine entre Boulemane et Missour, avec huit arrêts qui offrent un aperçu fascinant de la géologie et de la géomorphologie de la région. Les visiteurs pourront explorer un patrimoine paléontologiques spectaculaires, des paysages karstiques et des vallées profondes, tout en apprenant sur l'histoire géologique de la région.

Le deuxième tronçon se concentre sur le patrimoine géologique et géomorphologique entre Missour et Oulad Ali, en cinq arrêts captivants. Les visiteurs auront l'occasion d'admirer des formations montagneuses majestueuses, des canyons impressionnants et des phénomènes géologiques uniques. Ce tronçon met en évidence la diversité géologique de la région et permet aux visiteurs d'apprécier la beauté saisissante de ces paysages naturels.

Le troisième tronçon relie Almis Marmoucha et Imouzzer Marmoucha, en offrant trois arrêts d'intérêt géologique et géomorphologique. Ce tronçon met en valeur des caractéristiques géologiques particulières, telles que les formations sédimentaires anciennes, les discordances progressives et angulaires et la cascades impressionnantes d'Imouzzer Marmoucha. Les visiteurs auront l'opportunité d'en apprendre davantage sur la façon dont ces formations se sont développées au fil du temps et sur l'influence de la géologie et la tectonique sur le paysage de la région.

Enfin, le quatrième tronçon, composé de quatre arrêts, conclut le circuit en beauté. Il permet aux visiteurs d'explorer des sites géologiques remarquables, tels que, la source thermale d'Issouka. Ce tronçon offre une expérience immersive dans le patrimoine géologique et géomorphologique de la région de Boulemane-Missour.

En plus de la conception de ces circuits, un exemple de valorisation du patrimoine géologique et géomorphologique dans le Moyen Atlas plissé et la plaine de la Moyenne Moulouya a également été proposé. L'objectif de cette initiative est de préserver, valoriser et promouvoir le géopatrimoine de ces deux régions tout en impliquant activement la population locale. Il est essentiel d'intégrer les communautés autochtones dans le processus de valorisation afin de favoriser une prise de conscience accrue de l'importance de ce patrimoine naturel et de garantir sa protection à long terme.

Chapitre VI : Synthèse, conclusion, recommandation

Synthèse

Ce travail répond en partie à un programme régional de développement géotouristique. De nombreux objectifs ont donc été définis dans le cadre de ce projet de thèse. Dans un premier temps, l'étude bibliographique, la délimitation de la zone d'étude et l'identification des sites, sont les réalisations que nous avons pu mener à bien lors des différentes missions de terrain que nous avons effectuées, avant de procéder à la concrétisation d'une méthodologie de travail complète, adaptable à notre zone de travail. En second lieu, nous avons inventorié séparément les sites de la région de Boulemane-Missour et ceux de la région de Bou Naceur. Par la suite, nous avons développé un circuit géotouristique à intérêts multiples. Enfin, nous avons proposé un plan de valorisation du patrimoine géologique et géomorphologique de la zone d'étude.

En effet, la zone d'étude constitue une région patrimoniale extrêmement riche où se côtoient des monuments naturels divers et particulièrement remarquables. Cela se traduit à la fois par des sites géologiques et géomorphologiques, ce qui a nécessité un inventaire complet et une évaluation des différentes valeurs des sites. L'objectif de cette démarche est de fournir un outil de gestion environnementale et d'utilisation dans un contexte de géoconservation.

De nombreux travaux de recherche ont souligné à quel point les inventaires de sites géopatrimoniaux sont importants en tant qu'outil de gestion environnementale (Santos-González et Marco-Reguero 2019 ; Santos et al. 2020). Cela nécessite le développement de méthodologies fiables, applicables à tous les types de sites géopatrimoniaux et facilement interprétables. Dans ce sens, nous avons développé une nouvelle méthode d'évaluation, fruit de la fusion de trois méthodologies, celle de Brilha (2016), González-Guerrero et al. (2016) et Santos et al. (2020), modifiées et adaptées à notre concept. Les modifications effectuées portent sur l'ajout et la suppression de certains critères d'évaluation, la classification et la pondération en plus de l'intégration de l'étape d'évaluation spécifique dans le processus.

Concernant les résultats acquis dans la région de Boulemane-Missour, 42 sites ont été inventoriés, comprenant 29 géosites et 13 géomorphosites, pour lesquels nous avons retenu 15 géosites et 6 géomorphosites dans l'évaluation quantitative sur la base d'un seuil de 12 sur 16 portants sur les paramètres centraux.

En ce qui concerne la région de Bou Naceur, l'évaluation spécifique a été appliquée pour les 22 sites sélectionnés. Dix sites ont ainsi été retenus pour être évalués quantitativement, dont 6

géosites et 4 géomorphosites, sur la base d'un seuil de 11 sur 16 pour le score relatif aux paramètres centraux.

Le fait de retirer les autres sites de l'évaluation quantitative ne signifie pas qu'ils n'ont pas de valeur scientifique, éducative, géotouristique, écologique, esthétique et/ou culturelle, mais implique qu'ils sont moins représentatifs et qu'ils présentent un intérêt géologique ou géomorphologique modéré ou qu'ils ne sont tout simplement pas rares dans la région.

Cette séparation des zones de travail malgré leur proximité, s'explique par le fait que la région de Bou Naceur a fait l'objet de rares études géologiques et géomorphologiques, contrairement à la région de Boulemane-Missour qui a bénéficiée de plusieurs recherches. L'interprétation et l'évaluation des sites d'une région qui se caractérise par une connaissance scientifique avec d'autres qui ne le sont pas donnent des résultats erronés, de sorte que plusieurs sites pertinents seront éliminés de l'évaluation quantitative et d'autres apparaîtront, étant donné que l'évaluation des paramètres centraux change. Dans ce sens, nous avons jugé nécessaire d'inventorier les sites des deux régions séparément et ensuite les regrouper pour obtenir un meilleur résultat.

En effet, les 21 sites évalués quantitativement ont une valeur scientifique supérieure à 70%, reflétant l'intérêt géologique et géomorphologique de la zone d'étude. Ces sites présentent ainsi, une valeur éducative attractive non négligeable. Cependant, le manque d'infrastructures de base et l'éloignement des grandes villes affectent la valeur géotouristique qui reste faible pour la majorité des sites de la région de Bou Naceur, contrairement à la région de Boulemane-Missour qui se caractérise par une infrastructure acceptable. Il en va de même pour la valeur écologique, qui est fortement affectée par le climat semi-aride et l'utilisation irrationnelle des ressources naturelles. Quant aux valeurs importantes qui attirent un large public, notamment les valeurs culturelles et esthétiques, elles sont satisfaisantes. Les facteurs de risque de dégradation de la majorité des sites sont faibles, car il n'y a pas de facteurs majeurs qui pourraient augmenter la fragilité et la vulnérabilité des sites. Cependant, les sites hydriques et paléontologiques sont les seuls à présenter un risque modéré de dégradation, expliqué par un accès facile, une utilisation irrationnelle et un trafic illicite. Dans ce sens, nous avons décidé de quantifier la capacité de charge touristique pour les sites les plus détériorés, les plus attractifs et les plus visités des deux régions.

Nous jugeons, en vue des résultats obtenus, que la méthodologie utilisée est parfaitement applicable aux géosites et géomorphosites quelles que soient leurs caractérisations. De plus, la géodiversité de la zone d'étude peut désormais être utilisée à des fins scientifiques, éducatives et également géotouristiques.

Conclusion générale

Le Moyen Atlas plissé et la plaine de la Moyenne Moulouya sont caractérisés par un nombre important de sites en excellent état de conservation, qui peuvent être utilisés comme des ressources précieuses pour le développement économique local.

L'aspect géologique et géographique est évidemment bien adapté aux contextes naturels et historiques de notre zone de recherche. Cependant, cet important patrimoine est aujourd'hui peu valorisé et méconnu du public touristique. Il est donc essentiel de susciter l'intérêt scientifique, pédagogique et d'attirer l'attention des visiteurs, par des moyens appropriés, afin de mieux faire connaître ce patrimoine non renouvelable.

En effet, cette zone renferme une immense diversité géologique et géomorphologique qui se révèle spectaculaire sur le terrain. Dans ce travail, nous avons présenté l'un des aspects géologiques et géomorphologiques du Moyen Atlas plissé et de la plaine de la Moyenne Moulouya, sur la base d'une méthodologie d'évaluation globale, accompagnée d'une proposition intégrale pour le développement et la valorisation du territoire. Ces aspects correspondent essentiellement à des géosites et géomorphosites exemplaires d'une caractérisation multiple. En effet, lorsque le patrimoine naturel a une dimension kilométrique, il est possible d'en apprécier la splendeur et de susciter un intérêt scientifique, éducatif et géotouristique. Ces sites sont, en particulier, susceptibles d'éveiller la curiosité et l'attention des géologues, géographes et des amateurs de tourisme de nature. Ils permettent d'admirer et de contempler les aspects géologiques et géomorphologiques créés par différents processus géoscientifiques au cours de la longue histoire géologique de la région.

La présente étude du territoire consiste en un premier inventaire des sites géologiques et géomorphologiques dont l'objectif est de fournir un outil permettant aux gestionnaires et aux décideurs, de prendre conscience de l'importance de ce type de patrimoine en l'intégrant dans une politique de développement, et en soutenant les actions de géoconservation et de protection pour un développement socio-économique durable. La réalisation de cette équité peut se faire à travers la promotion d'un géotourisme responsable et la proposition de circuits géo-éducatifs et géo-écotouristiques, en y intégrant le patrimoine culturel locale (monuments historiques, folklore amazigh, produits locaux et artisanaux, traditions culinaires, et autres).

En effet, les différents géosites et géomorphosites identifiés sont classés et évalués en adoptant trois procédures d'évaluation récentes, fusionnées, modifiées et adaptées à notre concept. La majorité des sites ont une valeur scientifique significative et diverses valeurs supplémentaires,

à savoir : i) une valeur éducative ; ii) une valeur géotouristique ; iii) une valeur écologique, esthétique et/ou culturelle.

Ce processus d'évaluation est divisé en trois étapes principales : l'évaluation préliminaire, l'évaluation spécifique et l'évaluation quantitative. La collecte de données bibliographiques et l'étude sur le terrain et l'identification des sites constituent la première étape. Ensuite, nous procédons à l'évaluation spécifique. Suite à cette étape, deux listes ont été élaborées, respectivement pour les géosites et pour les géomorphosites. Les différents sites ont été identifiés et évalués selon des paramètres et des scores qui conditionnent le choix de chaque site. Seuls les sites ayant atteint un maximum de points ont été retenus. La dernière étape consiste en l'évaluation quantitative des géosites et géomorphosites sélectionnés. Ceci se traduit par une évaluation de leurs valeurs scientifiques, éducatives, géotouristiques, écologiques, culturelles et esthétiques, de leur degré de dégradation et de leur capacité touristique.

