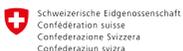


ATELIERS DE FORMATION À LA LECTURE DU PAYSAGE DU GEOPARC M'GOUN

Géologie, paléontologie, géomorphologie

Financé par



Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche DEFR
Secrétariat d'Etat à l'économie SECO

Ambassade de Suisse au Maroc

En collaboration avec



Mise en œuvre



ORGANISATION :

- Swisscontact Maroc, Programme tourisme durable Suisse Maroc (TDSM)
- Association du Géoparc M'Goun (AGM)
- Délégation du Tourisme Azilal

REALISATION DE LA DOCUMENTATION :

- Jonathan Bussard, géographe, Université de Lausanne
- Michel Monbaron, géologue, Université de Fribourg
- Jacqueline Monbaron, spécialiste en formation d'adulte, Université de Fribourg



Documentation publiée en juin 2023.

© Les auteurs, Jonathan Bussard, Michel Monbaron et Jacqueline Monbaron pour les textes, cartes, schémas et images présents dans ce document (sauf mention contraire dans la légende des figures)

Comment citer ce document

Bussard J., Monbaron M. et Monbaron J. (2023). Ateliers de formation à la lecture du paysage du Géoparc du M'Goun : géologie, paléontologie, géomorphologie.

Documentation préparée dans le cadre du Programme tourisme durable Suisse Maroc (TDSM).

Conception graphique et mise en page : ©Sandra Derichs / www.socialetgraphic.com

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	2
INTRODUCTION	3
DOCUMENTS GÉNÉRAUX	7
ATELIER 1 EMPREINTES DE DINOSAURES : les richesses d'un parcours entre Imi-n-lfri et les Aït Bou Oulli	16
ATELIER 2 DES AÏT BOU OULLI AU TIZI-N-TIGHIST : badlands et gravures rupestres	33
ATELIER 3 COMPRENDRE L'ÉBOULEMENT DU TIZI-N-TIGHZA et découvrir le panorama du Jbel Tafenfent	47
ATELIER 4 LE CIRQUE ROCHEUX ET LES SOURCES DE TAGHIA	66
ATELIER 5 LE ROCHER DE MASTFRANE	80
ATELIER 6 Le musée du Géoparc M'Goun et son dinosaure géant	93
POUR CONCLURE	112
GLOSSAIRE	114

REMERCIEMENTS

Tous nos remerciements vont aux personnes et institutions qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à la réalisation de cette documentation, le but étant la valorisation d'une formation de qualité pour tout acteur de terrain, dans une perspective de tourisme durable.

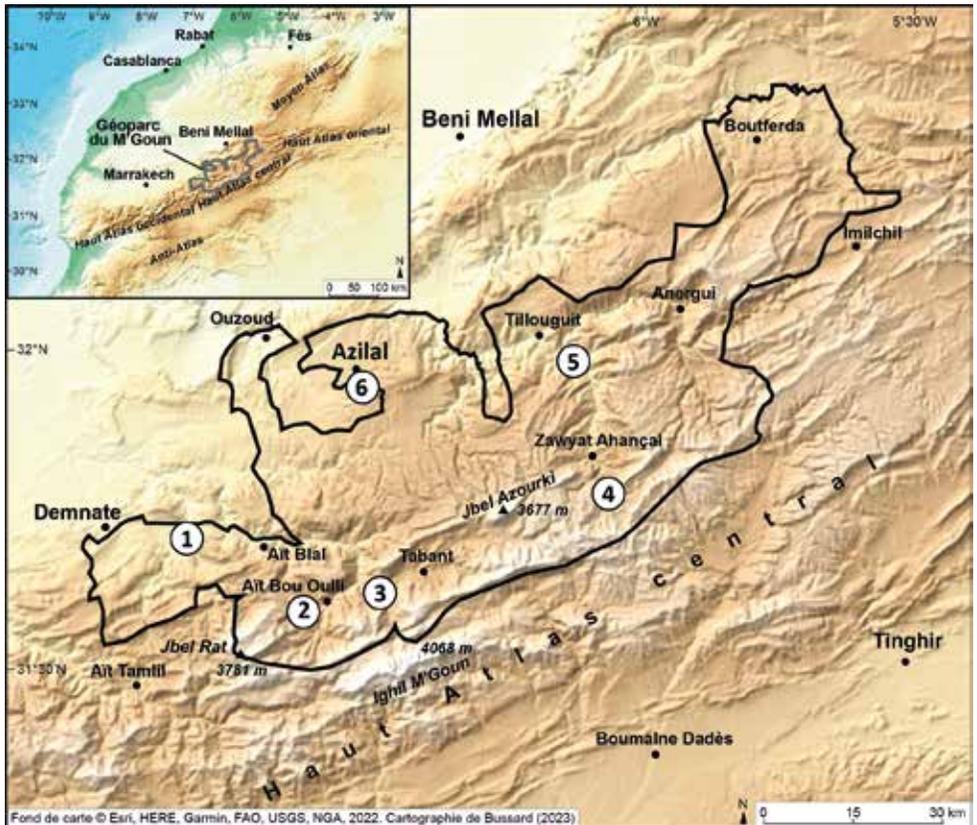
- MM. Didier Krumm, Directeur de Swisscontact Maroc et Lhoucine Boufassi, Coordinateur Tourisme durable Suisse Maroc (TDSM), Rabat
- M. Mustapha Ichou, Délégation Provinciale du Tourisme d'Azilal
- M. Mohammed Khattouch, Directeur de l'ISTAHT (Institut de Technologie Hôtelière et Touristique), Ouarzazate
- MM. Driss Achbal et Mohammed Boutakiout, membres du bureau de l'AGM (Association du Géoparc M'Goun)
- Mme Fatima Amagar, Directrice du Géoparc M'goun, Azilal
- Les participantes et participants aux différents ateliers de formation.

Cette documentation a été réalisée dans le cadre du Programme Tourisme Durable Suisse Maroc 2020-2024 financé par le Secrétariat d'Etat à l'Economie (SECO) en collaboration avec le Ministère du Tourisme, la SMIT et le Conseil Régional Beni Mellal Khenifra.

INTRODUCTION

1- PRÉAMBULE

La région du Géoparc M'Goun est riche en sites qui méritent d'être mis en valeur dans le but de favoriser un tourisme durable. Les guides, accompagnateurs et accompagnatrices sont en première ligne pour transmettre des informations claires qui répondent aux questions de touristes toujours plus curieux. Afin d'augmenter leurs compétences, cinq premiers ateliers d'échanges et de formation sont proposés, ainsi que la visite détaillée du Musée d'Azilal. Ces sites illustrent la grande variété des paysages du Haut Atlas central dans ses particularités géologiques, géomorphologiques, paléontologiques et leur relation avec les activités humaines. Leur découverte approfondie, pendant ces journées de formation, permet de donner des outils aux participant·e·s, contribuant ainsi à la promotion d'un tourisme plus durable et orienté vers le patrimoine régional.



Localisation des ateliers dans le territoire du Géoparc M'Goun. Les numéros se réfèrent aux ateliers mentionnés dans le programme ci-dessous.

2- PROGRAMME

- Atelier 1 Empreintes de dinosaures : les richesses d'un parcours entre Imi-n-lfri et les Aït Bou Oulli
- Atelier 2 Des Aït Bou Oulli au Tizi-n-Tighist : badlands et gravures rupestres
- Atelier 3 Comprendre l'éboulement du Tizi-n-Tighza et découvrir le panorama du Jbel Tafenfent
- Atelier 4 Le cirque rocheux et les sources de Taghia
- Atelier 5 Le rocher de Mastfrane (la Cathédrale) et le travail de l'eau
- Atelier 6 Le musée du Géoparc M'Goun et son dinosaure géant

3- OBJECTIFS

- Favoriser la mise en valeur des géosites* du Géoparc M'Goun, en vue d'élargir l'offre touristique.
- Offrir aux formateurs et formatrices, guides, accompagnatrices et accompagnateurs en montagne, des journées de formation de base ou continue sur le terrain, afin d'améliorer leurs compétences dans les domaines suivants :
 - Analyse des paysages géologiques et géomorphologiques*
 - Connaissance des principales roches
 - Connaissance du système hydrologique* (cours d'eau permanents et temporaires, sources, etc.)
 - Connaissances en paléontologie* (fossiles, empreintes de dinosaures, etc.)
 - Observation de la relation entre les habitants du Géoparc M'Goun et leur environnement
- Mettre à disposition une documentation utile et adaptée aux participant·e·s.

Précision : ce cours ne traite pas de la problématique de la végétation.

4- PARTICIPANT·E·S

Ateliers destinés en priorité aux guides, accompagnateurs et accompagnatrices en montagne. Ouvert également aux étudiant·e·s, formateurs et formatrices ou autres personnes intéressées. 20 personnes au maximum par atelier, afin de maximiser les échanges.

5- DÉROULEMENT DES ATELIERS

Chaque atelier se déroule sur le terrain de la manière suivante :

1. **Introduction** : prise de contact avec les intervenant·e·s, objectifs et déroulement de la journée, mention des points forts à observer, distribution de la documentation.
2. **Excursion sur le terrain**, sous la conduite de spécialistes transmettant une information spécifique aux caractéristiques du paysage.
3. **Travaux pratiques en fonction des situations rencontrées** : élaboration de schémas, exercice de lecture des documents, recherche et analyse des roches et fossiles.
4. **Synthèse** : mémorisation des points forts de la journée, des principaux termes utilisés. Questions et commentaires.

6- LA DOCUMENTATION ET LEURS AUTEURS

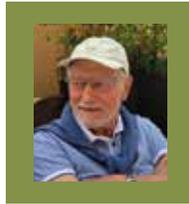
Un dossier pédagogique est donné pour chaque atelier. À l'issue de la formation, un dossier complet est remis à chacun.

Ce dossier a été élaboré par :



Jonathan Bussard

Géographe, doctorant à l'Université de Lausanne (Suisse), dont la thèse porte sur la protection et la mise en valeur des paysages géomorphologiques dans différentes régions de montagne.



Michel Monbaron

Géologue et géomorphologue, professeur émérite de l'Université de Fribourg (Suisse). Il a auparavant travaillé de 1976 à 1982 en tant que géologue au Service de la carte géologique du Maroc, à Rabat et mené par la suite de nombreuses recherches dans le Haut Atlas central.



Jacqueline Monbaron,

Spécialiste en formation des adultes, professeur retraitée de l'Université de Fribourg (Suisse).



Ces trois personnes ont conduit les six ateliers lors d'une première formation qui s'est déroulée en novembre 2022. Pour certains ateliers, un quatrième intervenant était présent : M. Mohamed Boutakiout, géologue, professeur retraité de l'Université de Rabat et membre du bureau de l'AGM.

7- MÉDIATION SCIENTIFIQUE : COMMENTAIRES AU DOSSIER

Ce dossier est organisé de la manière suivante :

- Une première partie intitulée « Documents généraux » comporte les schémas, photos et textes explicatifs relatifs à tous les ateliers. Les schémas sont tous expliqués, commentés sur le terrain ou dans des moments de médiation scientifique de la documentation. Par conséquent, les participants sont en mesure de s'y référer en tout temps sans difficulté.
- Une deuxième partie permet de s'approprier le contenu de chaque atelier : programme, thèmes traités, schémas, coupes stratigraphiques et photos avec brefs commentaires explicatifs, principaux mots-clés introduits ainsi que les « questions à approfondir ».
- À leur première apparition dans chaque nouveau chapitre, les mots spécifiques à la lecture du paysage (géologie, géomorphologie, paléontologie, etc.) seront suivis d'une *. Ils seront expliqués à la fin du dossier dans le « Glossaire ».
- Chaque atelier a pour but de traiter cinq aspects qui seront à chaque fois rappelés et repris en conclusion de la journée :



Paysage



Paléontologie



Eau



Relation de
l'humain à son
environnement



Roche



DOCUMENTS
GÉNÉRAUX

1- LE GÉOPARC M'GOUN DANS SON CONTEXTE GÉOLOGIQUE

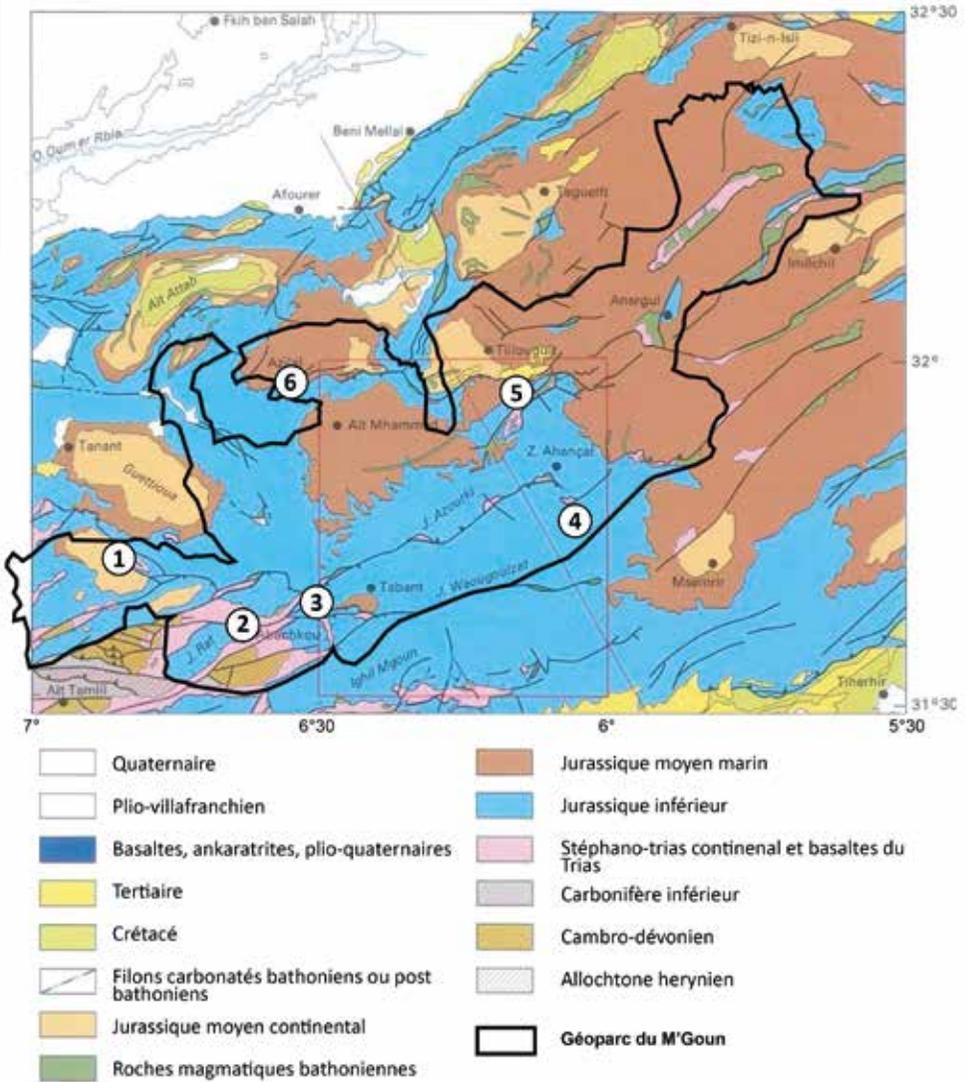
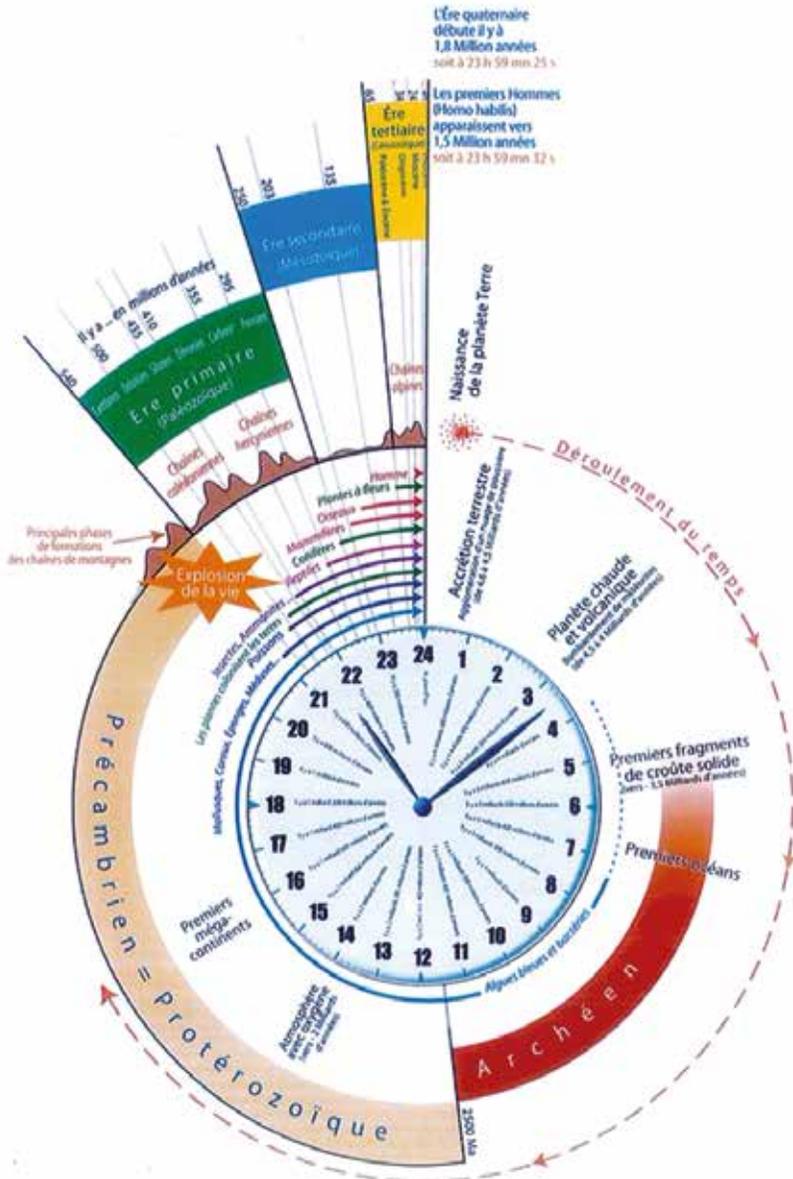


Schéma structural* de la région du Géoparc M'Goun (Jossen J.-A., 1990, Carte géologique du Maroc, feuille Zawyat Ahançal au 1:100'000)

Commentaire : Ce schéma structural montre les limites du Géoparc M'Goun et la localisation des différents ateliers. Les formations rocheuses datent principalement du Trias* (en rose), du Jurassique* inférieur (Lias* en bleu), du Jurassique moyen et supérieur (Dogger* et Malm* en brun et en beige), du Crétacé* (en vert) et du Tertiaire* (en jaune). Les terrains les plus récents du Quaternaire* (plaine de Beni Mellal – hors du Géoparc) sont en blanc. L'âge de ces périodes géologiques est précisé plus loin (p. 13).

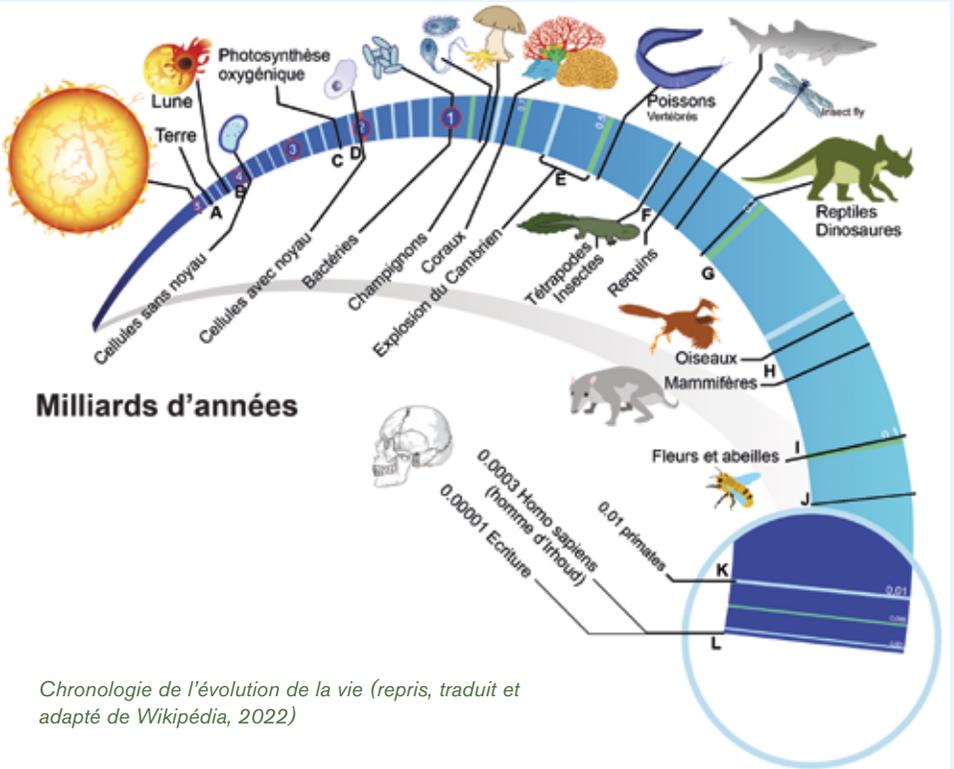
2- HORLOGE DES TEMPS GÉOLOGIQUES



Horloge des temps géologiques (selon Hantzpergue et Bichet, 2007)

Commentaire: Sur cette horloge fictive divisée en 24 heures, les principaux événements de l'histoire de la planète Terre sont indiqués, dès sa formation initiale il y a 4,54 milliards d'années. On peut y observer que l'apparition des humains (*Homo habilis*) ne se produit que durant la toute dernière minute de cette très longue histoire.

3- CHRONOLOGIE DE L'ÉVOLUTION DE LA TERRE ET DE LA VIE



Commentaire : Ce schéma précise les principales étapes de formation de la Terre et du développement de la vie. Certaines étapes cruciales sont précisées ci-dessous de A, B, C... à L. Le terme apparition se réfère au moment où le phénomène ou la forme de vie citée(s) s'est manifesté(e) pour la première fois. Le terme extinction* rend compte du moment de la disparition relativement brutale de certains groupes d'organismes. Exemple : la disparition des dinosaures il y a 66 millions d'années.*

Sur la bande bleue de ce schéma :

- 1, 2, 3... correspondent à 1 milliard, 2 milliards, 3 milliards d'années (etc.)
- 0,1, 0,2... correspondent à 100 millions, 200 millions d'années (etc.)
- 0,01, 0,02... correspondent à 10 millions, 20 millions d'années (etc.)
- 0,0001, 0,0002... correspondent à 10.000, 20.000 ans (etc.)

Principales étapes :

- A. - 4,54 milliards d'années : formation de la Terre*
- B. - 4,28 milliards d'années : plus anciennes formes de vie attestées*
- C. - 2,45 milliards d'années : apparition de la photosynthèse oxygénique*
- D. - 2,1 milliards d'années : apparition des premiers organismes multicellulaires*
- E. entre - 575 et - 500 millions d'années : explosion du Cambrien**
- F. entre - 400 et -360 millions d'années : apparition des insectes, des graines et des animaux à poumons*
- G. - 230 millions d'années : apparition des dinosaures*
- H. entre -180 et -160 millions d'années : apparition des oiseaux et des mammifères*
- I. entre -135 et -100 millions d'années : apparition des plantes à fleurs*
- J. - 66 millions d'années : extinction des dinosaures*
- K. - 10 millions d'années environ : apparition des primates*, ensuite des homo sapiens* (-300'000 ans)*
- L. - 10.000 ans : apparition de l'écriture*



Le désert, le Sinaï, l'Égypte et la Mer Rouge. Photo prise par l'astronaute Thomas Pesquet de son vaisseau spatial, alors qu'il passait 6 mois dans l'espace lors de la mission Proximas, en 2016.

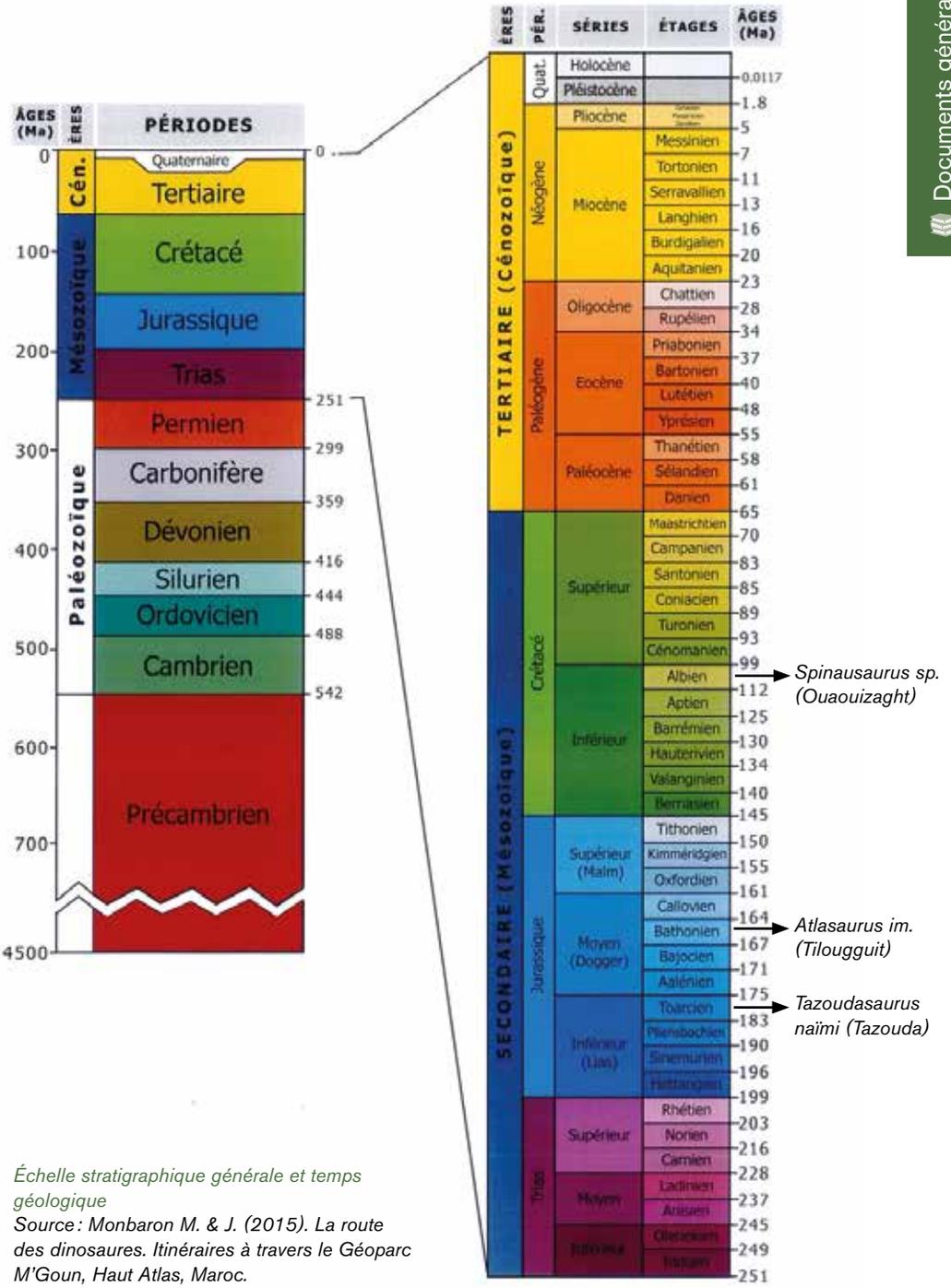
4- ÉCHELLES STRATIGRAPHIQUES DES FORMATIONS ROCHEUSES DU GÉOPARC M'GOUN



© J. Monbaron, 2022

Les deux échelles stratigraphiques* du document qui suit renseignent sur la nomenclature des différentes unités de temps géologique, ainsi que leur durée en millions d'années (Ma).

- La colonne de gauche situe les différentes ères géologiques (Précambrien – Paléozoïque – Mésozoïque – Cénozoïque) ainsi que les noms des différentes périodes.
- La colonne de droite concerne les roches de la région du Géoparc M'Goun. Elle identifie notamment:
 - Les différentes périodes géologiques: Trias (violet et mauve) – Jurassique (bleu) – Crétacé (vert) – Miocène* (jaune) – Quaternaire (blanc)
 - Les différentes séries géologiques, par exemple: Jurassique moyen ou Dogger - Miocène - ...
 - Les différents étages géologiques, par exemple: Rhétien (203 à 199 Ma) – Bathonien* (167 à 164 Ma) – Messinien (7 à 5 Ma) - ...
 - La position des couches contenant les dinosaures trouvés dans le Géoparc M'Goun.



Échelle stratigraphique générale et temps géologique
 Source: Monbaron M. & J. (2015). La route des dinosaures. Itinéraires à travers le Géoparc M'Goun, Haut Atlas, Maroc.

→ *Spinausaurus sp.* (Ouaouizaght)
 → *Atlasaurus im.* (Tilouguit)
 → *Tazoudasaurus naimi* (Tazouda)

5- FORMATION DE LA CHAÎNE DE L'ATLAS: UNE LONGUE HISTOIRE!

- Pour la bonne compréhension de cette description, se référer aux échelles stratigraphiques de la page précédente!
- Par tectonique*, nous pensons à l'ensemble des mécanismes de soulèvement et plissement subis par l'Atlas pendant sa création
- Par sédimentation*, nous pensons à l'ensemble des particules plus ou moins grandes qui ont été déposées au cours des millions d'années pour former les différentes couches de roches de l'Atlas.

La tectonique de l'Atlas

Le Géoparc M'Goun est situé dans le Haut Atlas central. Ce segment montagneux appartient au vaste système des Atlas, longue chaîne* intracontinentale s'étendant sur plus de 2'000 km entre Agadir et le Golfe de Bizerte (Tunisie). Dès la fin du Trias - début du Jurassique, il y a environ 200 millions d'années, un fossé* tectonique s'est ouvert au sein du continent, dans lequel se sont déposées d'épaisses couches de sédiments.

Le soulèvement principal de la chaîne de l'Atlas est relativement tardif. Il débute à la fin de l'Oligocène* et se poursuit jusqu'au Pliocène*, soit entre 20 et 5 millions d'années. C'est pendant cette période que le fossé atlasique s'est refermé: en se rapprochant par un mouvement de compression, ses deux lèvres sud et nord ont éjecté et plissé les roches qu'il contenait.

La sédimentation de l'Atlas

Les roches du Géoparc M'Goun illustrent bien l'alternance des conditions de dépôts dans ce fossé qui furent tantôt marines, tantôt continentales. Pour ce qui concerne les roches du Haut Atlas central :

- Le Trias présente un processus de sédimentation continentale (dépôts de grès* et de pélites* rouges, entrecoupés par des coulées* volcaniques).
- Le Jurassique et le Crétacé se caractérisent par une alternance répétée de processus tantôt marin, tantôt continental :
 - a. une sédimentation marine (calcaires* et dolomies*) au Lias inférieur et moyen ;
 - b. des couches continentales au Lias supérieur (grès et marnes*, contenant notamment le dinosaure *Tazoudasaurus**) ;
 - c. à nouveau une sédimentation marine au Jurassique moyen (Bajocien*) ;
 - d. un retour aux conditions continentales dès le Bathonien (période où vivait *Atlasaurus imelakei**) jusqu'au début du Crétacé ;
 - e. la mer revient à l'Aptien ;
 - f. cet épisode est suivi par un Albien à nouveau continental (des restes de dinosaure *Spinosaurus** y ont été trouvés près de Wawizaght) ;
 - g. finalement, la mer réapparaît au Cénomanién.
- Le long intervalle qui suit (entre environ 70 et 10 Ma) est mal connu dans ce secteur de l'Atlas. Des sédiments continentaux tardifs (conglomérats*), datés du Mio-Pliocène (Mastfrane – La Cathédrale), sont contemporains de la période du soulèvement – plissement principal de la chaîne.