Au terme de cette étude, nous constatons que les régions de Boulemane-Missour et de Bou Naceur possèdent un patrimoine géologique et géomorphologique très riche et varié. L'ensemble des sites étudiés présente une valeur scientifique importante et des valeurs complémentaires diversifiées telles que des valeurs éducatives, géotouristiques, écologiques, esthétiques et/ou culturelles. Cependant, en raison de l'isolement de ces zones et de l'éloignement des centres urbains, ce patrimoine reste peu visité et moins connu du grand public. Il est nécessaire de faire des efforts pour la valorisation et la promotion de ces richesses. La réhabilitation des infrastructures de base, la signalisation routière et le balisage des sentiers sont des mesures essentielles pour assurer l'accueil et la sécurité des visiteurs. La géoconservation de ce patrimoine passe d'abord par une étude pluridisciplinaire pour identifier ses atouts et sa vulnérabilité, et par la sensibilisation de la population locale à la valeur incommensurable de son patrimoine, qu'il soit géologique, biologique ou culturel. L'utilisation de ce patrimoine dans le développement d'un géotourisme responsable ne peut être que bénéfique pour l'ensemble de la région en termes de création d'emplois et de diversification des revenus.

40 géosites et 24 géomorphosites ont été inventoriés dans le but de valoriser le territoire. C'est pourquoi il nous a semblé utile de les mettre en réseau afin de constituer des itinéraires géotouristiques. Ces itinéraires ont été conçus pour découvrir l'histoire géologique et géomorphologique de cette zone à travers l'ensemble des sites identifiés. Plusieurs itinéraires peuvent être développés. Ce réseau d'itinéraires sera rendu accessible via un site internet afin de contribuer au développement touristique et économique de la région, et de constituer une

base de données en libre accès afin qu'elle puisse être modifiée par des chercheurs pour multiplier l'offre touristique et repérer d'autres sites.

On résume donc l'apport et l'intérêt de cette étude par les points suivants :

1- Identification des sites d'intérêt scientifique, éducatif et géotouristique ;
2- Étude approfondie des potentialités scientifiques, éducatives et géotouristiques du Moyen Atlas plissé et de la plaine de la Moyenne Moulouya sur la base d'une méthodologie fiable et adaptable à cette région ;
3- Développement de l'offre géotouristique dans la région et vulgarisation des géosciences afin qu'elles soient comprises par le grand public ;
4- Fournir aux étudiants en sciences de la terre une illustration des différents phénomènes géologiques et géomorphologiques régionaux ;
5- Mettre à la disposition des acteurs touristiques locaux de nouveaux sites potentiels dans le cadre de circuits pluridisciplinaires à caractère géo-écotouristique et culturel ;
6- Encourager les autorités publiques à prendre conscience de l'importance de ce type de patrimoine géologique et géomorphologique en les incluant dans une politique de géoconservation ;
7- Valoriser les produits touristiques fondamentaux tels que le folklore amazigh, les produits du terroir et les traditions gourmandes...
8- L'utilisation d'une approche méthodologique pour développer, valoriser et géoconserver le patrimoine naturel sur une base bien définie.

Recommandations

L'intégration de ces géosites et géomorphosites dans les traditionnels circuits touristiques régionaux et nationaux rendra sans aucun doute la région plus attractive et favorisera un tourisme responsable et respectueux de l'environnement, contribuant ainsi au développement socio-économique du territoire.

Cependant, la mise en valeur et la commercialisation de tous ces atouts reposent sur la réalisation de mesures de conservation et d'exploitation rationnelle. Ainsi que, par la conscientisation de la population locale par la signification de leur patrimoine naturel et culturel. En ce sens et pour que les sites prospectés jouent un rôle dans le développement économique de la région, un travail de mise en valeur est nécessaire, entre autres :

- Développement et installation d'infrastructures de base (routes goudronnées, ...) ;
- Sensibilisation des populations riveraines pour développer des actions attractives pour les touristes, comme : les services d'hébergement par la création de gîtes, la restauration, l'accompagnement (randonnées, balades à dos de mulet, ...) ;
- Médiatisation en adoptant un dispositif de communication performant fondé sur la mise en place d'ateliers, de séminaires et de journées d'études... ;
- Mise en place de sentiers géotouristiques balisés et élaboration de cartes et de dépliants touristiques comportant les informations nécessaires sur les circuits et les sites à visiter ;
- Constitution d'une association axée sur le géotourisme et l'éducation environnementale, à laquelle devraient participer les différentes composantes de la société, notamment les universitaires, les acteurs politiques, les jeunes de la région et toutes les personnes concernées par le géotourisme et le tourisme durable ;
- Protection des richesses paléontologiques contre le commerce illégal ;
- Géo-conservation des ressources géologiques et géomorphologiques par la création d'une ou plusieurs réserves protégées.

Liste des abréviations

RCC : Capacité de charge réelle
PCC : Capacité de charge physique
MG : Capacité de gestion
ECC : Capacité de charge effective
TCC : Capacité de charge touristique
GGN : Réseau Mondial des Géoparcs
PIGP : programme international de géosciences et de géoparcs
UISG : l'Union Internationale des Sciences Géologiques
PICG : programme international des géosciences
UNESCO : Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture
APGGQ : Association professionnelle des géologues et des géophysiciens du Québec
ANMA : Accident Nord Moyen Atlasique
TTF : Faille de Tizi n'Trhetten
NMAF, ANMA : Accident Nord Moyen Atlasique
SMAF, ASMA : Accident Sud Moyen Atlasique.
VS : Valeur scientifique
PEU : Utilisation éducative potentielle
PTU : Utilisation touristique potentielle
DR : Risque de dégradation
OMT : Organisation Mondiale du Tourisme
UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature et des Ressources Naturelles
NGS : National Geographic Society
JPDC : Jeju Province Development Corporation
FSoc, FS : Facteur social
FCero, FE : Érodabilité
FCacc, FA : Accessibilité
FCct, FZ : Saisonnalité
SV : Valeur Scientifique
EV : Valeur Éducative
TV : Valeur Géotouristique
EcV : Valeur Écologique
CV : Valeur Culturelle
EsV : Valeur Esthétique
DR : Risque de Dégradation
DRG : Distance requise par groupe
GR : Nombre des groupes qui peuvent être rencontrés sur la piste
ML : Magnitude limite du sentier
S : Longueur du sentier
SP : Espace requis par les visiteurs
NV : Nombre de fois que la zone peut être visitée par la même personne en une journée
Hv : Horaire d'ouverture
Tv : Temps nécessaire à la visite
PG : Personnes par groupe
DG : Distance entre les groupes
L : Longueur du sentier
mp : Nombre total du parcours en mètre
St_1 : Nombre de mètres où il y a le type de sol 1
St_2 : Nombre de mètres où il y a le type de sol 2
St_3 : Nombre de mètres où il y a le type de sol 3
Wg : Pondération (weighing).
Hd : Nombre de mètres où il y a une haute difficulté de marche (la pente)
Md : Nombre de mètres à difficulté moyenne (la pente)
Ld : Nombre de mètres où il n'y a pas de difficulté (pas de pente)
Cd : Jours de fermeture
DY : les jours de l'année
SIBE : Site d'intérêt biologique et écologique

Liste des figures

Figure 1 : Carte géologique simplifiée du Moyen Atlas et de la plaine de la Moulouya (Ech-charay et al. 2022). Redessinée à partir de la carte 1 millionième du Maroc (Hollard et al. 1985).

Figure 2 : Les différentes étapes de la méthodologie de travail que nous avons adoptée.

Figure 3 : Schéma explicatif du tourisme durable (modifié d'après l'Organisation Mondiale du Tourisme 2004).

Figure 4 : Exemple de fossiles commercialisés provenant du Paléozoïque du sud-est du Maroc (région d'Erfoud).

Figure 5 : Géoparcs mondiaux (UNESCO 2021). Sites : https://www.unesco.org/fr ; https://fr.unesco.org/programme-international-geosciences-et-geoparcs

Figure 6 : Diagramme ombrothermique de la région de Boulemane sur la base de moyenne de 30 dernières années.

Figure 7 : Les principaux Oueds et sources dans la zone d'étude.

Figure 8 : Carte géologique simplifiée du Moyen Atlas. Redessinée à partir de la carte géologique marocaine au 1 : 1000000 (Hollard et al. 1985).

Figure 9 : Coupe géologique simplifiée à travers le Moyen Atlas (voir situation Fig. 8).

Figure 10 : Carte géologique de la région étudiée extraite de la carte 1 :1000000 (Hollard et al. 1985).

Figure 11 : Colonne lithostratigraphique du Moyen Atlas (Charrière et al. 2011).

Figure 12 : Carte géologique de l'anticlinal de Tichoukt (Oukassou et al. 2019 modifiée).

Figure 13 : Coupe schématique à travers la ride de Tichoukt (voir situation Fig. 12).

Figure 14 : Carte géologique de la dépression d'Iwansitn et du Jbel Amrar (reproduite d'après Fedan 1988) et coupe du passage Aalénien-Bajocien inférieur (redessinée d'après Benshili 1989).

Figure 15 : Carte géologique de la ride des Marmoucha (reproduite d'après Fedan 1988).

Figure 16 : Carte simplifiée (A) et coupe transversale (B) à travers le front sud du Moyen Atlas et le bassin de Missour (Ech-charay et al. 2022) (Carte inspirée de la carte géologique d'Oujda, 1/500000, les structures profondes de la coupe transversale sont inspirées de Laville et al. 2007).

Figure 17 : Classification spatiale des géomorphosites (traduit de Perret 2014).

Figure 18 : Interaction des capacités d'accueil (Cifuentes 1992).

Figure 19 : Diagramme des différentes étapes de la méthodologie utilisée (Ech-charay et al.2022 modifiée).

Figure 20 : Représentation 3D de la région Boulemane-Missour.

Figure 21 : Photos de quelques géosites de la région de Boulemane.

Figure 22 : Terminaison périanticlinale SW du Jbel Amrar.

Figure 23 : Vue de quelques géosites et géomorphosites.

Figure 24 : Panorama de quelques géosites.

Figure 25 : Photos de quelques géosites d'Aït Bazza.

Figure 26 : Photo Google Earth de la région de Timsouyal.

Figure 27 : Panorama de quelques géomorphosites.

Figure 28 : Quelques géomorphosites et géosites de la dépression d'Iwansitn.

Figure 29 : Vue panoramique de quelques géomorphosites.

Figure 30 : Représentation graphique des résultats des valeurs scientifiques, éducatives, géotouristiques, écologiques, culturelles et esthétiques et du risque de dégradation des sites.

Figure 31 : Localisation des sites sélectionnés sur une photo satellitaire.

Figure 32 : Ammonites des couches d'Iwansitn. La photo de gauche est prise sur le terrain ; celle de droite est une collection de l'Institut Scientifique de Rabat (in Fedan et El Hassani 2018).

Figure 33 : Carte géologique de la région du col de Tizi Nehassa (extrait de la carte géologique 1 :1000000) et coupe schématique au niveau du flanc sud de ma 4^{éme} ride.

Figure 34 : Vue panoramique des Hoodoos de Dwira.

Figure 35 : Cascade d'Imouzzer Marmoucha.

Figure 36 : Représentation 3D de la région de Bou Naceur.