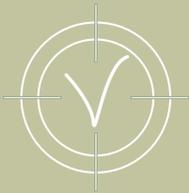
ATELIER 1
EMPREINTES DE
DINOSAURES :
les richesses d'un
parcours entre Imi-
n-Ifri et les
Aït Bou Oulli





ATELIER 1- EMPREINTES DE DINOSAURES : les richesses d'un parcours entre Imi-n-Ifri et les Aït Bou Oulli

Empreintes d'un dinosaure bipède carnivore (Théropode) imprimées dans une ancienne boue (silt) asséchée après son passage. Cette roche présente un damier de fentes de dessiccation caractéristiques de l'assèchement du sédiment après son dépôt et le passage du dinosaure il y a 165 millions d'années (Ma).*



1- BUT DE L'ATELIER

Le but de cet atelier est de donner aux participant·e·s la possibilité d'acquérir des connaissances sur les différents sites traversés entre Imi-n-Ifri et les Aït Bou Oulli :

- les géosites* les plus importants de la région :
 - le pont naturel d'Imi-n-Ifri
 - les différents sites d'empreintes* de dinosaures des Aït louaridene et de Aït Blal
- la superposition de couches de résistance différente face à l'érosion*
- l'influence de la tectonique* sur l'architecture du paysage.

2- DÉROULEMENT ET CONTENU DE LA JOURNÉE

09h00	Rendez-vous sur le Pont d'Imi-n-Ifri (arrêt 1): Introduction – présentation des objectifs de la journée, des participant·e·s et des intervenant·e·s Le pont d'Imi-n-Ifri: structure et formation
10h00	Les différentes empreintes de dinosaures des Aït louaridene: Théropodes* (arrêt 2) et Sauropodes* (arrêt 3)
11h45	Panorama des Aït louaridene (arrêt 4): lecture du paysage et stratigraphie*
	Pause – Casse-croûte
13h30	Déplacement en direction d'Aït Blal: lecture et analyse du paysage
14h30	Aït Blal (arrêt 5): empreintes de Coelurosaures* Paysage et tectonique*: travaux pratiques pour distinguer les plissements* successifs
15h30	En direction de Tacht (arrêt 6): observation de la stratigraphie, d'une succession de plis et d'empreintes éparées de dinosaures
16h15	Gîte de Tiferte: bilan de la journée, état des connaissances, questions
17h00	Fin de l'atelier

3- CARTE TOPOGRAPHIQUE



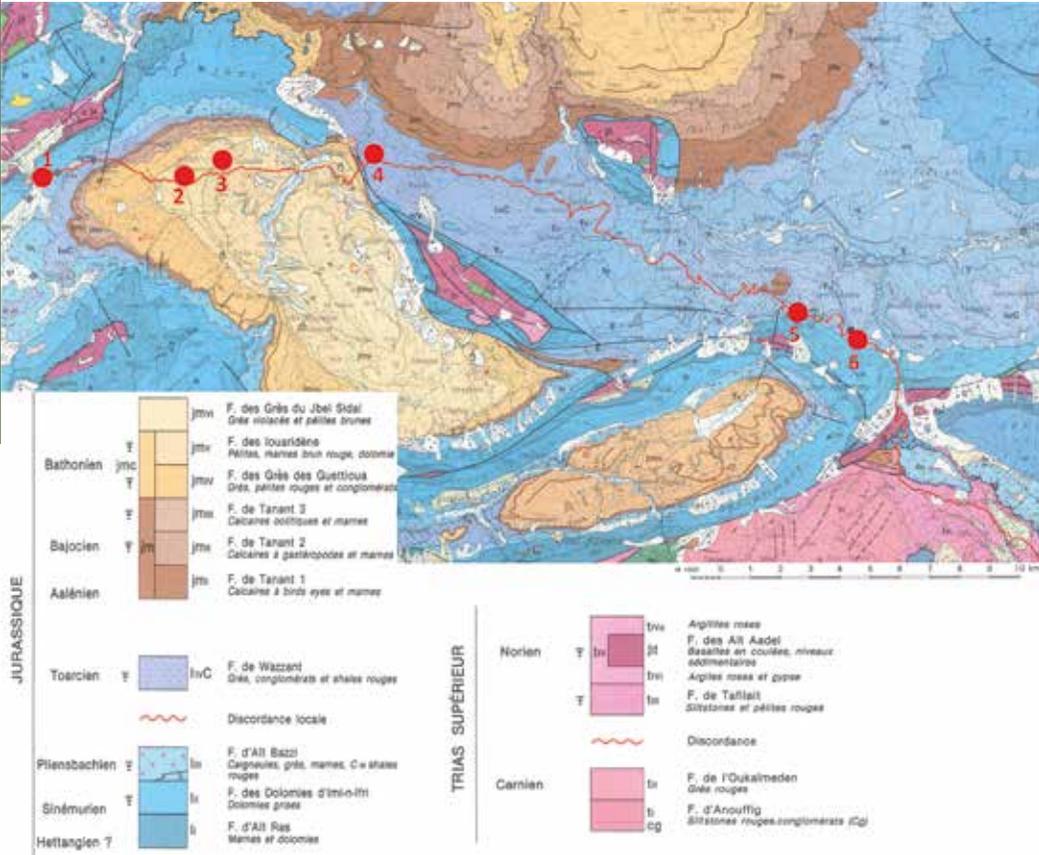
Carte topographique de la région d'Iouaridene / Aït Blal

Fond de carte: © OpenTopoMap. Cartographie: J. Bussard, 2022

Commentaire

- **Arrêt 1** : pont naturel d'Imi-n-lfri
- **Arrêt 2** : site entouré d'un mur à côté de la route avec empreintes de *Théropodes**
- **Arrêt 3** : site de Taghbalout avec larges empreintes de *Sauropodes** (*Atlasaurus imelakei*)
- **Arrêt 4** : vue sur le bassin des Aït Iouaridene, lecture du paysage
- Déplacement en direction d'Aït Blal: passage de couches peu résistantes (*marnes** et *marno-calcaires**, formation de Wazzant) à des couches plus résistantes (*calcaires** et *dolomies** d'Aganane). Puis retour vers des couches peu résistantes (formation de Wazzant)
- **Arrêt 5** : site à empreintes de *Coelurosaures** (*bipèdes carnivores*) d'Aït Blal
- **Arrêt 6** : observation de plis en cascade sur le flanc nord-est du Jbel Igounane

4- CARTE GÉOLOGIQUE DE LA RÉGION D'IOUARIDENE – AÏT BLAL



Carte géologique de la région d'Iouaridene (modifiée d'après Jenny J., 1985, Carte géologique du Maroc, feuille Azilal au 1:100'000)

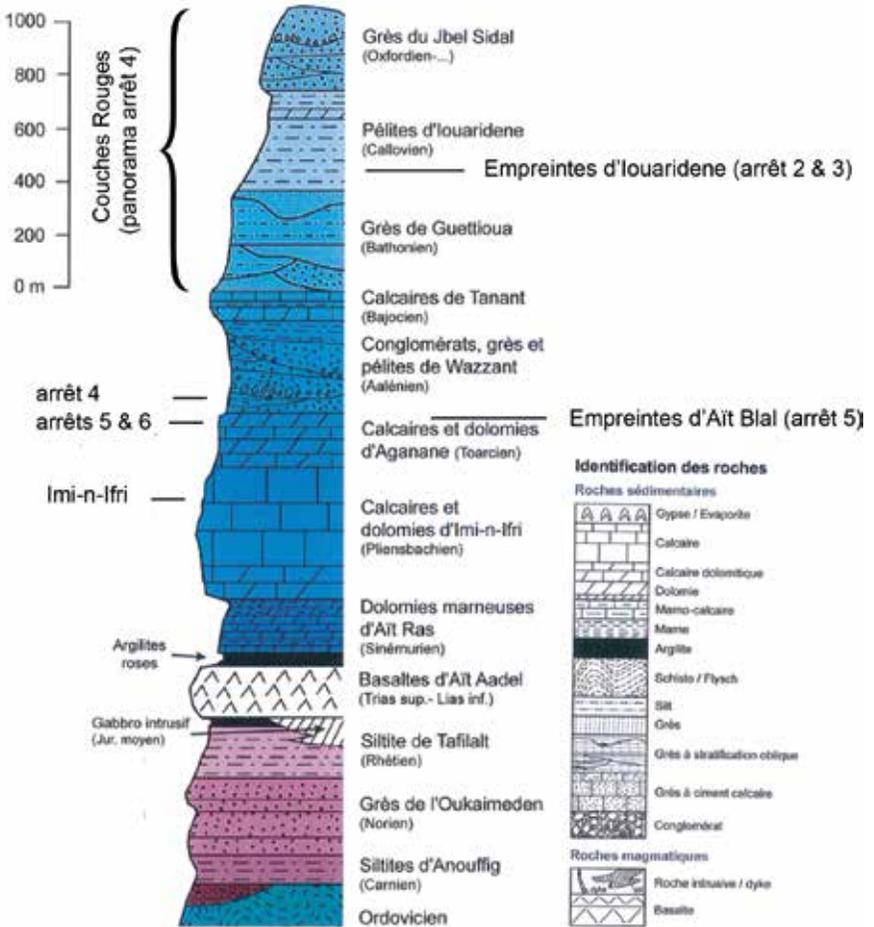
Commentaire

Trois synclinaux du Jurassique du moyen sont indiqués en brun et beige :

- Au nord, la partie méridionale du synclinal* de Guettioua
- Au centre, le synclinal d'Aït Iouaridene, orienté NW – SE. Il contient de très nombreuses empreintes de dinosaures.
- Au sud, le synclinal perché d'Aït Toutline, orienté WSW – ENE

Les formations du Lias en bleu forment l'ossature des anticlinaux*.

5- STRATIGRAPHIE DE LA RÉGION



Stratigraphie de la région de la vallée des Aït Bou Oulli (Monbaron M. & J., 2015, La Route des dinosaures. Itinéraires à travers le Géoparc M'Goun, Haut Atlas, Maroc)

Commentaire

Cette colonne stratigraphique présente les principales formations rocheuses régionales observées pendant la journée :

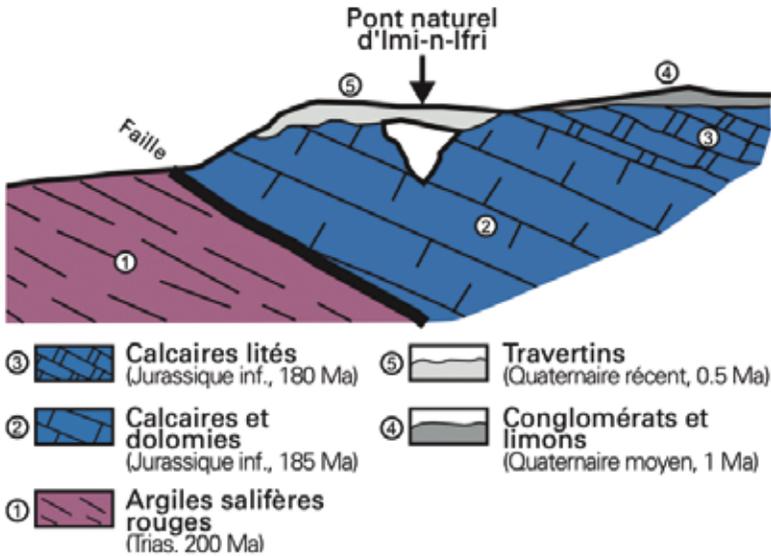
- la situation stratigraphique des principaux arrêts est précisée
- la trilogie Grès* de Guettioua / Pélites* d'Iouaridene / Grès* du Jbel Sidal constitue ce qu'on appelle les Couches Rouges du Jurassique moyen-supérieur

Le schéma identification des roches aide à caractériser les différentes roches présentes dans la colonne stratigraphique.

NB: les noms de lieux qui suivent un nom de roche (par exemple : calcaires et dolomie d'Imi-n-lfri, etc.) se réfèrent aux endroits où cette roche est très caractéristique.



6- PONT NATUREL D'IMI-N-IFRI



Coupe géologique d'Imi-n-Ifri (Monbaron M. & J., 2015, *La Route des dinosaures. Itinéraires à travers le Géoparc M'Goun, Haut Atlas, Maroc*)

L'Assif Tissilt draine les eaux du vaste synclinal de Tisgui situé au SE du site. Elles ont tranché pendant des dizaines de milliers d'années l'épaisse barre rocheuse des calcaires et dolomies d'Imi-n-Ifri.

Parallèlement, des sources émergeaient à cet endroit sur les deux rives du cours d'eau. Chargées de carbonates dissous qui précipitaient* à leur arrivée à l'air libre, elles ont peu à peu construit des masses de travertins* qui ont fini par se rejoindre et former une superbe arche par-dessus la tranchée. Actuellement, tant le sciage de la roche par la rivière que la production de travertin se poursuivent inexorablement.

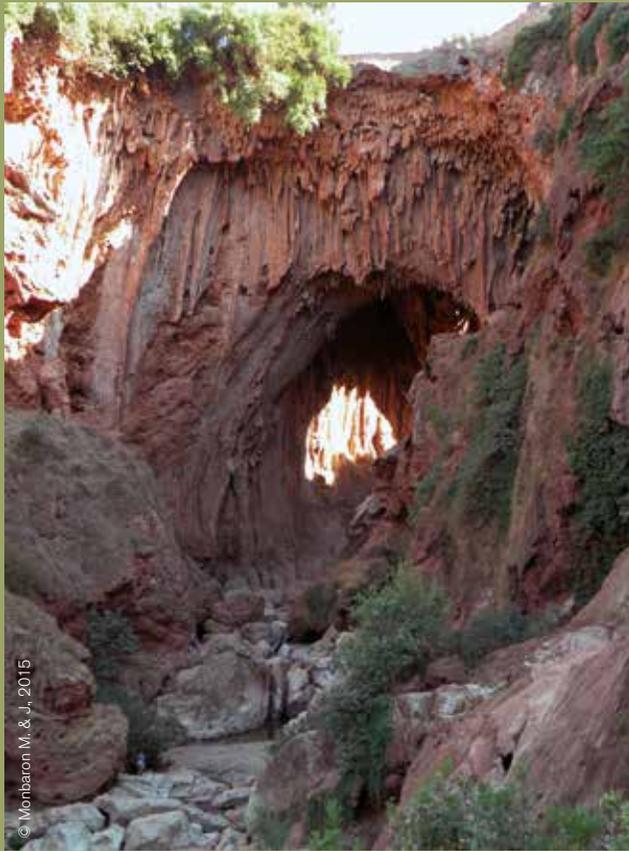
Ce monument naturel est très fragile. Le plus grand danger est dû au trafic lourd (camions et bus) qui transite sur le pont.



L'ASTUCE !

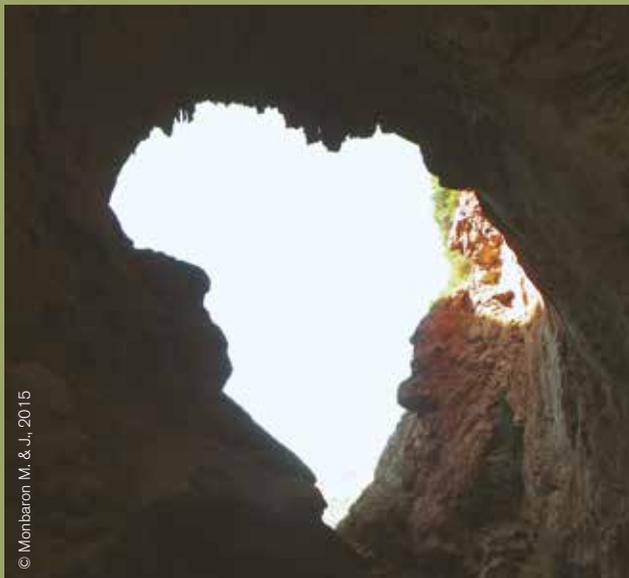


Avoir avec soi une petite bouteille contenant de l'acide chlorhydrique dilué à 10 % facilite l'identification des roches. En déposer quelques gouttes sur un caillou permet de savoir si nous sommes en présence de calcaire. L'HCl provoque une effervescence sur le calcaire, mais pas sur la dolomie, ni sur le granite, le gneiss ou autres roches magmatiques.



© Monbaron M. & J., 2015

*Le pont naturel vu de l'aval**



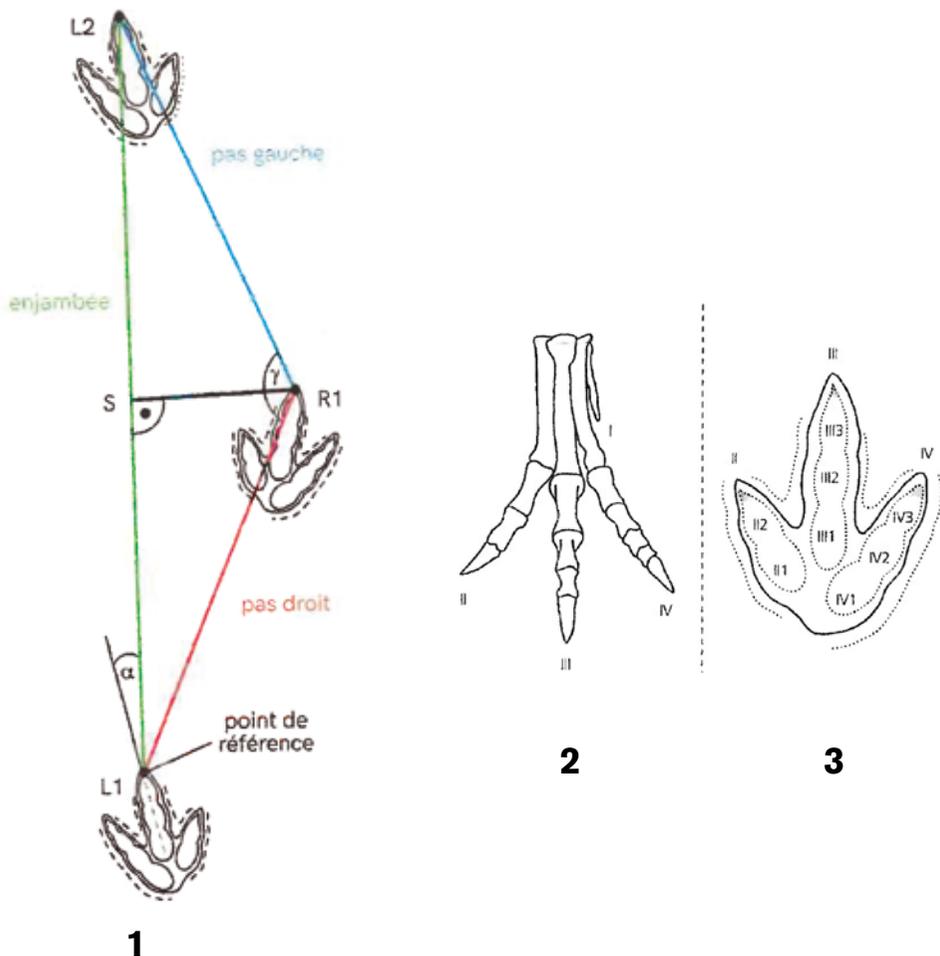
© Monbaron M. & J., 2015

Sous l'arche, entre roches et ciel, on imagine l'Afrique

7- CARACTÉRISTIQUES DES EMPREINTES DE DINOSAURES

Les schémas ci-après présentent les caractéristiques des membres et des empreintes de deux types de dinosaures.

7.1. Théropode tridactyle* carnivore

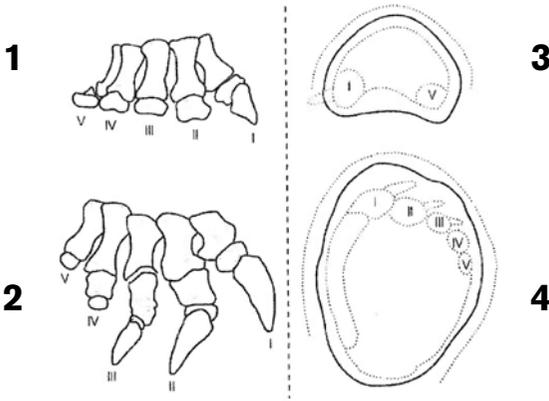


Paratte G., Friedli V., Comment G. (2019). PaléOdyssee, 20 ans de recherches au fil de la Transjurane. Office de la Culture + SJE Porrentruy (Suisse)

Commentaire

1. Enjambées d'un théropode carnivore
2. Squelette d'un membre postérieur
3. Détails d'une empreinte sur le sol

7.2. Sauropode quadrupède herbivore



Paratte G., Friedli V., Comment G. (2019). *PaléOdyssée, 20 ans de recherches au fil de la Transjurane*. Office de la Culture + SJE Porrentruy (Suisse)

Commentaire

- *Squelette d'une patte antérieure (1) et postérieure (2)*
- *Détails des empreintes sur le sol d'un pas de membre antérieur (3) et d'un pas de membre postérieur (4)*

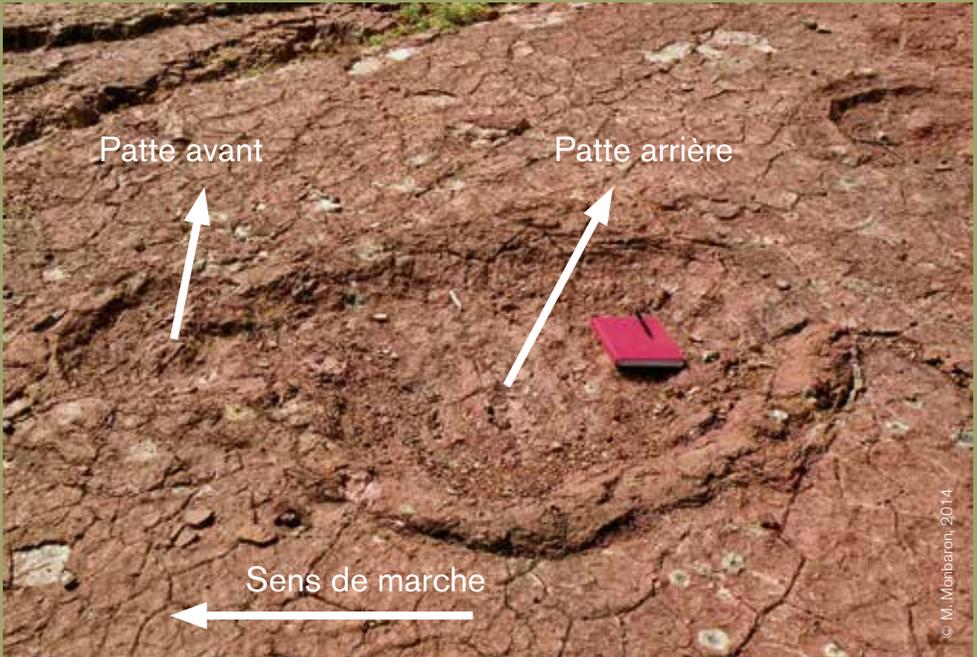
Les Sauropodes marchaient sur les doigts des membres antérieurs (digitigrades) et sur la plante des membres postérieurs (plantigrades).

LES EMPREINTES DE DINOSAURES DES AÏT IOUARIDENE EN DANGER!

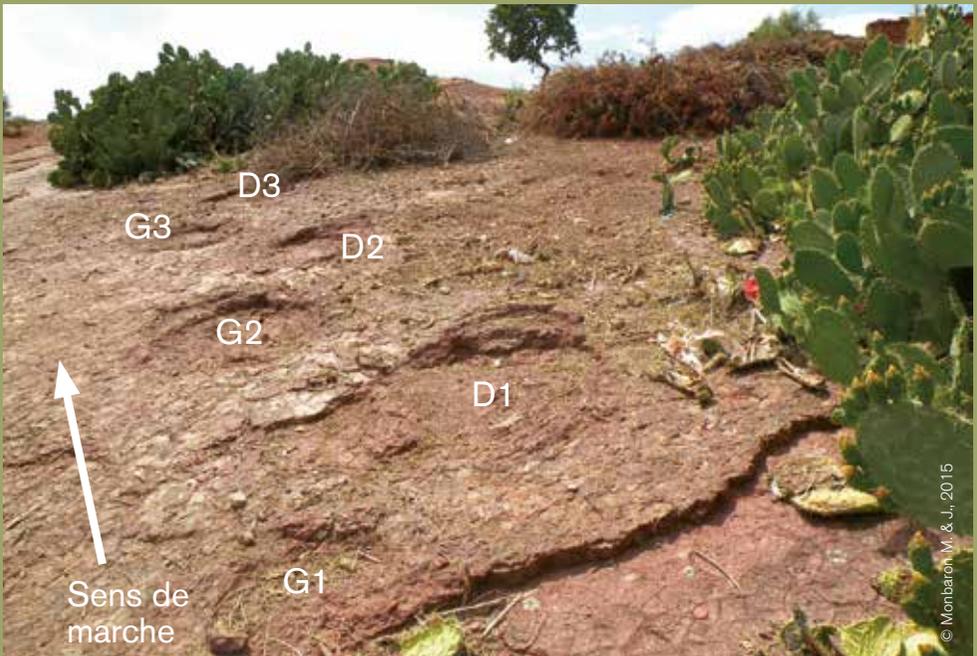
De gros dinosaures sauropodes et théropodes pataugeaient en ces lieux au Bathonien (165 Ma), au bord de marécages sur une vaste plaine couverte de terre argileuse. Ils y ont laissé de remarquables empreintes de pas, qui constituent un patrimoine scientifique et culturel d'importance mondiale. Elles sont pour l'instant sans protection efficace. Leur avenir est donc très problématique, pour plusieurs raisons :

- La pluie, le vent, les oscillations thermiques, la croissance de la végétation agressent quotidiennement les couches de silts et pélites très fragiles qui portent les empreintes. Les milliers de microfissures qui les parsèment sont autant de points d'infiltration pour l'eau qui peut geler en les faisant éclater, ou pour les racines qui, en croissant, les soumettent à forte pression et les disloquent.

- Le piétinement des dalles par les hommes et les animaux use peu à peu les sites à empreintes. Les propriétaires des lieux les parcourent quotidiennement pour vaquer à leurs travaux agricoles et les touristes curieux, dans leur quête d'une photo originale, ne sont pas en reste. Sans parler des constructions en parpaing qui prolifèrent. . .
- Que restera-t-il de ces empreintes dans quelques années ? Un mur de protection a été construit en 2014 autour du site le plus proche de la route. Il est possible d'entrer dans l'enceinte en demandant la clef au gardien, dans la maison sur la droite. Mais d'autres enclos et des toitures de protection doivent être édifîés de toute urgence. Motiver les habitants et les impliquer dans la réalisation de ces mesures est un gage de succès pour cette opération de sauvetage.



Empreintes de pattes avant et arrière d'un grand sauropode



Piste de grand sauropode de Taghbalout: trois pas gauches (G) et trois pas droits (D)

8- LE BASSIN DES AÏT IOUARIDENE



Le bassin des Aït Iouaridene et ses couches rouges

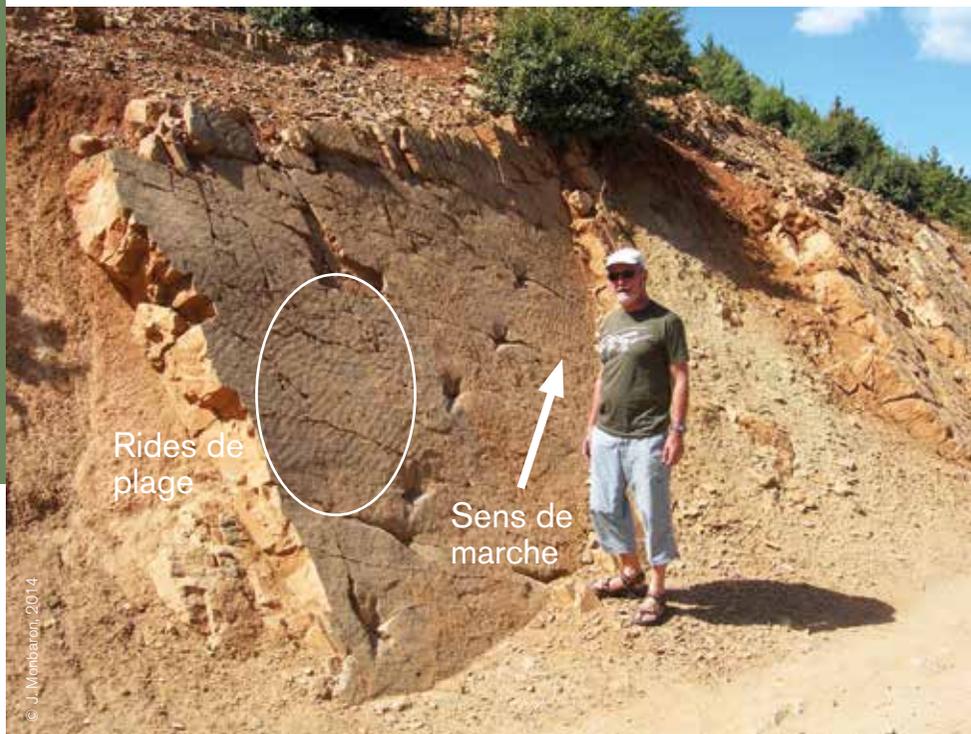
Commentaire

Que voit-on sur cette photo ?

- *Sur la gauche, la formation résistante des grès du Jbel Sidal qui forme un relief marquant ;*
- *Au centre, la majeure partie de l'espace est occupée par les Pélites* d'Iouaridene, qui contiennent les nombreux sites d'empreintes de dinosaures ;*
- *Les Grès de Guettioua sont ici assez mal identifiables ;*
- *À droite émergent les calcaires et les dolomies du Jbel Jiber (Lias) ainsi que leur base de grès et de cargneules*.*



9- EMPREINTES DE COELUROSAURE À AÏT BLAL



Empreintes de Coelurosaure sur dalle de calcaire (arrêt 5)*

Commentaire

La roche où sont imprimées les empreintes est une ancienne boue calcaire consolidée après le passage de l'animal, il y a environ 180 Ma. On se trouvait vraisemblablement en bordure d'une mer, puisque des rides créées par de faibles courants (rides de plage) sont visibles à la surface de la roche. L'animal qui a passé par là était un petit dinosaure théropode très proche, par son squelette, des futurs oiseaux.*

10- LES STRUCTURES TECTONIQUES D'AÏT BLAL



Commentaire

Juste à côté des empreintes de *Coelurosaures*, on peut observer dans la roche calcaire (Formation d'Aganane) de magnifiques plissements*. Sur la photo, un beau synclinal suivi d'un anticlinal très pointu.

11- SUCCESSION DE PLIS PRÈS DE TIFERTE

*Commentaire*

En progressant en direction de Tacht, dans un ravin à côté de la route, une belle succession de plis synclinaux (S) et anticlinaux (A) est visible. Elle impacte les couches de calcaires et dolomies d'Aganane (voir ci-dessus sous point 5 : stratigraphie de la région). Elle témoigne des forces de plissement tectonique qui ont créé toutes ces structures lors du plissement atlasique (Mio-Pliocène, entre -20 et -5 Ma). Les couches redressées à la verticale (à droite de la photo) constituent le flanc nord-oriental de l'anticlinal principal de ce secteur, le Jbel Aroudane.



12- À RETENIR



Paysage

Un anticlinal est un pli convexe  au cœur duquel se trouvent les couches les plus anciennes. Un synclinal est un pli concave  au cœur duquel se trouvent les couches les plus récentes.



Roches

Dans la région du géoparc M'Goun, l'expression Couches Rouges désigne la superposition des trois formations rocheuses, de couleur dominante rouge brique avec :

- à la base les Grès de Guettioua contenant des ossements de dinosaures
- au milieu les Pérites d'Iouaridene riches en empreintes
- au sommet les Grès du Jbel Sidal

Tout ce qui est rouge dans la région n'appartient pas forcément à cet ensemble, comme, par exemple, les grès rouges du Trias !



Eau

Sous le pont naturel, la vallée en forme de V découpée dans les calcaires et dolomies d'Imi-n-lfri a été formée par l'enfoncement du cours d'eau Assif Tissilt pendant des milliers d'années. On parle en ce cas d'érosion linéaire par le cours d'eau.



Paléontologie

Le parcours est très riche en empreintes de dinosaures. Ces empreintes laissées il y a longtemps par les Sauropodes, Théropodes et Coelurosaures dans les sédiments sont des ichnofossiles, qui sont étudiés par des ichnologues.



Relation de l'humain à son environnement

Il est important que les habitants de la région du Géoparc aient conscience de la valeur du patrimoine paléontologique que représentent les empreintes de dinosaures, et qu'ils en prennent soin. Il serait nécessaire de soutenir, même financièrement, les propriétaires des secteurs contenant des empreintes, afin qu'ils participent activement à la gestion de ces sites, et accueillent bien les visiteurs. Ils pourraient même leur donner quelques informations de base.