Figure 37 : Limite de la zone d'étude (ligne blanche) et sélection préliminaire des sites (Ech-charay et al.2022).

Figure 38 : Vue de quelques géosites de la zone Ighzer Izelfane- Tittaouine.

Figure 39 : Vue panoramique de la crête de Bou Naceur depuis la plaine de la Moulouya.

Figure 40 : Quelques géomorphosites de la zone de Tsiouant,

Figure 41 : Unités géomorphologiques de la vallée des Aït Hassane.

Figure 42 : Représentation graphique des résultats des valeurs scientifique, éducative, géotouristique, écologique, culturelle et esthétique et du risque de dégradation des sites.

Figure 43 : Représentation de la région Bou Naceur, de la localisation des sites sélectionnés et des résultats de l'évaluation des valeurs scientifiques, éducatives, géotouristiques, écologiques, culturelles, esthétiques et du risque de dégradation des sites (Ech-charay et al. 2022).

Figure 44 : Jbel Bou Naceur recouvert de neige en hiver contrastant avec l'aridité de la plaine de la Moyenne Moulouya au premier plan.

Figure 45 : Vue de l'une des parties étroites des Gorges Tsiouant.

Figure 46 : Circuit multi-intérêts proposé dans la région étudiée.

Figure 47 : Circuit à multi-intérêts de la région Boulemane-Missour.

Figure 48 : Circuit multi-intérêts de la région Missour-Oulad Ali.

Figure 49 : Circuit multi-intérêts de la région Almis Marmoucha-Imouzzer Marmoucha.

Figure 50 : Circuit multi-intérêts de la région Imouzzer Marmoucha-Boulemane.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Production animale de la province de Boulemane (RGPH 2011).

Tableau 2 : Population de la province de Boulemane.

Tableau 3 : Critères utilisés dans l'évaluation qualitative des critères sélectionnés (Brilha 2016).

Tableau 4 : Données de caractérisation des géosites et des sites de géodiversité (Brilha 2016).

Tableau 5 : Critères utilisés pour l'évaluation du risque de dégradation (Brilha 2016).

Tableau 6 : Critères et notes pour l'évaluation préliminaire des sites (Santos et al. 2020).

Tableau 7 : Caractérisation des géomorphosites incluant les résultats de l'évaluation quantitative.

Tableau 8 : Paramètres d'évaluation des valeurs scientifiques, éducatives et géotouristiques et leurs pondérations (Santos et al. 2020).

Tableau 9 : Indicateurs pour évaluer les paramètres de base (Santos et al.2020).

Tableau 10 : Indicateurs pour évaluer les valeurs additionnelles (Santos et al.2020).

Tableau 11 : Indicateurs pour l'évaluation des paramètres de promotion (Santos et al. 2020).

Tableau 12 : Indicateurs pour l'évaluation des risques de dégradation (Santos et al. 2020).

Tableau 13 : Valeurs pour l'évaluation des paramètres dans MC (Cifuentes et al. 1999)

Tableau 14 : Classification et critères d'identification et d'évaluation des sites de la liste préliminaire (adaptée d'après Brilha 2016 ; Santos et al. 2020).

Tableau 15 : Critères d'évaluation quantitative adoptés de Brilha (2016) et de Santos et al. (2020).

Tableau 16 : Critères utilisés pour l'évaluation du risque de dégradation des géosites et des géomorphosites.

Tableau 17 : Les types de sols et leur sensibilité à l'érosion (González-Guerrero et al. 2016).

Tableau 18 : Le niveau de la pente et l'érodabilité (González-Guerrero et al. 2016).

Tableau 19 : Les différents critères de quantification de la capacité de gestion et leurs pondérations.

Tableau 20 : Fiche descriptive pour chaque site sélectionné (Santos et al. 2020 modifiée).

Tableau 21 : Liste préliminaire des géosites étudiés dans la région Boulemane-Missour.

Tableau 22 : Liste préliminaire des géomorphosites étudiés.

Tableau 23 : Résultats de l'évaluation quantitative des valeurs scientifiques, éducatives, touristiques, écologiques, culturelles et esthétiques et du risque de dégradation des sites sélectionnés.

Tableau 24 : Description complète du géosite Couches d'Iwansitn.

Tableau 25 : Description complète du géosite : col de Tizi Nehassa.

Tableau 26 : Description complète du géomorphosite Hoodoos de Dwira.

Tableau 27 : Description complète du géomorphosite : Cascade d'Imouzzer Marmoucha.

Tableau 28 : Liste préliminaire des géosites étudiés.

Tableau 29 : Liste préliminaire des géomorphosites étudiés.

Tableau 30 : Résultats de l'évaluation quantitative des valeurs scientifiques, éducatives, touristiques, écologiques, culturelles, esthétiques et du risque de dégradation des sites sélectionnés.

Tableau 31 : Description complète du géosite de Bou Naceur.

Tableau 32 : Description complète du géomorphosite des Gorge Tsiouant.

Tableau 33 : Les différentes géosites et géomorphosites inventoriées, leurs localités et l'âge des terrains les abritant.

Tableau 34 : Évaluation quantitative complète des différents géosites inventoriés.

Tableau 35 : Évaluation quantitative complète des différentes géomorphosites inventoriés.

Tableau 36 : Exemple d'un questionnaire dédié à la population locale pour stimuler ses attitudes et intentions envers la création d'une réserve naturelle et la promotion du géo-écotourisme dans la région.

Références bibliographiques

Abdelmounji A, El Hassani El Amrani I, Remmal T, El Kamel F, Van Wyk de Vries B, Boivin P. (2019). Geomorphological classification and landforms inventory of the Middle-Atlas volcanic province (Morocco): scientific value and educational potential. Quaest Geogr 38:107–129. https:// doi. org/ 10. 2478/ quageo- 2019- 0010.

Ait-Itto F Z, Price G D, Ait Addi A, Chafiki D, Mannani I. (2017). Bulk-carbonate and belemnite carbonisotope records across the Pliensbachian-Toarcian boundary on the northern margin of Gondwana (Issouka, Middle Atlas, Morocco). Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 466, 128–136. https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2016.11.014.

Ait Omar T, Taïbi A N, Hannani M, Khalki Y. (2019). Géomorphosite karstique d'Aïn Asserdoune, Atlas de Béni Mellal (Maroc) : inventaire, évaluation et mesures de durabilité. Journal International des Géosciences et de l'Environnement, dynamique environnementale, p 249–255. https:// doi. org/ 10. 4000/ dynen viron. 4604

Amrani A, EL Wartiti M, Marini A, Zahraoui M, Naitza L. (2006). Analyse du dynamisme morphogénétique du bassin de la Haute et Moyenne Moulouya (Maroc) par couplage d'imagerie landsat et du modèle numérique de terrain Télédétection. Télédétection, 5(4), 379–391.

Andreu B. (1993). Associations d'ostracodes et paléoenvironnement au passage Cénomanien-Turonien dans les régions d'Agadir (Haut Atlas) et de Boulemane (Moyen Atlas), Maroc. Cretaceous Research 14, 409-429.

Anon. (2006). Walpole Wilderness Area adjacent Parks and Reserves Draft Management Plan. Department of Environment, and Conservation Commission of Western Australia. Perth, WA.

Aoulad-Sidi-Mhend A, Maaté A, Amri I, Hlila R, Chakiri S, Maaté S, Martín-Martín M. (2019). The geological heritage of the Talassemtane National Park and the Ghomara coast natural area (NW of Morocco). Geoheritage 11(3) :1005–1025. https:// doi. org/ 10.1007/ s12371- 019- 00347-4.

APGGQ. (2000). La politique du patrimoine culturel du Québec, Montréal. Mémoire déposé par l'Association professionnelle des géologues et des géophysiciens du Québec au Groupe Conseil sur la politique du patrimoine culturel du Québec, Montréal, avril 2000.

Assaoud S. (1994). Étude organo-géochimique et intérêt pétrolier des faciès liasiques du Nord du Maroc : le Moyen Atlas et les bassins voisins : Moyenne Moulouya et sud Rifain. Université Tunis, 243p.

Arrad TY, Errami E, Ennih N. (2018). From scientific inventory to socio-economic sustainable development: Tidzi Diapir geosite (Essaouira basin, Morocco). J Chem Biol Phys Sci 9(1):1–17

Arrad TY, Errami E, Ennih N, Ouajhain B, Bouaouda MS. (2019). From geoheritage inventory to geoeducation and geotourism implications: insight from Jbel Amsittene (Essaouira province, Morocco). J A Earth Sci 161:103656. https:// doi. org/ 10. 1016/j.jafre arsci. 2019. 103656

Baadi K, Sabaoui A, Tekiout B. (2020). Methodological proposal for assessment geosites: its application in Bou-Iblane region (Middle Atlas, Morocco). Geoheritage 12:55. https://doi.org/10.1007/s12371-020-00476-1.

Baadi K, Amine A, Tefogoum G Z, Sabaoui A, Tekiout B. (2021a). Volcanic geosites assessment in the Plio-Quaternary Azrou-Timahdite Plateau (Middle Atlas, Morocco). J. A. Earth Sci 184:104352. https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2021.104352 .

Baadi K, Lebreton B, Sabaoui A, Atrops F. (2021b). The Karst of the Northern Middle Atlas (Morocco): An Invaluable Heritage to Inventory. Geoheritage 13, 37 .https://doi.org/10.1007/s12371-021-00559-7

Baczyńska E, Lorenc MW, Kazmierczak U. (2017). The landscape attractiveness of abandoned quarries. Geoheritage, 1–15. https://doi.org/10.1007/s12371-017-0231-6 .

Barbier E B. (1987). The Concept of Sustainable Economic Development. Environmental Conservation 14 (2), 101-110.

Bassoullet J P, Lachkar G, Baudin F, Benshili K, Blanc P, Boutakiout M, Depêche F, Elmi S, Ruget C. (1991). Stratigraphie intégrée dans le Toarcien du Maroc (rides sud-rifaines et Moyen Atlas). Bull. Soc. Géol. Fr. 162, 825–839.

Beauchamp W, Barazangi M, Demnati A, El Alji M. (1996). Intracontinental rifting and inversion: Missour Basin and Atlas Mountains, Morocco. AAPG Bull 80:1459–1482

Bejjaji Z. (2007). Biostratigraphie, paléoenvironnements et paléoécologie des foraminifères toarciens du Moyen Atlas. Thèse de Doctorat Université Mohammed V, Rabat, 231 pp.

Bejjaji Z, Chakiri S, Reolid M, Boutakiout M. (2010); Foraminiferal biostratigraphy of the Toarcian deposits (Lower Jurassic) from the Middle Atlas (Morocco). Comparison with western Tethyan areas. Journal of African Earth Sciences 57, 154–162. https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2009.08.002.

Benhammou M. (1997). Nouveaux rongeurs du Miocène continental du Jebel Rhassoul (moyenne Moulouya, Maroc). Geobios 30 (5), 713-721.

Benhammou A, Tanouti B, Nibou L, Yaacoubi A, Bonnet J P. (2009). Mineralogical and physicochemical investigation of mg-smectite from Jbel Ghassoul, Morocco. Clays and Clay Minerals, Vol. 57, No. 2, 264–270.