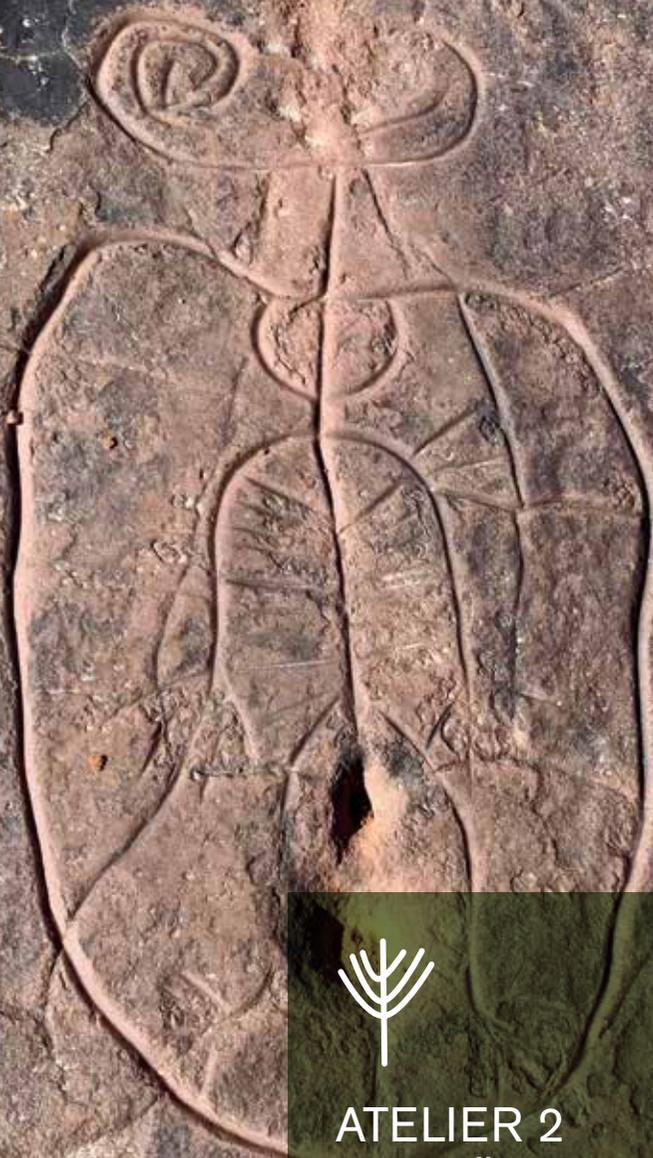
13- CONSTAT

Situé sur le trajet direct Marrakech - Aït Bouguemez, le parcours de cet atelier permet aux guides et accompagnateurs de proposer quelques arrêts variés, intéressants et qui sauront éveiller la curiosité des touristes. Il leur est donc vivement conseillé de prendre le temps de s'arrêter aux différents arrêts décrits dans ce document.

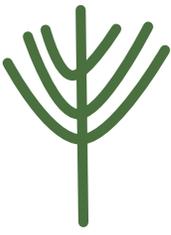


14- QUESTIONS À APPROFONDIR

Comment préserver la beauté et l'intérêt de ces sites (Pont Naturel, empreintes, vastes paysages) sans qu'ils soient détériorés ou que des maisons en parpaing les défigurent ou en limitent l'accès ? Conscientiser les habitants à la valeur de ce patrimoine doit être possible, sans pour autant empêcher le développement de la région ni entraver le mieux-être des populations locales. La promotion d'un tourisme durable peut y contribuer. Toute idée novatrice est ici la bienvenue...



ATELIER 2
DES AÏT BOU OULLI
AU TIZI-N-TIGHIST :
badlands et gravures
rupestres

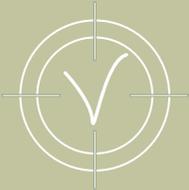


ATELIER 2 - DES AÏT BOU OULLI AU TIZI-N-TIGHIST : badlands et gravures rupestres



© J. Bussard - 2021

Formes d'érosion typiques de la vallée des Aït Bou Oulli nommées «badlands», créées par l'action de l'eau sur les argiles et les siltites roses.



1- BUT DE L'ATELIER

Le but de cet atelier est de donner aux participant·e·s la possibilité d'acquérir des connaissances sur deux sites majeurs des Aït Bou Oulli :

- la région de Tarbat-n-Aït Moussa, dans un paysage riche en couleurs contrastées, sculpté par une forte érosion* dans un ensemble de roches du Trias*
- Le Tizi-n-Tighist, ses gravures rupestres et son panorama au pied du Jbel Rat

2-DÉROULEMENT ET CONTENU DE LA JOURNÉE



© J. Monbaron, 2022

09h00	Rendez-vous à Souk Sebt des Aït Bou Oulli Introduction – présentation des objectifs de la journée, des participant·es et intervenant·es
09h30	Déplacement en voiture jusqu'au parking de Tarbat-n-Aït Moussa
10h00	Marche dans les ravines* creusées dans les argilites* et siltites* roses (arrêt 1).
12h30	Pause – Casse-croûte
13h30	Retour aux voitures – Déplacement vers le Tizi-n-Tighist
14h30	Site et musée des gravures rupestres du Tizi-n-Tighist et contexte stratigraphique* (arrêt 2)
15h45	Retour en voiture vers Souk Sebt
16h15	Auberge près de Bougal : bilan de la journée, état des connaissances, questions
17h00	Fin de l'atelier



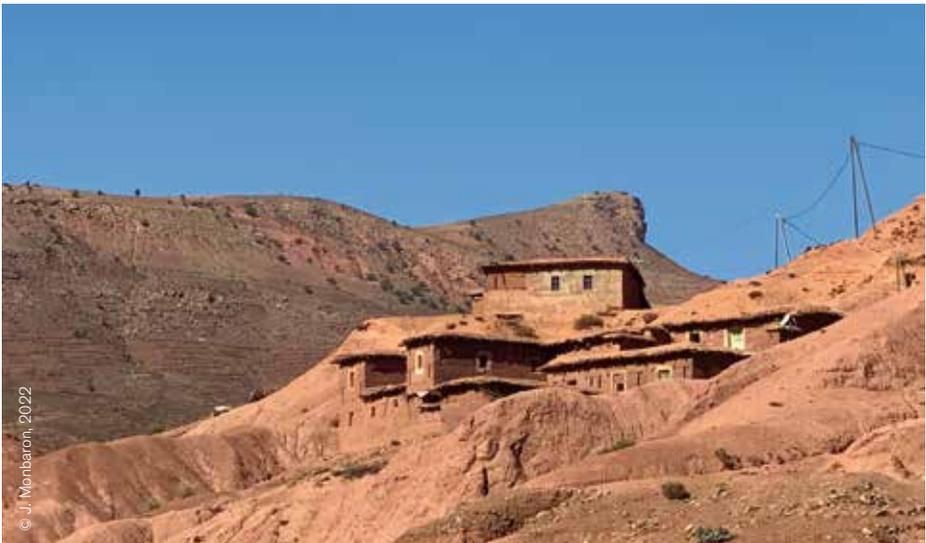
3- CARTE TOPOGRAPHIQUE



Carte topographique de la région Aït Bou Oulli /Tizi-n-Tighist
Fond de carte: © OpenTopoMap. Cartographie: J. Bussard, 2022

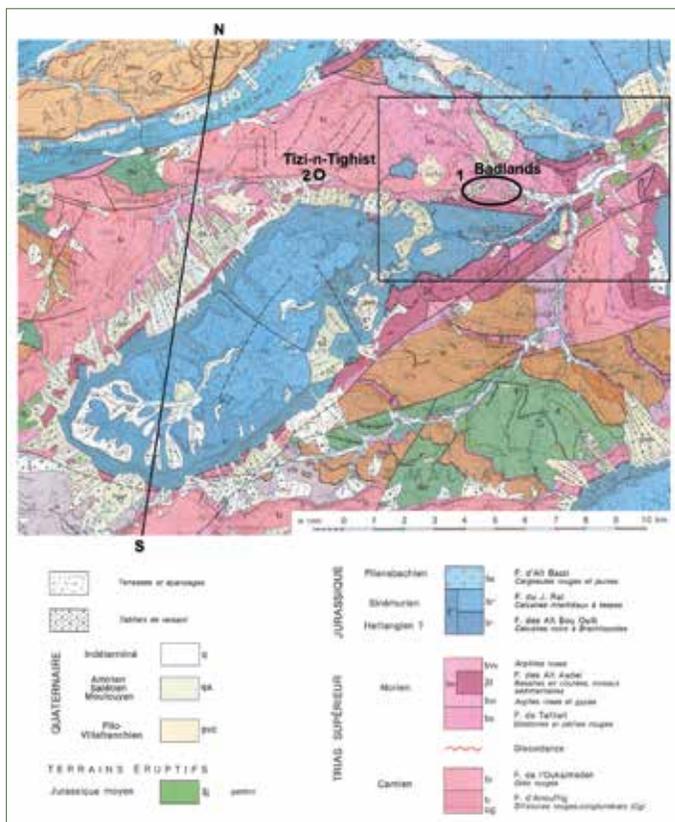
Commentaire

- **Arrêt 1** : balade dans les badlands*
- **Arrêt 2** : observation des gravures rupestres, dans l'enclos et aux alentours. Visite du petit musée. Analyse de la structure géologique du Jbel Rat.



Habitations en style traditionnel et en harmonie avec les roches locales (argiles et pélites du Trias)

4- CARTE GÉOLOGIQUE DE LA RÉGION DES AÏT BOU OULLI – JBEL RAT



Carte géologique du Jbel Rat et de la vallée des Aït Bou Oulli

Source: Jenny J. (1985), Carte géologique du Maroc, feuille Azilal au 1:100'000

Le trait oblique N-S correspond à la coupe géologique de la page 44.

Commentaire

La géologie de cette région est très différenciée:

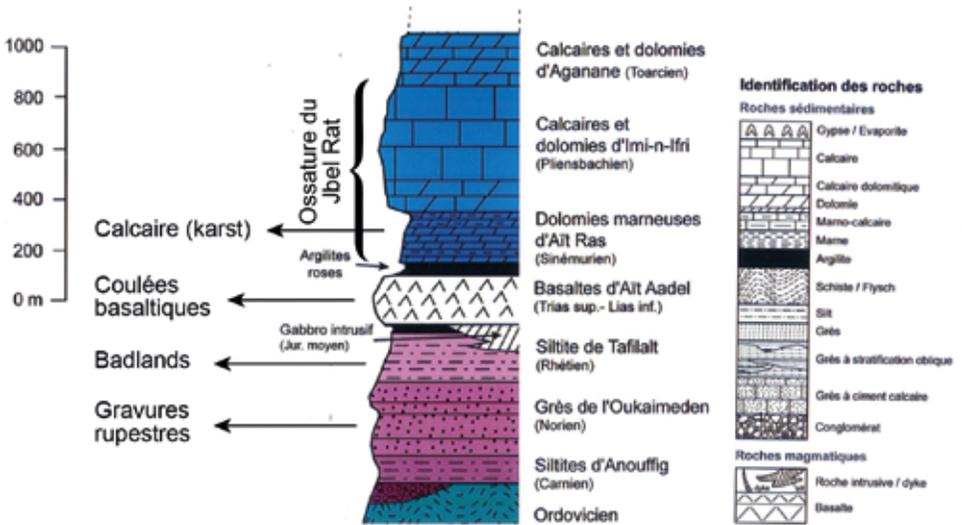
- Le secteur des badlands de Souk Sebt – Tarbat-n-Aït Moussa (dans l'encadré, arrêt 1) est essentiellement formé d'argiles et de siltites datant du Trias (tIV datées du Norien*, couleur rose sur la carte). Au-dessus de ces roches, on observe des coulées* volcaniques de la même époque (couleur bordeaux sur la carte). Des intrusions* de gabbro* datées du Jurassique moyen (couleur verte sur la carte) sont également visibles.
- Les gravures du Tizi-n-Tighist (arrêt 2) ont été tracées sur des couches de grès* très compacts (Grès de l'Oukaïmeden – t-datés du Carnien* – couleur rose-mauve sur la carte).
- Le synclinal perché* du Jbel Rat (calcaires et dolomies du Lias, en bleu sur la carte) est posé sur ces formations du Trias.
- Les zones en blanc sur la carte représentent des formations très récentes (Quaternaire*). Ce sont le plus souvent des tabliers d'éboulis* sur les versants.
- La zone au Sud-Est du Rat comprend des roches de l'ère primaire* non observées durant l'atelier.





Paysage de badlands de la vallée des Aït Bou Oulli

5- STRATIGRAPHIE* DE LA RÉGION DES AÏT BOULLI



Stratigraphie de la région de la vallée des Aït Bou Oulli

Modifié d'après Monbaron M. & J. (2015). La Route des dinosaures. Itinéraires à travers le Géoparc M'Goun, Haut Atlas, Maroc

Commentaire

Cette colonne stratigraphique présente les principales formations rocheuses régionales observées pendant la journée :

- la situation stratigraphique des éléments du paysage géomorphologique est précisée
- les roches de l'ossature du Jbel Rat, même observées à distance, constituent un repère important, raison pour laquelle elles sont mises en évidence ici.

Le schéma identification des roches aide à caractériser les différentes roches présentes dans cette colonne stratigraphique.

NB: les noms de lieux qui suivent un nom de roche (par exemple : basaltes d'Aït Aadel, etc.) se réfèrent aux endroits où cette roche est très caractéristique et bien développée.*

6- BADLANDS

Comment définir les badlands ?

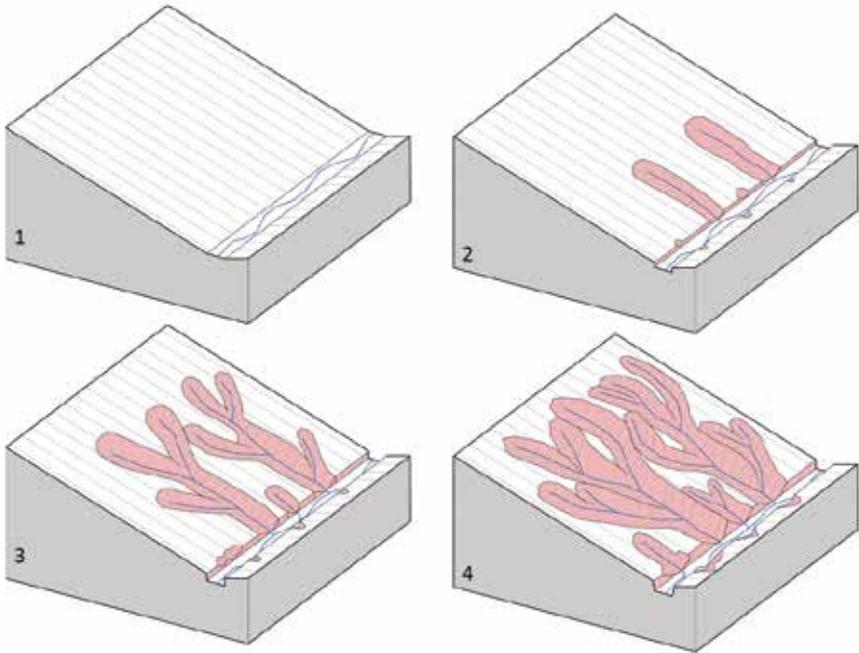
Les badlands, ou « mauvaises terres », désignent des terrains en pente où les roches meubles (argiles, siltites ou marnes* par exemple) sont particulièrement affectées par l'érosion*. Cette érosion est principalement due au ruissellement* des eaux de pluie sur la surface rocheuse et aux écoulements* qui se font de manière concentrée au fond d'un réseau de profondes ravines*. Le mécanisme du creusement par les eaux commence dans la partie aval* avant de remonter peu à peu vers l'amont*, faisant ainsi reculer progressivement la tête des ravines. On appelle ce phénomène l'érosion régressive (voir les blocs-diagrammes 6.1. ci-dessous).

Dans les badlands, la faible couverture végétale favorise l'érosion des roches par les eaux de pluie, et la rapidité du processus d'érosion empêche à son tour la végétation de prendre racine et de croître. Il en résulte un relief très rocailleux, pentu et instable, particulièrement peu favorable à l'agriculture. C'est pour cela que ces formations portent le nom de badlands, soit « mauvaises terres ».





6.1. Processus de formation des badlands

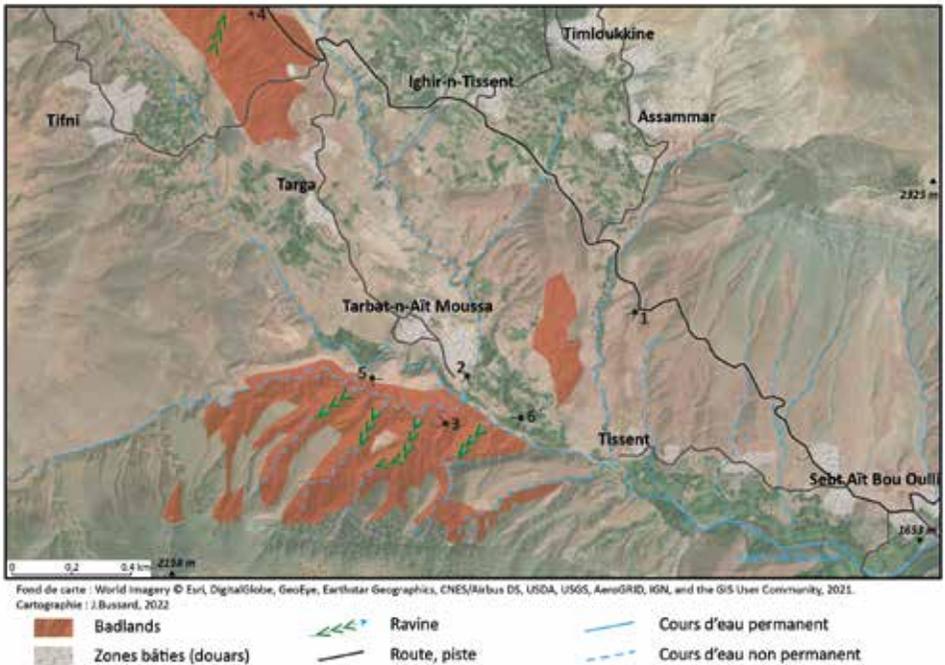


Blocs-diagrammes illustrant la formation des badlands par érosion régressive (J. Bussard, 2022)

Commentaire des quatre blocs-diagrammes

1. Un oued* s'écoule au pied d'un versant* en pente. Lors de fortes pluies, l'oued creuse son lit et fragilise le pied du versant.
2. L'enfoncement du lit de l'oued favorise l'érosion du versant adjacent. Sur celui-ci, les ruissellements sont concentrés et l'érosion linéaire* creuse des ravines.
3. Les ravines sont entaillées de plus en plus profondément à mesure que les orages se succèdent et que l'érosion poursuit son travail sur les roches meubles de ce versant. Par érosion régressive*, la tête des ravines recule progressivement vers l'amont.
4. Le ravinement* du versant finit par former un réseau de profondes entaillées séparées par des crêtes étroites. Le relief prend alors la forme de badlands.

6.2. Carte géomorphologique



Commentaire

Cette carte montre l'emplacement des principales zones de badlands dans la vallée des Aït Bou Oulli. Leur position est liée au contexte géologique (présence de siltites et d'argiles) et à la topographie locale, influencée par l'érosion fluviale*. Des cours d'eau non permanents, qui se remplissent lors des orages, s'écoulent à l'intérieur des badlands, dans un réseau de profondes et spectaculaires ravines.



Commentaire

Un paysage de badlands typique des Aït Bou Oulli. Les pélites et argiles rouges sont profondément ravinées par le ruissellement de l'eau. Le basalte de couleur sombre, déposé au Trias sur les argiles, les a «recuites» en les décolorant par la chaleur (liseré blanc au contact des deux couches).



7- GRAVURES RUPESTRES, TRACES DE LA PRÉHISTOIRE DANS LE GÉOPARC MGOUN

Le patrimoine rupestre au Maroc



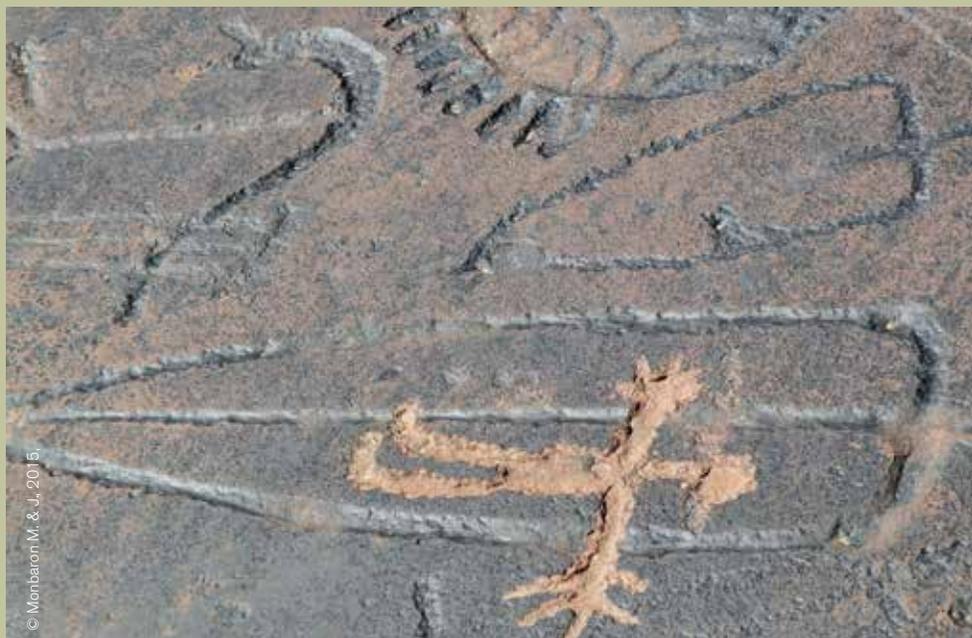
L'art rupestre du Maroc est riche en gravures, principalement dans le Haut Atlas et dans les régions présahariennes. Elles seraient, semble-t-il, souvent en lien avec la vie des pasteurs transhumants. Georges Souville (Essai d'interprétation des gravures rupestres du Haut Atlas marocain, 1991) relève une juxtaposition de gravures d'époques différentes : âge du bronze et « graffitis libyco-berbères ». Elles peuvent constituer des ensembles cohérents rassemblant figures géométriques et d'aspect humain, armes, chars à deux roues, animaux. L'interprétation de ces gravures reste difficile en raison des différentes techniques utilisées pour graver, de l'irrégularité des contours et de l'érosion.

Celles qui nous intéressent ici sont situées au col du Tizi-n-Tighist et méritent largement le détour, puisqu'elles sont à l'air libre et accessibles par une bonne piste. Elles sont gravées sur des dalles de grès rose plus ou moins inclinées. 155 ont été répertoriées. 75 d'entre elles sont de forme géométrique : disques, rectangles, triangles aux contours plus ou moins réguliers. Ces formes sont souvent ornées de points, de croisillons, de damiers, de cercles concentriques, de rectangles ou de triangles emboîtés. 30 représentent des armes, 15 des animaux et 9 ont une apparence humaine. Un certain nombre d'entre elles a malheureusement subi des déprédations.

Monbaron M. & J. 2015 - La Route des dinosaures. Itinéraires à travers le Géoparc M'Goun, Haut Atlas, Maroc, p. 94

Commentaire

Les surfaces rocheuses sur lesquelles sont gravées les gravures rupestres appartiennent à la formation des Grès d'Oukaïmeden, de couleur brun-rouge, d'âge carnien (-228 à - 216 Ma). C'est un grès très peu poreux, ce qui explique la bonne conservation des gravures au cours des siècles.



© Monbaron M. & J., 2015.

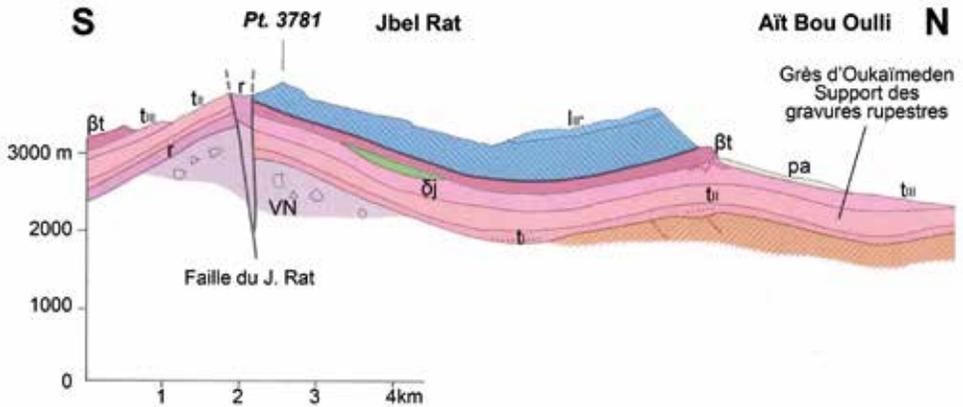
Dalle de grès gravée et patinée par le temps. Une belle gravure de couteau a été malheureusement défigurée par un ajout récent et malhabile.



© J. Bussard, 2022

À la découverte des nombreuses gravures du site protégé par un mur de pierres.

8- STRUCTURE DU JBEL RAT



Coupe géologique du Jbel Rat, selon tracé indiqué sur la carte géologique (voir point 4 ci-dessus).
 Modifié d'après Jenny J. (1985), Carte géologique du Maroc, feuille Azilal au 1:100'000
 Note: les couleurs et indices se réfèrent à la légende de la carte géologique (p. 37)

Commentaire

La chaîne du Jbel Rat est un synclinal perché* en forme de bassin qui repose sur le Trias. Elle constitue un relief proéminent, car les roches de son armature sont des calcaires et dolomies résistant à l'érosion, alors que les roches du Trias sont plus facilement érodées.



Commentaire

Photo du versant nord du Jbel Rat prise depuis les Aït Iouaridene. La crête est en calcaire, les basaltes émergent au milieu du versant. Les skieurs de randonnée apprécient ce site dont les couloirs skiabiles peuvent offrir une descente de près de 1'000 m de dénivelé.



9- À RETENIR



Paysage

Les badlands sont des terrains en pente où le ruissellement des eaux de pluie, qui se fait de manière concentrée dans des ravines, érode rapidement des roches meubles (argiles, siltites ou marnes).



Roches

Les argiles et silts rouges du Trias sont très facilement érodés par l'eau: par exemple les ravines des badlands. Les calcaires et dolomies sont beaucoup plus résistants et restent en relief: par exemple le synclinal perché du Jbel Rat.

L'arrivée d'une coulée volcanique sur une roche argileuse peut provoquer la décoloration des argiles rouges sous le basalte.



Eau

L'eau est le principal facteur d'érosion des badlands. L'érosion se fait de manière linéaire (c'est-à-dire concentrée au fond d'une ravine) et régressive (de l'aval vers l'amont).



Paléontologie

Pour cet atelier, la préhistoire se substitue à la paléontologie. Les gravures rupestres datent de la préhistoire, période précédant l'invention de l'écriture. Elles sont une forme de communication ou d'expression artistique issue de populations pastorales.

La paléontologie se réfère aux fossiles d'animaux, voire d'humains, enfouis dans des roches.



Relation de l'humain à son environnement

Les anciens avaient remarqué que l'on pouvait durablement graver des figures, des symboles dans le grès. Cela a permis d'en connaître davantage sur leur manière de vivre.





10- CONSTAT

Prendre le temps! Souvent, les touristes traversent rapidement le parcours qui mène d'Imi-n-lfri aux Ait Bouguemez. Les propositions de cette journée montrent qu'il y a des choses intéressantes à découvrir (badlands et gravures rupestres), et qu'il vaut la peine de s'y arrêter au moins pour une journée. Une manière d'entrer dans le nouveau concept de « slow tourisme ».



11- QUESTIONS À APPROFONDIR

Les guides, accompagnateurs et accompagnatrices pourraient proposer aux familles un atelier de gravure sur roche : chercher tout d'abord le grès adéquat, puis y graver quelque chose qui laisse une trace durable ...

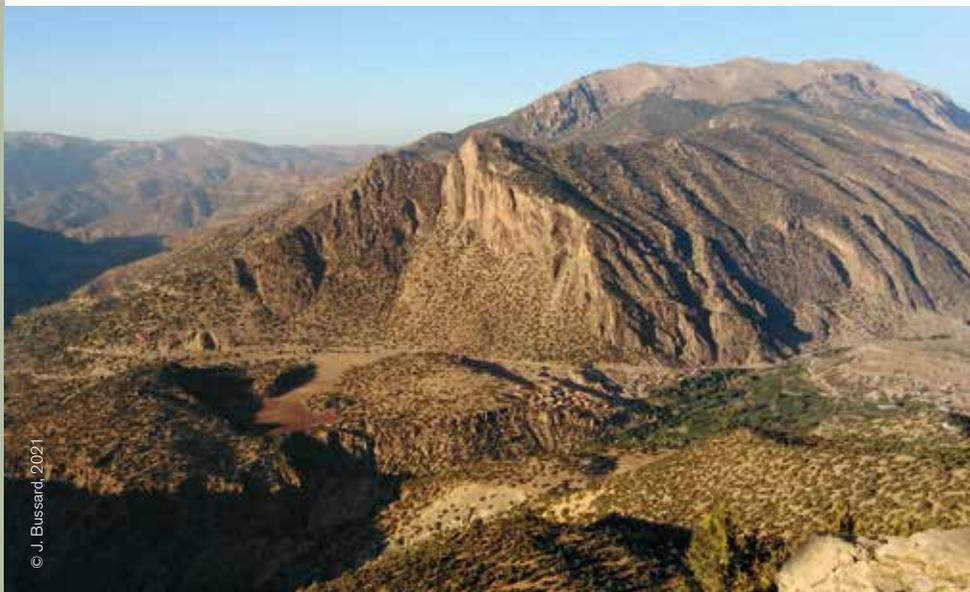
Attention à ne surtout pas graver sur le site des gravures du Tizi-n-Tighist! Cela le dénaturerait!



ATELIER 3
COMPRENDRE
L'ÉBOULEMENT
DU TIZI-N-TIGHZA
et découvrir le
panorama du Jbel
Tafenfent

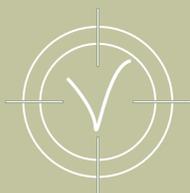


ATELIER 3 - COMPRENDRE L'ÉBOULEMENT DU TIZI-N-TIGHZA ET DÉCOUVRIR LE PANORAMA DU JBEL TAFENFENT



© J. Bussard, 2021

L'éboulement du Tizi-n-Tighza vu depuis le Jbel Tafenfent, à l'entrée de la vallée des Aït Bouguemez



1- BUT DE L'ATELIER

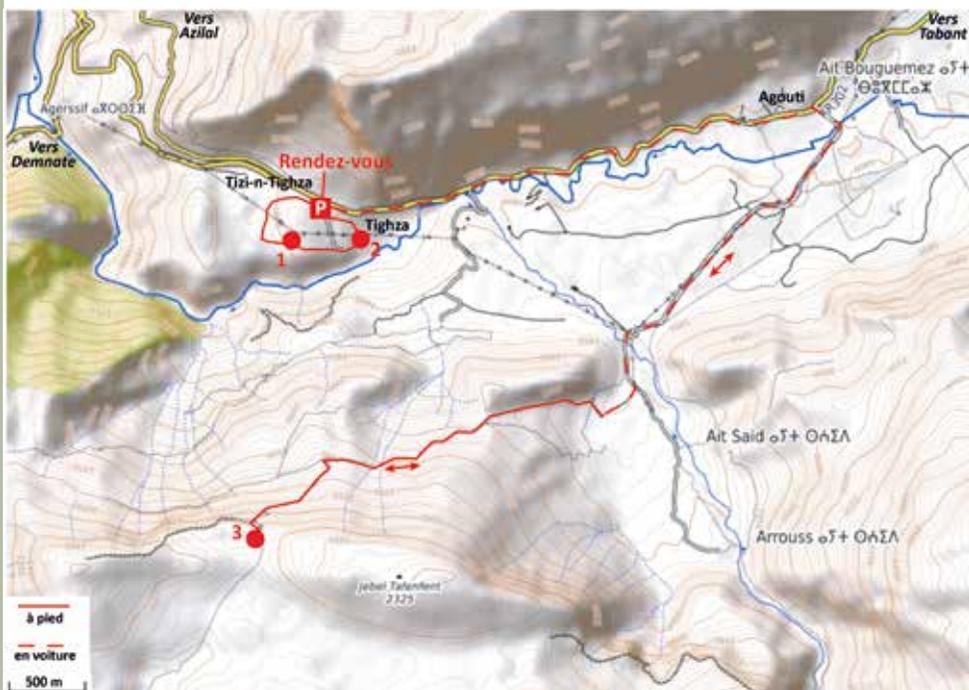
Le but de cet atelier est de donner aux participant·e·s la possibilité d'acquérir des connaissances sur un événement récent de l'histoire de la Terre qui a façonné l'aspect de la vallée des Aït Bouguemez : l'éboulement* du Tizi-n-Tighza. Son histoire, ses conséquences et son inscription dans le paysage sont présentées ci-après. Une attention sera aussi portée au modelé* spécifique des massifs calcaires* (modelé karstique*), en particulier celui du Jbel Tafenfent.