Benlamine LK. (2017). Les monuments funéraires de la région de Boulemane : situation géographique, architecture et rites funéraires. Thèse de doctorat, Univ. Sidi Mohamed Ben Abdallah, Fès, 183 p., inédite.

Benlamine L, Benabdelhadi M, Oujaa A, Gourari L, Fontugne M. (2015). Étude anthropologique et comparative des mandibules humaines de la Cité des Pierres (Moyen Atlas) à celles de Taforalt. Eur Sci J Eur Sci Inst 11(17):369–388. ⟨hal-02504857⟩

Benshili K. (1989). Lias- dogger du Moyen Atlas plissé (Maroc). Sédimentologie, biostratigraphie et évolution paléogéographique. Thèse Doctorat d'État, Univ Claude-Bernard, Lyon 1 : 285 p.

Benshili K, Elmi S. (1994). Enregistrement biostratigraphique et séquentiel des évènements ´ Toarcien-Bajocien dans le Moyen Atlas plissé (Maroc), ´ Misc. Serv. Geol. Naz. 5 277–283.

Beraaouz M, Macadam J, Bouchaou L, Ikenne M, Ernst R, Tagma T, Masrour M. (2019). An inventory of geoheritage sites in the Draa Valley (Morocco): a contribution to promotion of Geotourism and sustainable development. Geoheritage 11(2):241–255. https:// doi. org/ 10. 1007/ s12371-017- 0256-x

Berred S, Fadli D, El Wartiti M, Zahraoui M, Berred K, Sadki R. (2019). Geomorphosites of the semi-arid Tata region: valorization of an unknown geoheritage for geotourism sustainable development (Anti-Atlas, South Morocco). Geoheritage 11:1989–2004. https://doi.org/10.1007/s12371-019-00414-w

Berred S, Fadli D, Berred K. (2019). Aerial interference of Hercynian folds and their morphological peculiarities in the Bani Geopark of southern Morocco. Arab J Geosci 12 :351. https:// doi. org/ 10.1007/ s12517- 019- 4537-3

Berred S. (2020). Identification et valorisation du patrimoine géologique du Maroc : cas de la géodiversité et du géotourisme de la région de Tata (Bani Geopark, Anti-Atlas). Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences Université Mohammed V Rabat, 219p.

Berred S, Fadli D, Gregorio FD, Berred K. (2020). Geological and landscape particularities of Issafen-style chevron pattern in Tata region (anti-Atlas, South Morocco). Arab J. Geosci 13:689. https:// doi.org/ 10. 1007/ s12517- 020- 05713-z

Berred S, Berred K, Fadli D. (2022). Geodiversity of Morocco kingdom: Tata province geomorphosites inventory for creating a geopark project (anti-Atlas). Int J Geoheritage Parks 10(3):367–382. https:// doi. org/ 10. 1016/j. ijgeop. 2022. 07. 001

Bouzekraoui H, Barakat A, Touhami F, Mouaddine A, El Youssi M. (2018). Inventory and assessment of geomorphosites for geotourism development: a case study of Aït Bou Oulli Valley (central highatlas, Morocco). Area 50(3):331–343. https:// doi.org/ 10. 1111/ area. 12380

Bouzekraoui H, Barakat A, Elyoussi M, Touhami F, Mouaddine A, Hafid A, Zwoliński ZB. (2018a). Mapping geosites as gateways to the geotourism management in Central High-Atlas (Morocco). Quaestiones Geographicae 37(1), Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 87–102. https:// doi. org/ 10. 2478/ quageo- 2018- 0007

Bradbury J. (1993). A Preliminary Geoheritage Inventory of the Eastern Tasmania Terrane. A Report to Parks and Wildlife Service, Tasmania.

Brandon K. (1996). Ecotourism and conservation : A review of key issues. Environment Department Papers No. 033, Washington, DC : World Bank.

Brilha J. (2005). Património Geológico e Geoconservação: a Conservação da Natureza na sua Vertente Geológica. Palimage Editores, Viseu.

Brilha J. (2015). Concept of geoconservation. In: Tiess G, Majumder T, Cameron P (Eds.), Encyclopedia of Mineral and Energy Policy. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. https:// doi. org/ 10. 1007/ 978-3- 642- 40871-7_ 2-1. 2p

Brilha J. (2016). Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. Geoheritage 8:119–134. DOI 10.1007/s12371-014-0139-3.

Brilha J. (2018). Geoheritage : inventories and evaluation. In : Geoheritage. Assessment, protection and management, E. REYNARD et J. BRILHA édit., Édit. Elsevier, Amsterdam, p. 67-86. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809531-7.00004-6.

Brocx M, Semeniuk V. (2007). Geoheritage and geoconservation: history, definition, scope and scale. J R Soc West Aust 90:53–87.

Bruschi VM, Cendrero A, Albertos JAC. (2011). A statistical approach to the validation and optimisation of geoheritage assessment procedures. Geoheritage 3(3):131–149. DOI 10.1007/s12371-011-0038-9.

Bruschi VM, Coratza P. (2018). Geoheritage and environmental impact assessment (EIA). In: Reynard, E., Brilha, J. (Eds.), Geoheritage: Assessment, Protection, and Management. Elsevier, Amsterdam, pp. 251-264. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809531-7.00014-9.

Caldwell L K. (1984). Political Aspects of Ecological Sustainable Development. Environmental Conservation 11 (4), 299-308.

Charrière A. (1990). Héritage hercynien et évolution géodynamique alpine d'une chaine intracontinental : le Moyen Atlas au S de Fès (Maroc). Thèse Doct. d'État, Toulouse, p589.

Charrière A, Ouarhache D, El-Arabi H. (2011). Le Moyen Atlas. Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc **559**, 11-108. *In* Nouveaux Guides géologiques et miniers du Maroc / New Geological and Mining Guide books of Morocco, Michard A, Saddiqi O, Chalouan A, Rjimati E, Mouttaqi A (Eds), Notes et Mémoires du Service géologique du Maroc, 2011, n^{os} 556-564.

Chen Y, Chen A, Mu D. (2021). Impact of walking speed on tourist carrying capacity: The case of Maiji Mountain Grottoes China. Tourism Management, vol. 84, no. 104273, pp. 1-10. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2020.104273.

Cifuentes M A. (1992). Determinación de capacidad de carga turística en áreas protegidas. Turrialba: CATIE.

Cifuentes M A, Mesquita C A B, Morales M E , Aguilar N , Cancino D, Gallo M, Turcios M et al. (1999). Capacidad de Carga Turística de las Áreas de Uso Público del Monumento Nacional Guayabo. Costa Rica: WWF.

Cisneros M A H, Sarmiento N V R, Delrieux C A, Piccolo M C, Perillo G M. (2016). Beach carrying capacity assessment through image processing tools for coastal management. Ocean & Coastal Management, 130, 138–147. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.06.010 .

Colo G. (1961). Contribution à l'étude du Jurassique du Moyen Atlas septentrional. – Notes et Mém. Serv. géol. Maroc, Rabat, 139, 226p.

Coppin NJ, Box J. (1998). Sustainable rehabilitation and revegetation: the identification of after-use options for mines and quarries using a land suitability classification involving nature conservation. In: Fox HR, Moore HM, Elliott S (eds) Land reclamation: achieving sustainable benefits. Proc. of the 4th Int. Conf. Balkema, Nottingham, pp 229–240.

Cupul-Magaña A L, Rodríguez-Troncoso A P. (2017). Tourist carrying capacity at Islas Marietas National Park : An essential tool to protect the coral community. Applied Geography, 88, 15–23. http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.08.021.

Coratza P, Gauci R, Schembri J, Soldati M, Tonelli D. (2016). Bridging natural and cultural values of sites with outstanding scenery: evidence from Gozo Maltese Islands. Geoheritage 8(1) : 91–103. https:// doi. org/ 10. 1007/ s12371- 015- 0167-7

De Lapparent AF. (1955). Étude paléontologique des vertébrés du Jurassique d'El Mers (Moyen Atlas). Notes et mémoires du service géologique du Maroc 124 :1–36.

De Waele J, Melis MT. (2008). Geomorphology and geomorphological heritage of the Ifrane-Azrou region (Middle Atlas, Morocco). Environ Geol 55 : 587–599. https:// doi. org/ 10. 1007/s00254-008- 1533-4

Delcaillau B, Laville E, Carozza J-M, Dugué O, Charroud M. (2007). Morphotectonic evolution of the Jebel Bou Naceur in the South Middle Atlas Fault Zone (Morocco). Comptes Rendus Géoscience, Elsevier Masson 339(8):553–561. https:// doi. org/10. 1016/j. crte. 2007. 06. 005

De Wever P, Guiraud M. (2018). Geoheritage and museums. In: Reynard, E., Brilha, J. (Eds.), Geoheritage: Assessment, Protection, and Management. Elsevier, Amsterdam, pp. 129-146. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809531-7.00007-1.

De Wever P, Le Nechet Y, Cornee A. (2006). Vade-mecum pour l'inventaire du patrimoine géologique national, Mém. H.S. Soc. géol. Fr., 12.

Dixon G. (1996). Geoconservation: An International Review and Strategy for Tasmania A report to the Parks and Wildlife Service, Tasmania and the Australian Heritage Commission.

Du Dresnay R. (1963). Données stratigraphiques complémentaires sur le Jurassique moyen des synclinaux d'El Mers et de Skoura (Moyen-Atlas, Maroc). Bull Soc Geol de France, Paris,5(7):883– 900. https:// doi. org/ 10. 2113/ gssgf bull. S7-V. 6. 883

Du Dresnay R (1971). Extension et développement des phénomènes récifaux Jurassiques dans le domaine Atlasique Marocain, particulièrement au Lias moyen. Bull. Soc. Geol. Fr. 13, 46–56.

Du Dresnay R. (1979). Sédiments jurassiques du domaine des chaînes atlasiques du Maroc. Symposium « Sédimentation du Jurassique W européen », Paris, 1977. Association des Sédimentologistes français 1, 345–365 publication spéciale.

Du Dresnay R. (1988). Recent data on geology of the Middle Atlas (Morocco). In: Jacobshagen V (ed) The Atlas system of Morocco. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 293–320

Duée G, Hervouet Y, Laville, E, De Luca P, Robillard D. (1978). L'accident nord moyen-atlasique dans la région de Boulemane (Maroc) : une zone de coulissement synsédimentaire. -Ann. Soc. géol. Nord, 98, 145-162, 8 figs. , Lille.

Dresch J, Raynal R. (1953). Les formes glaciaires et périglaciaires dans le Moyen Atlas. Compte Rendu Sommaire des Séances de la Société Géologique de France 11–12 :195–197

Eagles P F J. (2002). Trends in park tourism : Economics, finance and management. Journal of Sustainable Tourism, 10(2), 132–153.

Eberhard R. (1997). Pattern & Process: Towards a regional approach to National Estate assessment of geodiversity. Environment Australia Technical Series No 2.

Ech-charay K, Boumir K, Ouarhache D, Ouaskou M, Marzouki A. (2022). The Geoheritage of the South-Eastern Frontal Zone of the Middle Atlas (Morocco) : First Inventory and Assessment. Geoheritage 14, 103. https://doi.org/10.1007/s12371-022-00736-2

Ech-Charay K. (2016) Mise en valeur des potentialités géo-écotouristiques de la région d'Immouzer Marmoucha (Moyen Atlas, Maroc). Mémoire de Master, Faculté des sciences, Fès.

Eddif A, Ouazzani H, Sadkaoui I, Tajdi A, Aghbal A, Hamid A. (2018a). La chaîne volcanique du Moyen Atlas au Maroc : patrimoine géologique encore peu connu. Int J Innov Appl Stud 24(1):117–129

Eddif E, Selmaoui S, Chakour R. (2018b). Images of Moroccan geological heritage in life and earth sciences textbooks of second year college from 2004 to 2017: case of the volcanic chain of the Middle Atlas. J Educ Soc Behav Sci 28(2):1–11. https:// doi.org/ 10. 9734/ jesbs/ 2018/ 45256

El Arabi H. (2001). La plateforme carbonatée jurassique (Héttangien ? - Aalénien) du Moyen Atlas occidental (Maroc), zone de transition entre le sillon moyen atlasique et le bassin occidental du Selloum. Thèse de Doctorat d'État, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, Maroc, 294 p.

El Faleh E, Mahdoudi M L. (2001). La croûte zonaire des encroûtements carbonatés tertiaires du bassin de Jbel Rhassoul (Maroc) : caractérisation et mode de formation / Laminar horizon of Tertiary calcretes of the basin of Jbel Rhassoul (Morocco) : caracterization and mode of formation. Geomorphologie : relief, processus, environnement journal, volume 7 issue 4 pp. 271-279. https://doi.org/10.3406/morfo.2001.1111 .

Elmi S, Benshili K. (1987). Relations entre la structuration tectonique, la composition des peuplements et l'évolution ; exemple du Moyen Atlas méridional (Maroc). Bull. Soc. Paléont. Italie, Modena, n°26 (1-2), 17p.

El Wartiti M, Zahraoui M, El Hassani A. (2017). Les marqueurs permiens comme patrimoine géologique à promouvoir et à protéger dans le massif hercynien du Maroc central. Société Géologique De France 194 :118–126

El Wartiti M, Malaki A, Zahraoui M, Di Gregorio F, De Waele J. (2009). Geosites and touristic development of the north-western Tabular Middle Atlas of Morocco. In: Marini A (ed) Proceedings of desertification and risk analysis using high and medium resolution satellite data. Springer Netherlands:Toze ur Tunesia pp 143–159

Fadli D. (2014). Les "cœurs"de Tata et leurs dérivés : géomorphosites emblématiques pour un géotourisme incontournable du Sud marocain, 1ère édition. Faculté des Sciences de Rabat, RABAT, 270.

Fassoulas C, Mouriki D, Dimitriou-Nikolakis P, Iliopoulos G. (2012). Quantitative assessment of geotopes as an effective tool for geoheritage management. Geoheritage 4(3):177–193. https://doi.org/10.1007/s12371-011-0046-9.

Fedan B. (1984a). Le Lias-Dogger d'Issouka (Moyen-Atlas) : biostratigraphie et sédimentologie. Bull. Inst. sci. Rabat, 8, 67-76.

Fedan B. (1984b). Les formations carbonates du plateau de Dwira-Anjil (Maroc) : évolution sédimentologique et paléogéographique. Bull. Inst. Sci. Rabat, 8, 51-65.

Fedan B. (1984c). Découverte du Crétacé dans le synclinal des Marmoucha (Moyen-Atlas, Maroc). Bull. Inst. Sci. Rabat, 8, p. 93.

Fedan B, Thomas G. (1985). Découverte de dépôts néogènes déformés par l'accident nord-moyen-atlasique (Maroc). Implications Sur Son Activité Mio-Plio-Quaternaire Au Nord de Boulemane. Géologie Méditerranéenne, Tome XII-XIII, n° 3–4, 13(4) : 151–154.

Fedan B. (1988). Évolution géodynamique d'un bassin intraplaque sur décrochement. Le Moyen Atlas durant le Méso-Cénozoïque. Thèse de Doctorat Es-Sciences, Université Bordeaux I, 480p.

François A. (2012). Redécouverte d'Uromenus trochleatus Chopard, 1937 dans le Moyen Atlas marocain (Orthoptera : Tettigoniidae). Bulletin De L'institut Scientifique, Rabat, Section Sciences De La Vie, No 34(1):19–22

Fuertes-Gutiérrez I, Fernández-Martínez E. (2012). Mapping geosites for geoheritage management: a methodological proposal for the Regional Park of Picos de Europa (León, Spain). Environ Manag 50:789–806. https://doi.org/10.1007/s00267-012-9915-5.

Garcia G, Tabuce R, Cappetta H, Marandat B, Bentaleb I, Benabdallah A, Vianey-Liaud M. (2003). First record of dinosaur eggshells and teeth from the North-West African Maastrichtian (Morocco). Palaeovertebrata 32, 59–69.

Godfrey K B. (1998). Attitudes towards 'Sustainable Tourism' in the UK: A View from Local Government. Tourism Management 19 (3), 213-224.

Gomez F, Barazangi M, Bensaïd M. (1996). Active tectonism in the intracontinental Middle Atlas Mountains of Morocco: synchronous crustal shortening and extension. J. Geol. Soc. London 153, 389-402. https://doi.org/10.1144/gsjgs.153.3.0389.

González-Guerrero G, Olivares Robles A K, Valdez Pérez M E, Morales Ibarra R, Castañeda Martínez T. (2016). The application of the tourist carrying capacity technique and its critical analysis for tourism planning. Tourism Planning & Development, 13(1), 72–87. https://doi.org/10.1080/21568316.2015.1076512.

Goodall B. (1990). The dynamic of tourism place marketing. Marketing Tourism Places. Ashworth G, Goodall (eds) Routledge, London.

Grandgirard V. (1999). L'évaluation des géotopes, Geol. Insubrica, 4, 59-66.

Grandgirard V. (1997). Géomorphologie, protection de la nature et gestion du paysage, Université de Fribourg, Faculté des sciences, Thèse de doctorat.

Guo W, Chung S. (2019). Using tourism carrying capacity to strengthen UNESCO Global Geopark management in Hong Kong. Geoheritage 11(1) :193–205. https://doi.org/10.1007/s12371-017-0262-z.

Gurung C P. (1995). People and their participation : new approaches to resolving conflicts and promoting cooperation. In J.M.Mc Neely (Ed.), Expanding partnerships in conservation (pp 223–233). Washington, DC : Island Press.

Hadri M, Perez-Lorente F. (2012). Historia de yacimientos con huellas de dinosaurio, desde su descubrimiento hasta su primer estudio. Alrededores de El Mers (Marruecos). Rev Cienc, Zubia 30:93–140.

Heinen J T. (1996). Human behavior, incentives and protected area management. Conservation Biology, 10, 681–684. https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1996.10020681.x

Hollard H, Choubert G, Bronner G, Marchand J, Sougy J. (1985). Carte géologique du Maroc, scale 1: 1,000,000. Serv. Carte géol. Maroc, 260(2).

Horváth G, Utasi Z, Hegedűs A, Pintér Z. (2015). The Vajdavár Hills: Sandstone cliffs, hoodoos and gorges. In: Lóczy, D. (Ed.), Landscapes and Landforms of Hungary. Springer, Switzerland, pp 157– 165. DOI: 10.1007/978-3-319-08997-3_19.

Household I, Sharples C, Dixon G et Duhig N. (1997). A more systematic approach to the identification of places of geoconservation significance: In: R Eberhard (ed), Pattern et Processes: Towards a

Regional Approach to National Estate assessment of geodiversity. Environment Australia Technical Series No 2, pp 65-89

Hughes P D, Gibbard P L, Woodward J C. (2004). Quaternary glaciation in the Atlas Mountains of North Africa. Quatemary glaciations — extent and chronology, part III, Editors J. Ehlers and P.L. Gibbard, 2004 Elsevier, 225–260. https:// doi. org/ 10. 1144/ gsjgs. 153.3. 0389

Hunter C J. (1995a). Key Concepts for Tourism and the Environment. In C. Hunter & H. Green (eds.) Tourism and the Environment: A Sustainable Relationship? (pp. 52-). London: Routledge.

Hunter C J. (1995b). On the Need to Re-conceptualize Sustainable Tourism Development. Journal of Sustainable Tourism 3 (3), 155-165.

Ibouh H. (2004). Du rift avorté au bassin sur décrochement, contrôles tectonique et sédimentaire pendant le Jurassique (Haut Atlas central, Maroc). Thèse de Doctorat, Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc, 224 p.

Inskeep E. (1991). Tourism Planning: An Integrated and Sustainable Development Approach. New York: Van Nostrand Reinhold.

Jaillard L, Fedan B. (1981). The Anjil lead prospect (Haute Moulouya). Methodological approch and preliminary results. Rapport inédit n° MO 223/81, Rio Fin Ex-Maroc, RioFinEx-London, BRPM-Maroc.

Joyce E B. (1997). Assessing Geological Heritage In: R Eberhard (ed), Pattern & Processes: Towards a Regional Approach to National Estate assessment of geodiversity. Environment Australia Technical Series No 2., Canberra, ACT, p 37-39.

Kaemmerer M, Revel JC, Berrier J, Bruand A, Lefevre D. (1991). Dissolution et précipitation des carbonates dans des sols (calcretes) en Zone Aride, Bassin de Ksabi, moyenne Moulouya. Arid Soil Res. Rehabil. 5, 105–126. https://doi.org/10.1080/15324989109381271.

Kharmich H, Sedreddine M, El Rharbi S. (2019). Les matériaux de construction locaux, un appui pour une architecture contextuelle autosuffisante en énergie. Afr Mediterr J Archit Urban. https:// doi.org/ 10. 48399/ IMIST. PRSM/ amjau- v1i2. 18794

Kiernan K. (1990). Geomorphology Manual. Forestry Commission Tasmania, Hobart, Tasmania.

Kiernan K. (1995) An Atlas of Tasmanian Karst. Tasmanian Forest Research Council Research Report No 10.

Kiernan K. (1997). Landform classification for geoconservation. In: R Eberhard (ed), Pattern & Processes: Towards a Regional Approach to National Estate assessment of geodiversity. Environment Australia Technical Series No 2.

Labbassi K. (1991). Évolution tectono-sédimentaire de la série méso-cénozoïque de la Moyenne Moulouya. Lithostratigraphie, tectonique, décompaction et calcul de la subsidence. Thèse de l'Université de Pau et des pays de l'Adour, 254 p.

Lahmidi S, Lagnaoui A , Bahaja T, El Adnani A, Fadli D. (2020). First inventory and assessment of the geoheritage of Zagora province from the project Bani Geopark (South-Eastern Morocco). Elsevier 511–527. https:// doi. org/ 10. 1016/j. pgeola. 2020. 05. 002.