2- DÉROULEMENT ET CONTENU DE LA JOURNÉE

09h00	Rendez-vous au Tizi-n-Tighza Introduction – présentation des objectifs de la journée, des participant·es et intervenant·es
09h15	Observation à pied autour du col (arrêt 1): <ul style="list-style-type: none">▪ des amas chaotiques des rochers éboulés▪ des limites de la masse éboulée▪ des effets de l'éboulement sur le cours d'eau (création d'un lac)
10h30	Douar de Tighza (arrêt 2): observation des sédiments* du lac et du cône de déjection* de l'Assif Arous. Identification de la roche en place et des blocs rocheux résultant de l'éboulement
11h00	Déplacement en véhicule jusqu'à Aït Saïd
11h30	Montée à pied au Jbel Tafenfent
13h00	Pause – Casse-croûte
14h00	Crête sommitale du Jbel Tafenfent (arrêt 3): analyse du paysage géomorphologique, approche du karst*
15h45	Descente à pied vers Aït Saïd
16h15	Agouti (auberge Flilou): bilan de la journée, état des connaissances, questions
17h00	Fin de l'atelier



3- CARTE TOPOGRAPHIQUE ET ITINÉRAIRE DE L'ATELIER



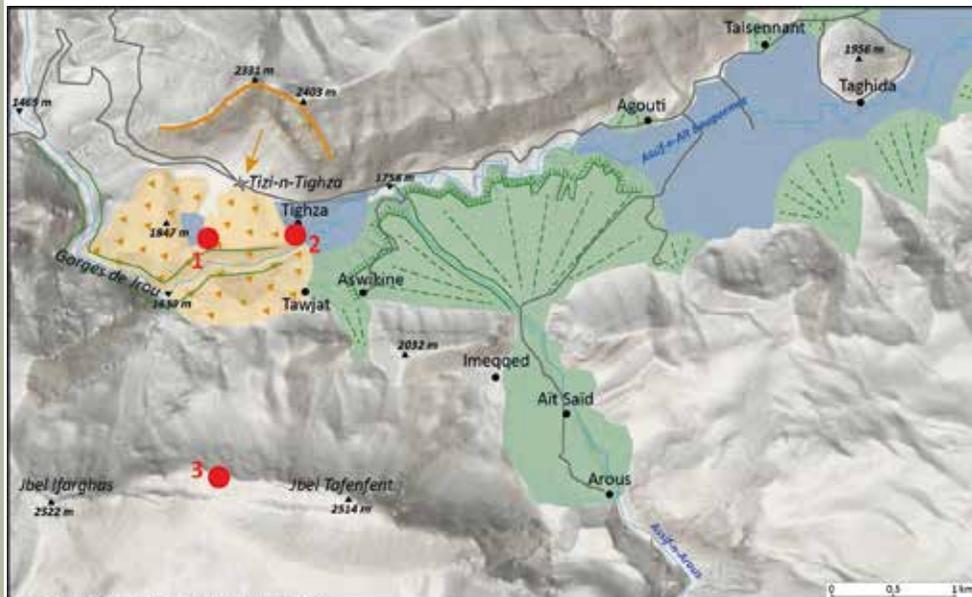
Commentaire

- **Arrêt 1** : au cœur de la masse éboulée
- **Arrêt 2** : les sédiments de remplissage du lac
- **Arrêt 3** : une vue panoramique de la vallée des Aït Bouguemez et de la zone d'origine de l'éboulement

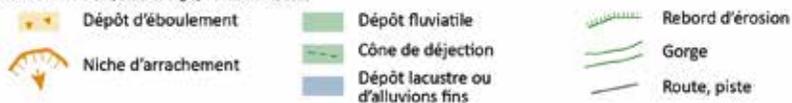


Le village de Tighza construit sur des sédiments lacustres fins.

5- CARTE GÉOMORPHOLOGIQUE* DE LA RÉGION DU TIZI-N-TIGHZA



Fond de carte : © Esri, 2021. Cartographie : J.Bussard, 2022



Commentaire

Sur cette carte géomorphologique, les couleurs correspondent aux différents processus responsables de la formation des formes du relief :

- Les processus gravitaires* (p. ex. un éboulement) sont représentés en beige. Les dépôts gravitaires sont de toutes tailles ; ils sont disposés de manière totalement désordonnée.
- Les processus fluviaux*, liés à l'érosion, au transport et au dépôt de sédiments par les cours d'eau, sont représentés en vert. Les dépôts fluviaux sont surtout constitués de galets arrondis par le roulement au fond d'un cours d'eau.
- Les dépôts lacustres sont représentés en bleu. Ils sont très fins, car ce sont des matériaux qui étaient en suspension dans les eaux d'un lac et qui se sont déposés lentement en eau tranquille.

6- L'ÉBOULEMENT DU TIZI-N-TIGHZA: SON HISTOIRE ET SES CONSÉQUENCES



Le village de Tighza au pied du Jbel Tizal, lieu d'origine de l'éboulement.

6.1. Définition et description

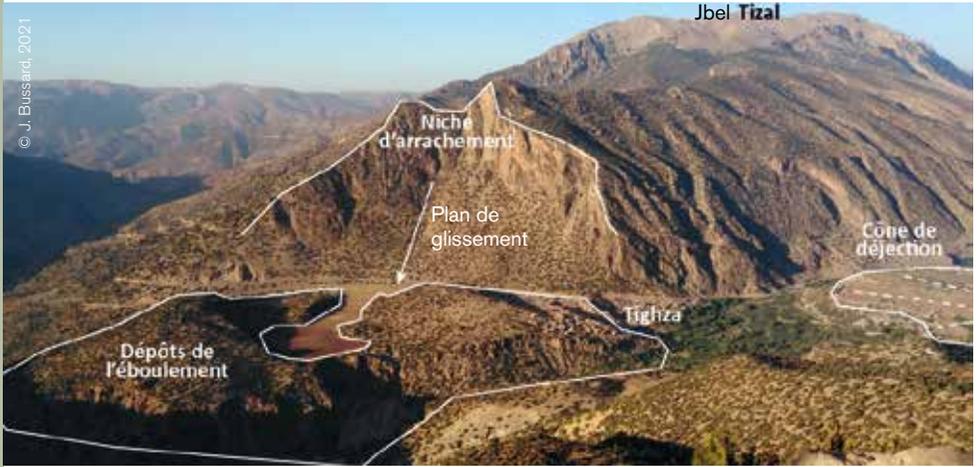
Un éboulement est un détachement brusque d'un pan d'une montagne. Il se déclenche généralement lorsqu'un versant est en déséquilibre pour des raisons diverses : fracturation de la roche, présence d'une couche de roche instable, érosion de la base d'un versant par un cours d'eau ou un glacier, etc. Un séisme peut aussi déclencher un éboulement.

Ne pas confondre un éboulement, qui est un événement unique et limité dans le temps, et un ébouilis, qui est le résultat de l'accumulation progressive de fragments de roches, détachés un à un d'un versant par la gravité. Dans ce cas, on parle souvent de tablier d'ébouilis qui recouvre le pied d'une paroi rocheuse.*

Les traces laissées par un éboulement dans le paysage sont de trois types (voir les deux photos ci-dessus et ci-après) :

- une « cicatrice » ou « déchirure » laissée sur le flanc de la montagne par la masse éboulée, appelée niche d'arrachement* ;
- un plan de glissement*, qui désigne la surface presque lisse et fortement inclinée (sous la flèche) sur laquelle la masse rocheuse en mouvement a glissé ;
- des dépôts de l'éboulement au pied du versant, disposés de manière chaotique et de tailles très variables. Les dépôts d'un éboulement sont anguleux, contrairement à ceux d'un cours d'eau qui sont émoussés.

© J. Bussard, 2021



L'éboulement du Tizi-n-Tighza vu depuis le Jbel Tafenfent.

Commentaire

Cette photo annotée montre l'emplacement de la niche d'arrachement et des dépôts de l'éboulement du Tizi-n-Tighza. Le village de Tighza est adossé aux dépôts de l'éboulement. Le cône de déjection de l'Assif Arous est visible à droite.



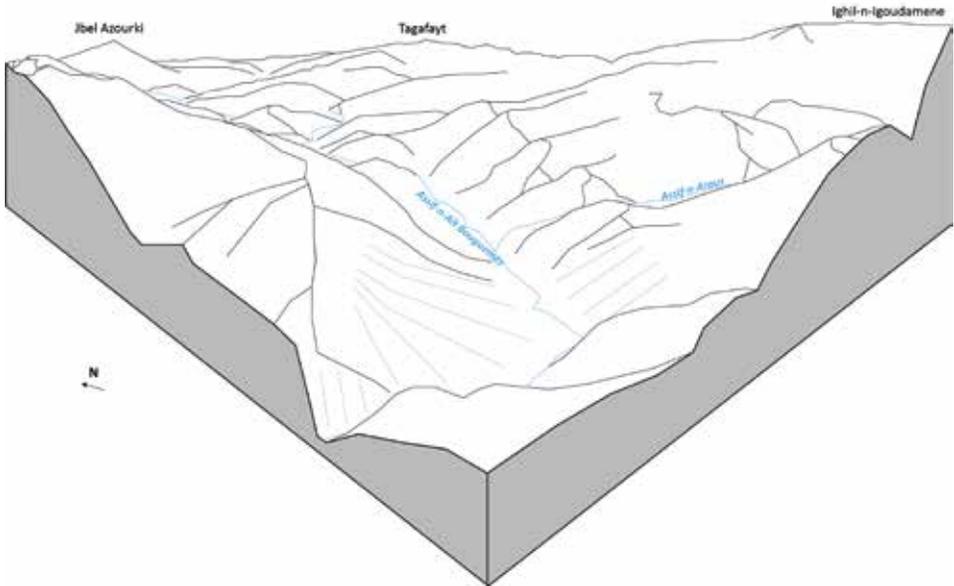
© J. Bussard, 2021

Matériaux déposés par l'éboulement et constitués d'un mélange de blocs de différentes tailles, dont certains très volumineux, enchevêtrés dans une masse de matériaux plus fins.

6.2. Évolution de la vallée des Aït Bouguemez

Les différents blocs-diagrammes présentés ci-après illustrent, de manière chronologique, l'évolution de la morphologie de la vallée des Aït Bouguemez, avant, puis suite à l'éboulement du Tizi-n-Tighza. La prise de vue fictive utilisée pour cette reconstitution est située plus au moins au nord-ouest du Tizi-n-Tighza (vue en direction du sud-est).

a. État initial de la vallée avant l'éboulement



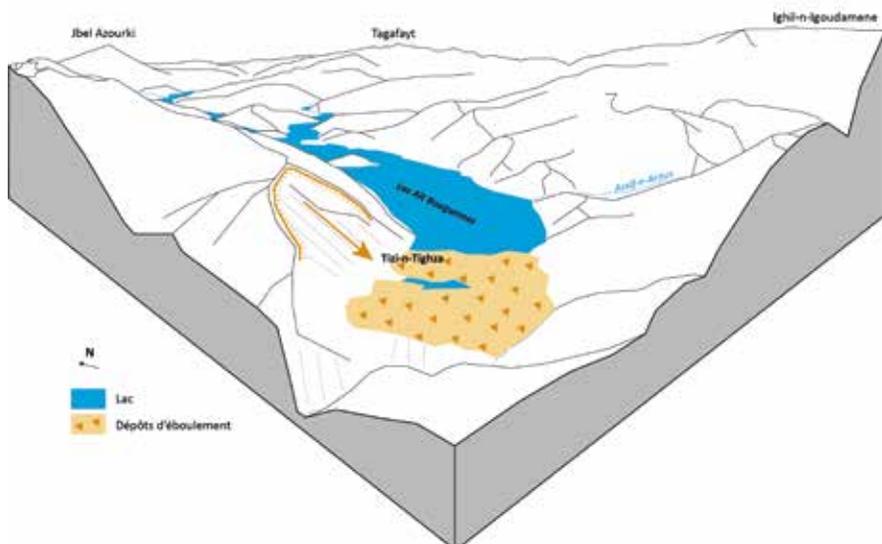
Commentaire

Ce premier schéma illustre la topographie de la région avant l'éboulement. La vallée principale, parcourue par l'Assif-n-Aït Bouguemez présente un profil transversal en V typique d'une vallée creusée par un cours d'eau, dont le fond est encaissé et raide. On voit à droite l'Assif-n-Arous qui draine le versant nord de la chaîne du M'Goun.



Explication du paysage par Jonathan Bussard.

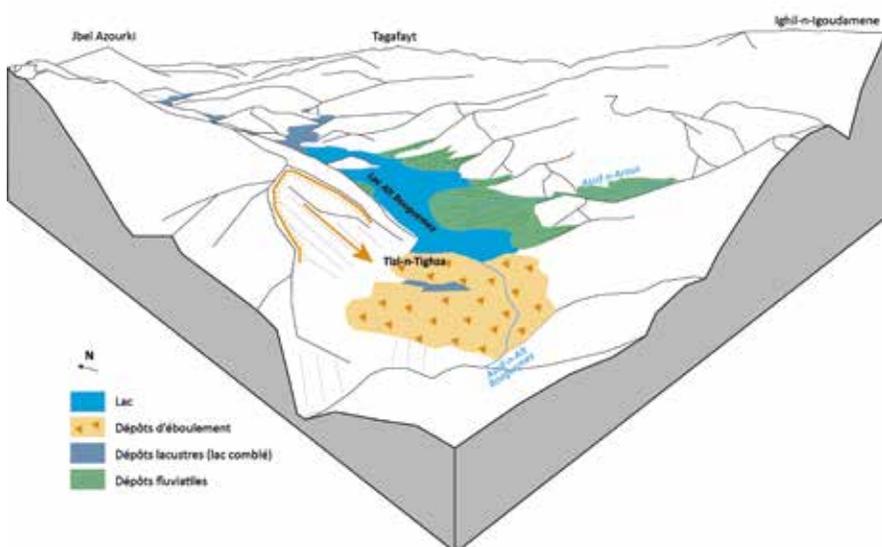
b. Éboulement et formation d'un lac



Commentaire

L'éboulement du Tizi-n-Tighza, représenté ici en beige, se produit brutalement et ses dépôts obstruent en un instant la vallée. Le barrage ainsi créé bloque l'écoulement de l'Assif-n-Aït Bouguemez. En conséquence, la vallée se remplit d'eau comme une grande baignoire. Le remplissage du lac a pu prendre quelques mois, voire des années.

c. Comblement progressif du lac et formation de cônes de déjection

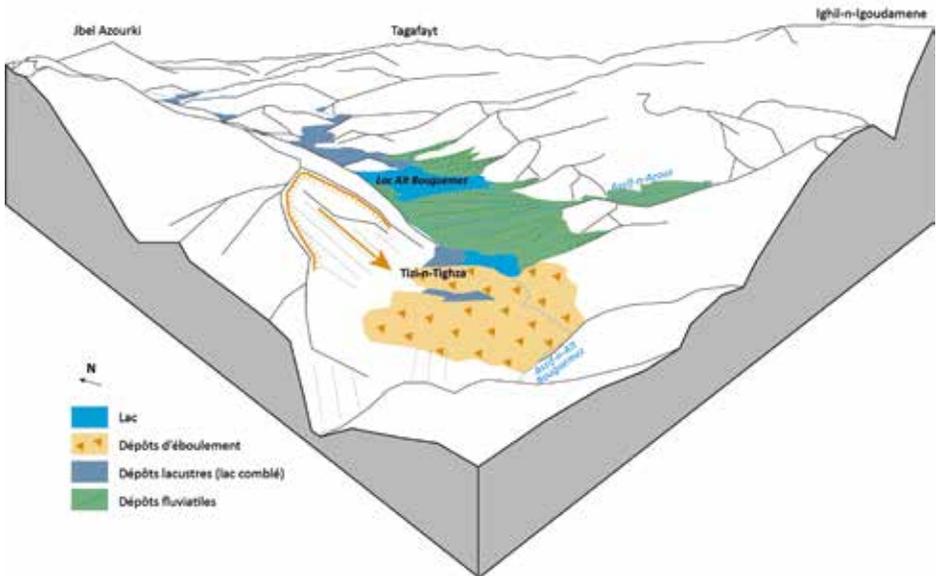


Commentaire

Le niveau du lac finit par atteindre le niveau du sommet du barrage. Par débordement, un nouveau cours d'eau se crée, franchit l'amas de dépôts d'éboulement et commence à creuser son lit à travers les dépôts. Simultanément, différents cours d'eau latéraux continuent d'alimenter le lac depuis l'amont. Ils charrient de grandes quantités de sédiments de toutes tailles.