Lahmidi S, Lagnaoui A, Berrada I, El Adnani A, Saadi M, Bahaj T. (2021). The Ordovician Foum Larjamme Tunnel Paleo-valleys from Bani Geopark Project—assessment of geological heritage for geo-education and geotourism purposes. Geoheritage 13(4):1–22. https:// doi. org/ 10. 1007/ s12371- 021- 00630-3

Lahmidi S, Lagnaoui A, El Adnani A, Berrada I, Saadi M, Bahaj T. (2022). Integrating geological and archaeological heritage for conservation and promotion of Foum Larjamme Geosite from Bani Geopark Project South-Eastern Morocco. Geoheritage 14(3):1 20. https:// doi. org/ 10. 1007/ s12371- 022- 00718-4

Lai P H, Nepal S K. (2006). Local perspectives of ecotourism development in Tawushan Nature Reserve, Taiwan. Tourism Management, 27(6), 1117-1129. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2005.11.010

Laville E, Delcaillau B, Charroud M, Dugué O, Ait Brahim L, Cattaneo G, Deluca P, Bouazza A. (2007). The Plio-Pleistocene evolution of the Southern Middle Atlas Fault Zone (SMAFZ) front of Morocco. Int J Earth Sci 96(3):497–515. https:// doi. org/ 10. 1007/s00531- 006- 0113-7

Lee T H. (2013). Influence analysis of community resident support for sustainable tourism development. Tourism Management, 34 pp 37–46. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2012.03.007

Lee T H, Jan F H. (2019). Can community-based tourism contribute to sustainable development ? Evidence from residents' perceptions of the sustainability. Tourism Management, 70, 368–380. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2018.09.003

Lefèvre D. (1985). Les formations plio-pléistocènes du bassin de Ksabi (Moyenne Moulouya, Maroc). Thèse de 3ème cycle, université Bordeaux 1, 235 p.

Lobo H A S, Trajano E, Marinho M d A, Bichuette M E, Scaleante J A B, Scaleante O A F et al. (2013). Projection of tourist scenarios onto fragility maps: Framework for determination of provisional tourist carrying capacity in a Brazilian show cave. Tourism Management, 35, 234e243. http://dx.doi.org/10.1016/j.tourman.2012.07.008.

Lobo H A S. (2015). Tourist carrying capacity of Santana cave (PETAR-SP, Brazil) : a new method based on a critical atmospheric parameter. Tour. Manag. Persp. 16, 67_75. http://dx.doi.org/10.1016/j.tmp.2015.07.001.

Lorenc MW, Baczyńska E. (2013). Historyczne kamieniołomy na jurajskim wybrzeżu w hrabstwie Dorset (Anglia) (Historic quarries at the jurassic coast county Dorset (England)). Dzieje górnictwa – element europejskiego dziedzictwa kultury 5:175–185 (in Polish).

Lorenc MW, Mazurek. (2010). Wybrane, nowe propozycje geoturystyczne z Dolnego Śląska (Selected, new proposals of geotouristic attractions from lower Silesia). Geoturystyka 3(22):3–18 (in Polish).

Maidment CRS, Raven TJ, Ouarhache D, Barrett PM. (2019). North Africa's Stegosaur: Implications for Gondwanan Thyreophoran Dinosaur diversity. Gondwana Research, 77, 82-97. https://doi.org/10.1016/j.gr.2019.07.007.

Maidment CRS, Strachan SJ, Ouarhache D, Scheyer TM, Brown EE, Fernandez V, Johanson Z, Raven TJ, Barrett PM. (2021). Bizarre dermal armour suggests the first African ankylosaur. Nature Ecology and Evolution. https://doi.org/10.1038/s41559-021-01553-6 .

Makhadmeh A, Al-Badarneh M, Rawashdeh A, Al-Shorman A. (2018). Evaluating the carrying capacity at the archaeological site of Jerash (Gerasa) using mathematical GIS modeling. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science. https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2018.09.002.

Marengo A, Borghi A, Bittarello E, Costa E. (2018). Touristic Fruition of the Disused Quarry of Busca Onyx : Problematics and Strategies. Geoheritage 11, 47–54. https://doi.org/10.1007/s12371-018-0311-2.

Matthews TJ. (2014). Integrating geoconservation and biodiversity conservation: theoretical foundations and conservation recommendations in a European Union context. Geoheritage 6(1):57–70. https:// doi. org/ 10. 1007/ s12371- 013- 0092-6

McBriar M. (1995). Foreword. In: E B Joyce, A report prepared for the Australian Heritage Commission by the Standing Committee for the Geological Heritage of the Geological Society of Australia Inc., Sydney, NSW.

McNeely J A. (2001). Biodiversity and agricultural development : the crucial institutional issues. In D. R. Lee, & C. B. Barrett (Eds.), Tradeoffs or synergies ? Agricultural intensification, economic development and the environment (pp. 399–416). New York, NY : CABI Publishing.

Mehdioui S, El Hadi H, Tahiri A, Brilha J, El Haibi H, Tahiri M. (2020). Inventory and quantitative assessment of geosites in Rabat-Tiflet region (North Western Morocco): preliminary study to evaluate the potential of the area to become a geopark. Geoheritage 12:1–17. https:// doi. org/ 10. 1007/ s12371- 020- 00456-5

Mehdioui S, El Hadi H, Tahiri A, El Haibi H, Tahiri M, Zoraa N, Hamoud A. (2022). The geoheritage of Northwestern Central Morocco Area: inventory and quantitative assessment of geosites for geoconservation, geotourism, geopark purpose and the support of sustainable development. Geoheritage 14(3):1–26. https:// doi. org/ 10. 1007/ s12371- 022- 00712-w

Mehta J, Heinen J. (2001). Does community-based conservation shape favorable attitudes among locals? An empirical study from Nepal. Environmental Management, 28, 165–177. https://doi.org/10.1007/s002670010215

Michard A, Saddiqi O, Chalouan A, de Lamotte D F. (2008). Continental evolution: the geology of Morocco. Structure, stratigraphy, and tectonics of the Africa-Atlantic-Mediterranean triple junction. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 116, p 404. https://doi. org/ 10. 1007/ 978-3- 540-77076-3

Mikhailenko AV, Nazarenko OV, Ruban DA, Zayats PP. (2017). Aesthetics-based classification of geological structures in outcrops for geotourism purposes: a tentative proposal. Geologos 23:45–52

Mikhailenko AV, Ruban DA, Ermolaev VA. (2021). Accessibility of Geoheritage Sites—A Methodological Proposal. Heritage 4, 1080–1091. https://doi.org/10.3390/ heritage4030060.

Ming Xu. (2015). Les interactions entre le tourisme et le développement durable à la lumière de l'analyse des guides touristiques. : Étude de cas en Chine. Économies et finances. Université Pascal Paoli, 2015. Thèse Français. ⟨NNT : 2015CORT0004⟩. ⟨tel-01313315⟩. https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01313315

Mounir S, Saoud N, Charroud M, Mounir K, Choukrad J. (2019). The Middle Atlas geological karsts forms: towards geosites characterisation. IFP Energies Nouvelles 74:17. https:// doi. org/ 10. 2516/ogst/ 20180 89

Mounir S, Saoud, N, Mounir K, Choukrad J, Berbeche A, Charroud, M. (2021). The middle Atlas domain of Morocco: Geoheritage conservation allowing development in a sustainable manner. Proceedings of the 5th International Young Earth Scientists (YES) Congress "Rocking Earth's Future", 5th International Young Earth Scientists (YES) Congress "Rocking Earth's Future" (Berlin, Germany 2019), 24. https:// doi. org/ 10. 2312/yes19. 24

Mountaj S, Remmal T, Lakroud K, Boivin P, El Amrani IEEH, El Kamel F, Jounaid MS, Amraoui F, Soufi M. (2019). The volcanic field of the Middle Atlas Causse: highlights and heritage appropriation. Geogr Bull 60(2):127–147

Mucivuna V, Reynard E, Garcia M. (2019). Geomorphosites assessment methods: comparative analysis and typology. Geoheritage 11:1–17. https:// doi. org/ 10. 1007/ s12371- 019- 00394-x

Murphy P. (1994). Tourism and Sustainable Development. In W. Theobald (ed.) Global Tourism: the Next Decade. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Müller H. (1994). The Thorny Path to Sustainable Tourism Development. Journal of Sustainable Tourism 2 (3), 131-136.

Nechad I, Fadil K, Fadil F. (2014). Contribution à l'étude du cycle de reproduction de Gammarus marmouchensis Fadil, 2006 (Crustacés, Amphipodes) dans la source Tataw (Moyen Atlas, Maroc). Afrique Science., 10 (3) 193-204.

Newmark W D, Hough J. (2000). Conserving wildlife in Africa : Integrated conservation development projects and beyond. BioScience, 50(7), 585–592.

Nita J. (2012). Quarries in landscape and geotourism. Geographia Polonica, 85, 5–12. https://dx.doi.org./10.7163/GPol.2012.4.20.

Obda K, Akdim B, Tribak A, Lopez Lara E, Miranda Bonilla J. (2009). Les unités écopaysagères de l'habitat rural du moyen Atlas Septentrional : un patrimoine à valoriser. Geomaghreb 5 :113–122

Oukassou M, Boumir Kh, Benshili Kh, Ouarhache D, Lagnaoui A, Charrière A. (2019). The Tichoukt massif: a Geotouristic Play in the Folded Middle Atlas (Morocco). Geoheritage 11: 371–379. https:// doi. org/ 10. 1007/ s12371- 018- 0287-y

Pereira LS, de Carvalho DM, da Cunha LS. (2019). Methodology for the semi-quantitative evaluation of geoheritage applied to coastal geotourism in João Pessoa (Paraíba, Northest Brazil). Geoheritage 11:1941–1953. https://doi.org/10.1007/s12371-019-00417-7.

Pereira DI, Pereira P, Brilha J, Santos L. (2013). Geodiversity assessment of Parana State (Brazil): an innovative approach. Environ Manag 52:541–552. https:// doi. org/ 10. 1007/ s00267- 013-0100-2

Pereira P, Pereira DI. (2010). Methodological guidelines for geomorphosite assessment. Géomorphol Relief, Processus, Environ 2 :215–222 https://doi.org/10.4000/geomorphologie.7942

Philippe Billet. (2002). La protection du patrimoine géologique, guide juridique, Coll. Droit et police de la nature, Cahiers techniques n° 67, septembre 2002 (compte-rendu).

Pintér Z. (2003). A Nemti-rögvidék felszínalaktana (Geomorphology of the Nemti Mountains). In: Horváth G (ed) A földrajz szolgálatában (In the service of geography). Budapest–Érd, pp 103–116 (in Hungarian).

Pralong JP. (2005). A method for assessing tourist potential and use of geomorphological sites. Geomorphol Relief Process Environ 3 :189–195. https:// doi. org/ 10. 4000/ geomo rphol ogie. 350

Puente-Santos E D, Pérez Ramírez C A, Solís Barrón C I. (2011). Capacidad de carga en senderos turísticos del centro de cultura para la conservación Piedra Herrada, México. Quivera, 13(2), 93–114.

Rahou A. (1996). Aperçu sur le climat et la végétation de Bou Naceur (Moyen-Atlas oriental, Maroc). Bull Inst Sci Rabat 20:113–122

Rais J, Barakat A, Louz E, Barka AA. (2021). Geological heritage in the M'Goun geopark: a proposal of geo-itineraries around the Bine El Ouidane dam (Central High Atlas, Morocco). Int J Geoheritage Parks 9:242–263. https:// doi. org/ 10. 1016/j. ijgeop.2021. 02. 006

Raynal R. (1952). Quelques exemples de l'action du froid et la neige sur les formes du relief au Maroc. Notes Marocaines 2 :14–18

Raynal R. (1961). Plaines et piedmonts du bassin de la Moulouya (Maroc orientale). Étude géomorphologique. Thèse doctorat Lettres, Rabat, 618p.

Raynal R, Dresch J, Joly F. (1953). Deux exemples régionaux de glaciation quaternaire au Maroc : Haut Atlas Oriental, Moyen Atlas Septentrional. IV Congrès INQUA, Rome-Pisa, 65.

Reynard E. (2004a). Géotopes, géo(morpho)site set paysages géomorphologiques. In : Reynard E, Pralong JP (eds) Paysage Géomorphologiques, vol. 27. Institut de Géographie, Travaux et Recherches, Lausanne, pp. 9–20.

Reynard E. (2004b). Géotopes, géo(morpho) sites et paysages géomorphologiques, in Reynard, E., Pralong, J.-P. (eds.), Paysages géomorphologiques, Compte rendu du séminaire de 3ème cycle CUSO 2003, Lausanne, Institut de Géographie, Travaux et Recherches, 27, 123-136.

Reynard E. (2005). Géomorphosites et paysages. Géomorphologie 3 :181–188. https:// doi. org/ 10. 4000/ geomo rphol ogie. 338

Reynard E, Fontana G, Kozlik L, Scapozza C. (2007). A method for assessing "scientific" and "additional values" of geomorphosites. Geogr Helv 62:148–158. https:// doi. org/ 10. 5194/ gh-62- 148- 2007

Reynard E. (2009). Geomorphosites: definition and characteristics. In: Reynard E et al. (eds) Geomorphosites. Verlag Pfeil, Munich, pp 51–63

Reynard E, Perret A, Bussard J, Grangier L, Martin S. (2016). Integrated approach for the inventory and management of geomorphological heritage at the regional scale. Geoheritage 8:43–60. https:// doi. org/ 10. 1007/ s12371- 015- 0153-0

Reynard E, Brilha J. (2018). Geoheritage: a multidisciplinary and applied research topic. In: Reynard E, Brilha J (eds) Geoheritage: assessment, protection and management. Elsevier, Netherlands, pp 3–9. https:// doi. org/ 10. 1016/ B978-0- 12- 809531- 7. 00030-7

Rey M, Nouet G. (1958). Microfaciès de la région prérifaine et de Ia moyenne Moulouya (Maroc Septentrional). International Sedimentary Petrographical Series, 3, 41 pp., 97 Pis., Leiden (Brill). Early Jurassic to Miocene.

Rhanem M. (2018). Le versant sud du jbel Bou-Naceur, un refuge insolite réunissant Juniperus communis L. et Artemisia flahaultii Emb. & Maire d'une haute signification biogéographique et écologique au Maroc – Evaxiana 4:5–18.

Rodella I, Corbau C, Simeoni U, Utizi K. (2016). Assessment of the relationship between geomorphological evolution, carrying capacity and users' perception : case studies in Emilia-Romagna (Italy). Tour. Manag. 59, 7-22. http://dx.doi.org/10.1016/j.tourman.2016.07.009.

Ruban DA. (2010). Quantification of geodiversity and its loss. Proc Geol Assoc 121:326–333. https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2010.07.002.

Ruban DA. (2016). Representation of geologic time in the global geopark network: A web-page study. Tour Manag Perspect 20 : 204–208.

Saadi O, Nouayti N, Nouayti A, Dimane F, Elhairechi K. (2021). Application of remote sensing data and geographic information system for identifying potential areas of groundwater storage in Middle Moulouya Basin of Morocco," Groundwater of Sustainable Development vol 14. https://doi.org/10.1016/j.gsd.2021.100639.

Sabaoui A. (1998). Rôle des inversions dans l'évolution Méso–Cénozoïques du Moyen Atlas septentrional (Maroc). L'exemple de la transversale El Menzel–Ribat El Khayr–Bou Iblane. Thèse de Doctorat d'État, Université Mohammed V, Rabat, 432 p.

Sadki D, Fedan B, Benjelloun F. (1994). Évolution géodynamique jurassique du domaine des chaînes atlasiques marocaines, illustrée par la transversale Boulemane-Midelt Errachidia Aalénien and Bajocien working groups meeting ; Marrakech 25-31 May 1994. Fieldtrip Guide- Book, pp. 48-95.

Sadki R, El Wartiti M, Azelmad R, Berred S. (2016). Identification, valorisation et protection des géomorphosites pour le développement du géotourisme intégré dans la région d'Errachidia (Maroc). Int J Innov Appl Stud 19 N° 3, 784–793.

Sanchez JP, Brilha J. (2017). Terrestrial impact structures as geoheritage: an assessment method of their scientific value and its application to Brazil. Ann Acad Bras Ciênc 89:825–834. https:// doi. org/10. 1590/ 0001- 37652 01720 160081

Sani F, Zizi M, Bally A. (2000). The Neogene-Quaternary evolution of the Guercif Basin (Morocco) reconstructed from seismic line interpretation. Mar Petroleum Geol 17(3):343–357. https:// doi.org/ 10. 1016/ S0264- 8172(99) 00058-6

Santos DS, Mansur KL, Seoane JCS, Mucivuna VC, Reynard E. (2020). Methodological proposal for the inventory and assessment of geomorphosites: an integrated approach focused on territorial management and geoconservation. Environ Manage 66(3):476–497. https:// doi. org/ 10. 1007/ s00267- 020- 01324-2

Santos-González J, Marcos-Reguero A. (2019). Applying the geological heritage in land management: cartography and management proposals of geosites in Burgos Province (Spain). Geoheritage 11(2):485–500. https:// doi. org/ 10. 1007/ s12371- 018- 0301-4

Sellier D. (2016). A deductive method for the selection of geomorphosites: application to Mont Ventoux (Provence, France). Geoheritage 8(1):15–29. https:// doi. org/ 10. 1007/ s12371- 015- 0144-1

Semeniuk V et Semeniuk C A. (2001). Human impacts on globally to regionally significant geoheritage features of the Swan Coastal Plain and adjoining coastal zone, southwestern Australia. In: V Gostin (ed), Gondwana to Greenhouse: Australian Environmental Geoscience -The Australian Environment. Australian Journal of Earth Sciences Special Publication 21: 181-199.

Semeniuk V. (1997). The linkage between biodiversity and geodiversity. In: R Eberhard (ed), Pattern & Processes: Towards a Regional Approach to National Estate assessment of geodiversity. Technical Series No. 2, Australian Heritage Commission & Environment Forest Taskforce, Environment Australia, Canberra, p 51-58.

Semeniuk V. (1996). Coastal forms and Quaternary processes along the arid Pilbara coast of northwestern Australia. Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology 123: 49- 84.

Semeniuk V & Semeniuk C A. (1991). Wetlands of the City of Rockingham: their classification, significance and management. A report by the V&C Semeniuk Research Group to the City of Rockingham & Australian Heritage Council, ABN 93-238414.

Serrano M LT, Alarte A I G. (2008). Determinación de la capacidad de carga turística en tres senderos de pequeño recorrido en el municipio de Cehegín (Murcia). Cuadernos de Turismo, 22(julio-diciembre), 211–229.

Sharples C. (1993). A Methodology for the identification of significant landforms and geological sites for geoconservation purposes. Report to Forestry Commission Tasmania, Hobart, Tasmania.

Sharples C. (1995). Geoconservation in forest management ñ principles and procedures. Tasforests 7: 37-50.

Sharples C. (2002). Concepts and principles of geoconservation. Tasmanian Parks & Wildlife Service, Hobart.

Shoval N, Raveh A. (2003). Categorization of tourist attractions and the modelling of tourist cities: based on the co-plot method of multivariate analysis. Tour Manag 5:741–750. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2003.09.005.

Sofield THB. (2003). Empowerment for Sustainable Tourism Development. Oxford : Pergamon.

Strasser A, Heitzmann P, Jordan P, Stapfer A, Stürm B, Vogel A, Weidmann M. (1995). Géotopes et la protection des objets géologiques en Suisse : un rapport stratégique, Fribourg, Groupe suisse pour la protection des géotopes.

Swarbroke J. (2002). The development and management of visitors attractions, 2nd edn. Butterworth–Heinemann, Oxford 432p. https://doi.org/10.4324/9780080494500.

Termier H. (1936). Recherches Géologiques sur le Maroc septentrional et le Moyen Atlas occidental. Notes et Mémoires du Service des mines et de la carte géologique du Maroc, N° 33:2 tomes.

Termier H, Termier G. (1948). Observations nouvelles sur le Permo-Trias et la base du Lias dans le Maroc Central et le Moyen-Atlas septentrional. Bull. Soc. Géol. France, Paris, sér. 5, t. 18, p. 395-405.

Tokarský. (2018). Ghassoul – Moroccan clay with excellent adsorption properties. Materials Today: Proceedings 5, S78–S87.

Torfason H. (2001). Group of experts for the setting up of the Emerald Network of areas of special conservation interest. Report to Istanbul meeting of the Council of Europe. Directorate of Culture and Cultural and Natural heritage, Strasbourg, Bern.

Urry J. (1995). Consuming places. London : Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203202920

Vegas J, Díez-Herrero A. (2021). An Assessment Method for Urban Geoheritage as a Model for Environmental Awareness and Geotourism (Segovia, Spain). Geoheritage 13, 27. https://doi.org/10.1007/s12371-021-00548-w.

Wall G. (1993). Towards A Tourism Typology. In J.G. Nelson, R. Butler & G. Wall (eds.) Tourism and Sustainable Development: Monitoring, Planning, and Managing (pp.45-58). University of Waterloo: Heritage Resource Centre.

Wells M P, Brandon K E. (1992). People and parks : Linking protected area management with local communities. Washington, DC : World Bank.

Wells M P, Brandon K E. (1993). The principles and practice of buffer zones and local participation in biodiversity conservation. Ambio, 22(2–3), 157–162.

Wimbledon WA, Benton MJ, Bevins RE, Black GP, Bridgland DR, Cleal CJ, Cooper RG, May VJ. (1995). The development of a methodology for the selection of British geological sites for geoconservation: part 1. Mod Geol 20:159–202

Wimbledon WA. (1999). Geosites: an International Union of Geological Sciences initiative to conserve our geological heritage. Polish Geol Inst Spec Papers 2:5–8

Wimbledon WA. (2011). Geosites: a mechanism for protection, integrating national and international valuation of heritage sites. Geologia Dell'ambiente Supplemento N 2(2011):13–25

Wimbledon WAP, Smith-Meyer S. (2012). Geoheritage in Europe and its conservation. ProGEO, Oslo

Zwoliński Z, Najwer A, Giradino M. (2018). Methods for assessing geodiversity. In: Reynard, E., Brilha, J. (Eds.), Geoheritage: assessment, protection, and management. Elsevier, 27–52. https://doi.org/ 10. 1016/ B978-0- 12- 809531- 7. 00002-2

Annexes

Exemple de quantification d'évaluation préliminaire des géosites de la région Boulemane-Missour.

Géosites	**Paramètres centraux**				Résultats
	Représentativité	Intégrité (intérêt géologique)	Rareté	Connaissance scientifique	
1	4	3	3	4	14
2	4	4	3	4	15
3	4	4	2	0	10
4	4	2	2	4	12
5	4	4	2	4	14
6	4	4	2	4	14
7	4	2	2	0	8
8	4	4	2	4	14
9	4	3	2	0	11
10	4	3	2	3	11
11	4	3	2	3	12
12	3	4	4	4	15
13	4	3	2	1	10
14	4	4	4	3	15
15	4	4	2	2	12
16	4	2	2	0	8
17	4	4	4	1	13
18	4	2	2	1	9
19	4	3	3	1	11
20	4	4	3	1	12
21	4	4	4	1	13
22	4	4	2	4	14
23	4	4	2	4	12
24	3	3	4	3	13
25	4	2	2	1	9
26	4	4	2	0	10
27	4	2	3	1	10
28	4	2	4	2	12
29	4	4	2	0	10

Géosites	**Paramètres supplémentaires**				Résultats
	Pertinence géologique	Pertinence écologique	Pertinence culturelle	Pertinence esthétique	
1	3	1	2	3	9
2	3	1	2	1	7
3	2	1	1	1	5
4	2	1	3	1	7
5	2	1	2	2	7
6	3	1	2	1	7
7	2	1	1	2	6
8	3	1	2	1	7
9	2	1	3	2	8
10	2	1	1	2	6
11	2	1	1	2	6
12	3	1	3	2	9

13	2	1	2	3		8
14	3	1	1	3		8
15	2	1	1	1		5
16	2	1	1	2		6
17	3	1	2	1		7
18	2	1	1	1		5
19	2	1	1	1		5
20	2	1	3	1		7
21	2	1	3	2		8
22	2	1	3	2		8
23	2	1	3	3		9
24	2	1	2	1		6
25	2	1	1	2		6
26	2	1	1	1		5
27	2	1	1	2		6
28	2	1	2	2		7
29	2	1	1	1		5

Géosites	**Paramètres d'utilisation et de gestion**					Résultats
	Accessibilité	Sécurité	Infrastructure	Visibilité	Fragilité et vulnérabilité	
1	1	1	2	3	3	10
2	2	2	1	1	1	7
3	3	3	2	1	1	10
4	1	1	1	1	1	5
5	3	3	2	3	3	14
6	3	3	2	1	1	10
7	1	2	1	3	2	9
8	3	3	2	1	1	10
9	2	2	2	1	1	8
10	1	1	1	3	3	9
11	1	1	1	3	3	9
12	2	2	1	3	2	10
13	1	1	2	3	3	10
14	3	3	2	2	3	13
15	3	3	2	1	1	10
16	1	1	1	3	2	8
17	1	2	1	1	3	8
18	2	2	1	1	3	9
19	3	3	2	1	3	12
20	3	3	2	1	1	10
21	2	3	2	1	1	9
22	3	3	2	1	1	10
23	3	3	2	1	1	10
24	3	3	2	1	2	11
25	2	2	2	3	1	10
26	3	3	2	1	1	10
27	2	2	1	1	3	9
28	1	2	1	3	2	9
29	2	2	1	1	3	9

Exemple de quantification d'évaluation préliminaire des géomorphosites de la région Boulemane-Missour :

Géomorphosites	**Paramètres centraux**				Résultats
	Représentativité	Intégrité (intérêt géologique)	Rareté	Connaissance scientifique	
1	3	3	3	4	13
2	4	3	4	1	12
3	3	3	3	4	13
4	3	3	3	0	9
5	4	3	1	0	8
6	4	3	1	0	8
7	4	3	3	0	10
8	3	3	3	3	12
9	3	3	3	3	12
10	4	3	4	1	12
11	3	3	2	1	9
12	4	3	3	2	12
13	3	3	2	2	10

Géomorphosites	**Paramètres supplémentaires**				Résultats
	Pertinence géologique	Pertinence écologique	Pertinence culturelle	Pertinence esthétique	
1	2	1	3	2	8
2	2	1	3	2	8
3	3	1	1	3	8
4	1	1	1	1	4
5	2	1	1	2	6
6	2	1	1	2	6
7	2	1	2	3	8
8	2	1	1	2	6
9	2	1	1	2	6
10	2	1	2	3	8
11	2	1	1	2	6
12	2	2	3	3	10
13	2	2	2	2	8

Géomorphosites	**Paramètres d'utilisation et de gestion**					Résultats
	Accessibilité	Sécurité	Infrastructure	Visibilité	Fragilité et vulnérabilité	
1	3	3	2	2	2	12
2	1	2	1	2	2	8
3	3	3	2	3	2	13
4	1	2	1	1	3	8
5	2	2	1	3	1	9
6	2	2	1	3	1	9
7	2	2	1	1	2	8
8	2	2	1	3	2	10
9	1	1	1	3	3	9
10	3	3	2	3	2	13
11	3	2	2	3	2	12
12	3	3	2	2	2	12
13	1	1	1	3	3	9

Exemple de quantification d'évaluation préliminaire des géosites de la région Bou Naceur :

Géosites	**Paramètres centraux**				Résultats
	Représentativité	Intégrité (intérêt géologique)	Rareté	Connaissance scientifique	
1	4	4	3	2	13
2	4	4	2	1	11
3	3	4	4	1	12
4	4	3	4	1	12
5	4	2	3	2	11
6	3	3	4	1	11
7	2	2	2	1	7
8	3	2	3	1	9
9	3	3	4	1	11
10	4	3	3	2	12
11	4	2	2	1	9

Géosites	**Paramètres supplémentaires**				Résultats
	Pertinence géologique	Pertinence écologique	Pertinence culturelle	Pertinence esthétique	
1	4	2	2	3	11
2	4	1	0	1	6
3	3	1	0	2	6
4	3	0	3	1	7
5	2	1	2	2	7
6	2	1	1	3	7
7	2	1	3	2	8
8	3	1	0	1	5
9	2	0	1	1	4
10	3	3	3	3	12
11	2	2	3	2	9

Géosites	**Paramètres d'utilisation et de gestion**					Résultats
	Accessibilité	Sécurité	Infrastructure	Visibilité	Fragilité et vulnérabilité	
1	3	3	2	3	1	12
2	2	2	1	1	2	8
3	2	2	1	2	2	9
4	2	1	1	2	3	9
5	3	3	2	3	2	13
6	2	1	1	3	1	8
7	3	2	1	3	2	11
8	2	3	1	3	1	10
9	2	2	1	1	3	9
10	2	2	1	3	2	10
11	2	2	1	2	2	9

Exemple de quantification d'évaluation préliminaire des géomorphosites de la région Bou Naceur :

Géomorphosites	**Paramètres centraux**				Résultats
	Représentativité	Intégrité (intérêt géologique)	Rareté	Connaissance scientifique	
1	4	4	4	1	13
2	3	3	2	1	9
3	2	2	3	1	8
4	3	2	2	1	8
5	3	2	4	1	10
6	4	4	2	1	11
7	4	2	4	1	11
8	3	4	2	1	10
9	3	3	2	2	10
10	4	4	3	1	12
11	3	2	3	1	9

Géomorphosites	**Paramètres supplémentaires**				Résultats
	Pertinence géologique	Pertinence écologique	Pertinence culturelle	Pertinence esthétique	
1	3	1	3	3	10
2	2	1	2	2	7
3	2	2	3	3	10
4	3	1	3	3	10
5	2	2	2	3	9
6	3	0	2	3	8
7	2	2	3	4	11
8	3	0	2	3	8
9	3	2	0	3	7
10	2	3	3	3	11
11	2	2	3	3	10

Géomorphosites	**Paramètres d'utilisation et de gestion**					Résultats
	Accessibilité	Sécurité	Infrastructure	Visibilité	Fragilité et vulnérabilité	
1	3	2	1	3	3	12
2	3	2	1	3	1	10
3	3	1	1	2	3	10
4	3	3	1	1	1	9
5	3	3	1	2	1	10
6	2	2	1	2	2	9
7	2	3	1	3	2	11
8	2	2	1	2	2	9
9	2	2	1	3	1	9
10	2	3	1	3	2	11
11	1	1	1	3	1	7

Résumé

La zone d'étude concerne deux domaines structuraux, à savoir le Moyen Atlas plissé central et la plaine de la Moyenne Moulouya. Le Moyen Atlas plissé est une chaîne de montagnes intracontinentale qui culmine à 3326m au Jbel Bou Naceur. Il est constitué essentiellement par des carbonates du Jurassique. Cependant la Moyenne Moulouya est une plaine couverte par des dépôts détritiques du Tertiaire. Cette région a connu une histoire géologique et géomorphologique qui a permis la mise à jour de nombreux géosites et géomorphosites.

La présente étude consiste en un inventaire et une évaluation des sites d'intérêt géologique et géomorphologique, qui sont répartis sur deux régions à savoir : Boulemane-Missour et Bou Naceur. Ces sites sont classés et inventoriés en adoptant une nouvelle approche d'évaluation qui résulte de la fusion de trois méthodologies récentes, modifiées et adaptées à notre concept. Cette procédure d'évaluation s'est déroulée en trois phases : l'évaluation préliminaire, l'évaluation spécifique et l'évaluation quantitative. La première étape concerne la collecte des données bibliographiques et l'étude de terrain. La deuxième étape est dédiée à l'évaluation spécifique. A la suite de cette étape, nous avons élaboré deux listes, une pour les géosites et une pour les géomorphosites. Les différents sites ont été identifiés et évalués selon des paramètres et des scores qui permettent de déterminer la pertinence de chaque site. Seuls les sites qui ont obtenu un score élevé ont été sélectionnés. La troisième et dernière étape implique l'évaluation quantitative des géosites et des géomorphosites sélectionnés. Il en résulte une évaluation de leurs valeurs scientifiques, éducatives, géotouristiques, écologiques, culturelles, esthétiques, leurs degrés de dégradation et leurs capacités de charge touristique. La quantification des différents paramètres permet une interprétation facile pour une éventuelle géoconservation.

Les 64 sites identifiés, classés et évalués, ont une valeur scientifique importante et diverses valeurs supplémentaires, à savoir : i) une valeur éducative ; ii) une valeur géotouristique ; iii) une valeur écologique, esthétique et/ou culturelle.

De même, des itinéraires multi-intérêts sont proposés pour illustrer cette géodiversité à travers le Moyen Atlas plissé central et la plaine de la Moyenne Moulouya.

La réalisation de ce travail, constitue une contribution au développement économique régional, à la promotion d'un géotourisme responsable et à la géoconservation de ce riche géopatrimoine.

Mots-clés : Géosites, géomorphosites, inventaire, valorisation, Moyen Atlas plissé, Moyenne Moulouya, Maroc.