Au fond du lac se déposent, en couches horizontales, les éléments les plus fins (limons*, argiles*) apportés par ces cours d'eau. Ainsi, celui-ci se comble peu à peu dans sa partie centrale. Au débouché des torrents latéraux, ce sont les sédiments les plus grossiers qui se déposent, formant des cônes de déjection. Juste à l'amont de l'éboulement, l'Assif-n-Arous, qui draine le versant nord du M'Goun, façonne le plus important de ces cônes et gagne du terrain sur la surface occupée par le lac.

d. Les différents apports de sédiments

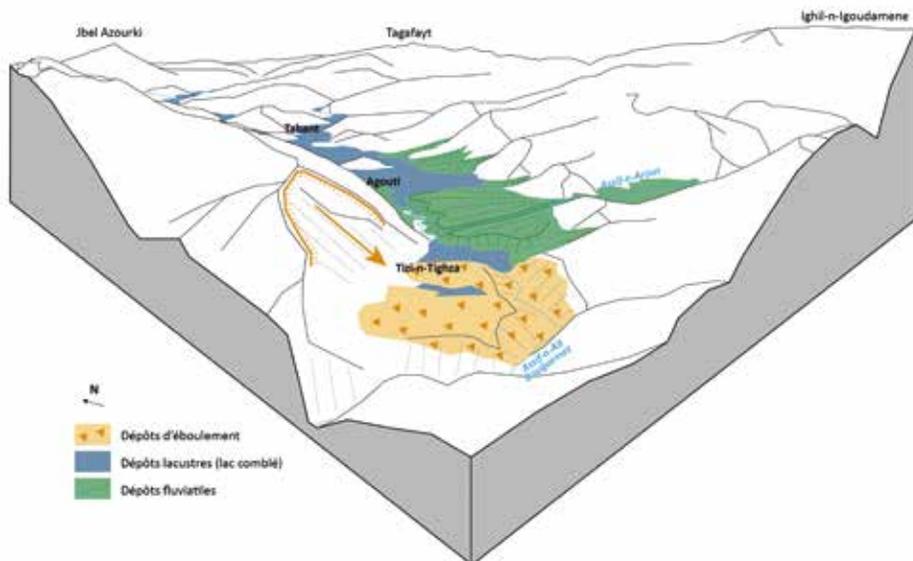


Commentaire

Le schéma montre un stade avancé du comblement du lac des Aït Bouguemez, dont seuls quelques petits bassins subsistent encore. L'amont de la vallée est déjà rempli et présente son fond plat caractéristique. Les cônes de déjection continuent leur édification, en particulier celui de l'Assif-n-Arous, qui s'étend jusqu'au pied du Jbel Tizal et dont les dépôts de galets recouvrent peu à peu les sédiments lacustres (voir la photo p. 57 et le schéma p. 58). Dans le même temps, l'Assif-n-Aït Bouguemez continue de creuser son lit dans les dépôts de l'éboulement, ce qui contribue à abaisser le niveau du lac.



e. Situation actuelle



Commentaire

Le lac est entièrement comblé, ce qui donne à la vallée son fond plat caractéristique. Son sol constitué de matériaux fins est très favorable à l'agriculture. Les dépôts fluviatiles des cônes de déjection, plus grossiers, se sont consolidés sous forme de conglomérats et sont plus difficiles à mettre en culture. Aux alentours de l'éboulement, deux constatations :*

- *L'Assif-n-Arous traverse son propre cône de déjection par une étroite gorge profonde d'une dizaine de mètres ; les bancs de conglomérats sont bien visibles au bord de la route Agouti – Tighza.*
- *À l'aval de Tighza, les dépôts de l'éboulement sont profondément creusés jusqu'au socle rocheux. Ce passage étroit et infranchissable s'appelle gorges du Jrou. Il assure la jonction entre la vallée de Bouguemez et celle des Aït Boulli.*

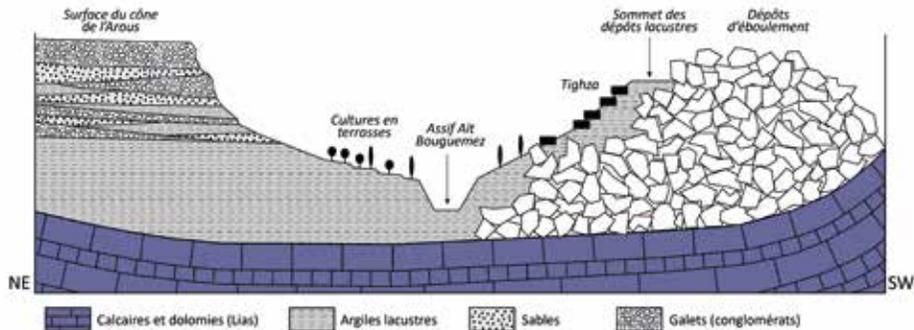


© J. Buisseret, 2021

Coupe à travers l'alternance des dépôts argileux fins et conglomératiques grossiers au front du cône de déjection de l'Assif-n-Arous.

Commentaire

À la base, des sédiments lacustres fins se sont déposés. Peu à peu, des sédiments plus grossiers de l'Assif-n-Arous sont venus s'y intercaler. Enfin, le lac ayant été comblé à cet endroit, ces derniers prédominent totalement (voir schéma p. 60).



© J. Bussard, 2023

Commentaire

Ce schéma illustre à droite la situation du village de Tighza, construit sur des sédiments lacustres adossés à l'éboulement. La partie gauche montre l'arrivée progressive des alluvions grossières de l'Assif Arous, qui s'intercalent peu à peu dans les dépôts fins lacustres.



© J. Bussard, 2023

Du sommet du Tafenfent, vue d'ensemble de la partie aval de la vallée des Aït Bouguemez, avec le cône de déjection de l'Arous au centre de l'image.

Commentaire

Le point de vue du Jbel Tafenfent permet d'apprécier pleinement la disposition des différentes formes du relief qui composent le paysage de la vallée des Aït Bouguemez. Le contraste entre la partie plate et végétalisée de la vallée, constituée principalement de sédiments lacustres, et le cône de déjection de l'Assif Arous, très sec et peu végétalisé, est particulièrement marquant.

7- MORPHOLOGIE KARSTIQUE

Le plateau situé au sud de la crête du Jbel Tafenfent présente un relief de type karstique.

QU'EST-CE QUE LE KARST ?

Le karst est une structure géomorphologique qui caractérise les régions à sous-sol calcaire. Elle est produite par l'action de l'eau (pluies, fonte de la neige) qui ruisselle sur les surfaces et/ou s'infiltré dans les fissures de la roche (pertes) en provoquant une dissolution du calcaire. C'est ce qu'on appelle l'érosion hydro-chimique. Ainsi, l'eau se charge peu à peu en carbonate de calcium* dissous. Après avoir circulé dans le massif, cette eau réapparaît à la surface sous forme de sources karstiques au débit variable.

QU'EST-CE QUE LA PRÉCIPITATION DU CALCAIRE ?

Le calcaire dissous dans l'eau peut dans certaines conditions précipiter* en donnant à nouveau du calcaire. On parle alors de concrétion* calcaire. Le travertin* du pont naturel d'Imi-n-lfri, les stalagmites* et les stalactites* qu'on trouve dans les grottes, ou encore la fine couche de dépôt blanc au fond d'une bouilloire, sont tous faits de calcaire précipité.

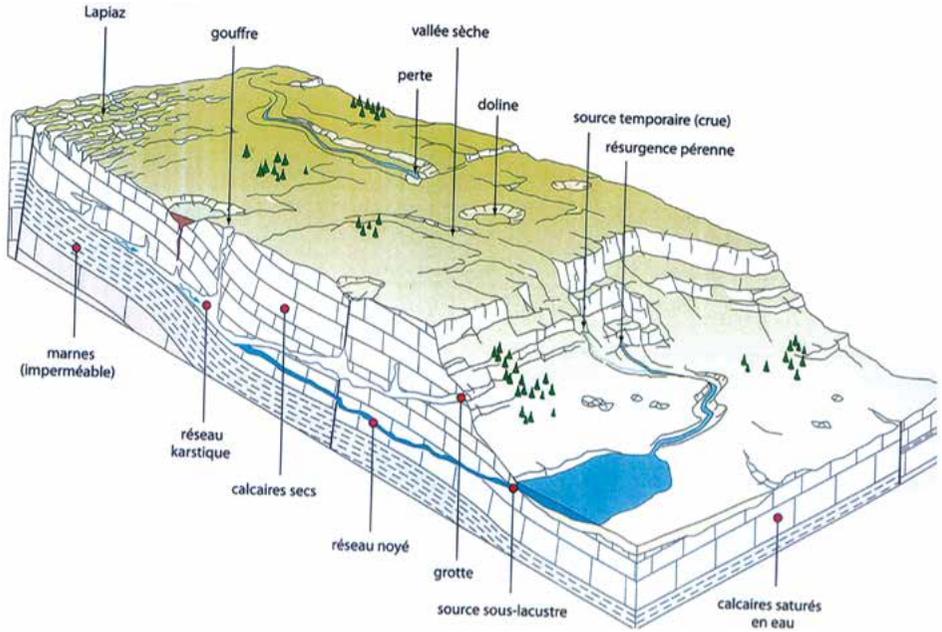
QUELLES SONT LES CARACTÉRISTIQUES D'UNE MORPHOLOGIE KARSTIQUE ?

La morphologie d'une région karstique présente en surface un paysage tourmenté (lapiez*, dolines*, vallées sèches*). Le réseau hydrographique est essentiellement souterrain et le sous-sol est creusé de nombreuses cavités (grottes, gouffres).



Lapiez déchiqueté par l'érosion hydrochimique (dissolution) sur le plateau des Aït Abdi.

© M. Venbaon, 2002



Morphologie karstique (selon Bichet, 2007)

Commentaire

Ce bloc-diagramme illustre les principales formes de terrain spécifiques au karst qui sont expliquées à la page précédente.

À la base du système, le niveau de marnes* est imperméable à l'infiltration de l'eau. Le massif calcaire au-dessus est lui perméable et comporte deux parties :

- juste au-dessus des marnes, on trouve la zone noyée ; les cavités et fissures sont saturées en eau et une rivière souterraine peut y couler ;
- la partie supérieure du calcaire est non saturée en eau. L'eau d'infiltration ne fait que passer à travers un réseau de fissures pour rejoindre la zone noyée.

Une résurgence* pérenne est une source karstique qui ne tarit jamais ; lors de crues qui provoquent une élévation du niveau de la zone noyée, une source temporaire plus élevée en altitude peut jaillir en amont*.



8- À RETENIR



Paysage

Il est intéressant de chercher à identifier les divers éléments d'un éboulement : la niche d'arrachement (cicatrice), le plan de glissement, les blocs éboulés.

Il est souvent pertinent d'observer un paysage depuis un sommet. Une vue panoramique permet d'en expliquer les détails tout en les situant dans un cadre plus large.



Roches

La roche calcaire est propice à générer un relief très particulier, appelé relief karstique.



Eau

De la même manière que le sucre se dissout dans le thé, l'eau de pluie qui s'écoule sur le calcaire provoque une dissolution de ce dernier. Le calcaire ainsi mélangé à l'eau peut se reconstituer par précipitation.



Paléontologie

Cette région possède également des fossiles. En rechercher n'était pas le but de cet atelier. Une indication pour en trouver : la Formation d'Aganane à la base des calcaires et dolomies du Jbel Tafenfent recèle... des traces de dinosaures. Cherchez bien...!



Relation de l'humain à son environnement

La fertilité des sols de fond de vallée a depuis toujours réussi à y maintenir les populations, dans le Haut Atlas comme ailleurs dans le monde. Au contraire, l'aridité des hauts plateaux calcaires n'est propice qu'à la pâture saisonnière, donc à la transhumance.



9- CONSTAT

Un événement catastrophique brutal et très localisé, par exemple l'éboulement de Tighza, peut avoir à la longue des conséquences très bénéfiques : ici, création d'une large vallée à fond plat et au sol fertile. Une aubaine pour les habitants ! En revanche, sur les hauts plateaux, les conditions de vie des nomades deviennent toujours plus difficiles face aux changements climatiques : sécheresse, moins de chutes de neige, tarissement des sources.



10- QUESTIONS À APPROFONDIR

Cet atelier permet une approche détaillée de phénomènes anciens qui ont façonné le paysage apparemment immuable de cette entrée dans les Aït Bouguemez. Sensibiliser les visiteurs de passage à une histoire de la formation de la vallée est un défi intéressant. Les guides et accompagnateurs ont un rôle important à jouer face à un tel défi. Une bonne occasion de mobiliser leur créativité et leur savoir-faire pour intéresser les personnes qu'ils accompagnent, quel que soit leur âge.

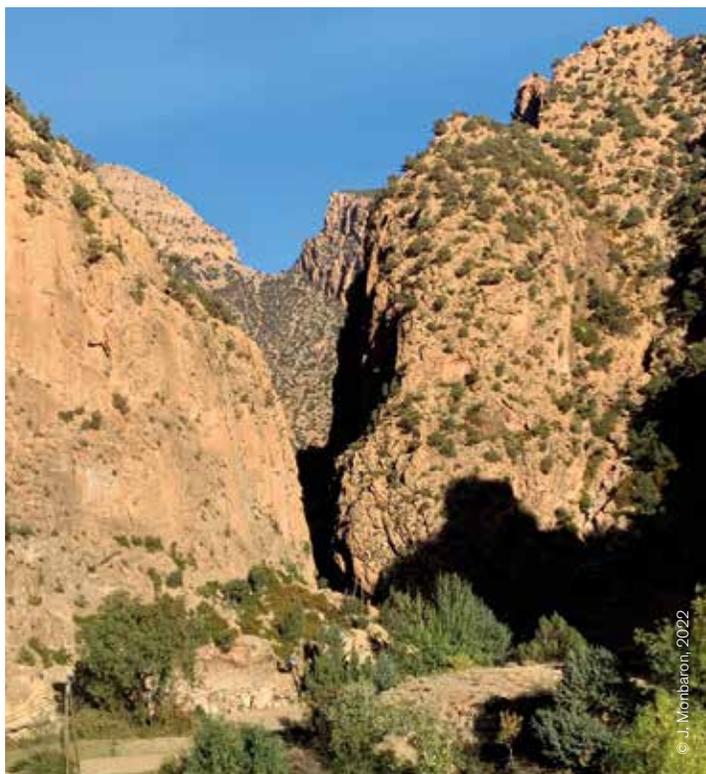




ATELIER 4
LE CIRQUE
ROCHEUX ET LES
SOURCES DE
TAGHIA

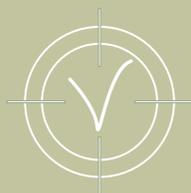


ATELIER 4 - LE CIRQUE ROCHEUX ET LES SOURCES DE TAGHIA



Contraste : un étroit défilé qui entaille une impressionnante paroi rocheuse et débouche sur de fertiles terrasses de culture près de Taghia.

© J. Monbaron, 2022



1- BUT DE L'ATELIER

Le but de cet atelier est de donner aux participant·e·s la possibilité d'acquérir des connaissances sur deux sites majeurs du Haut Atlas central :

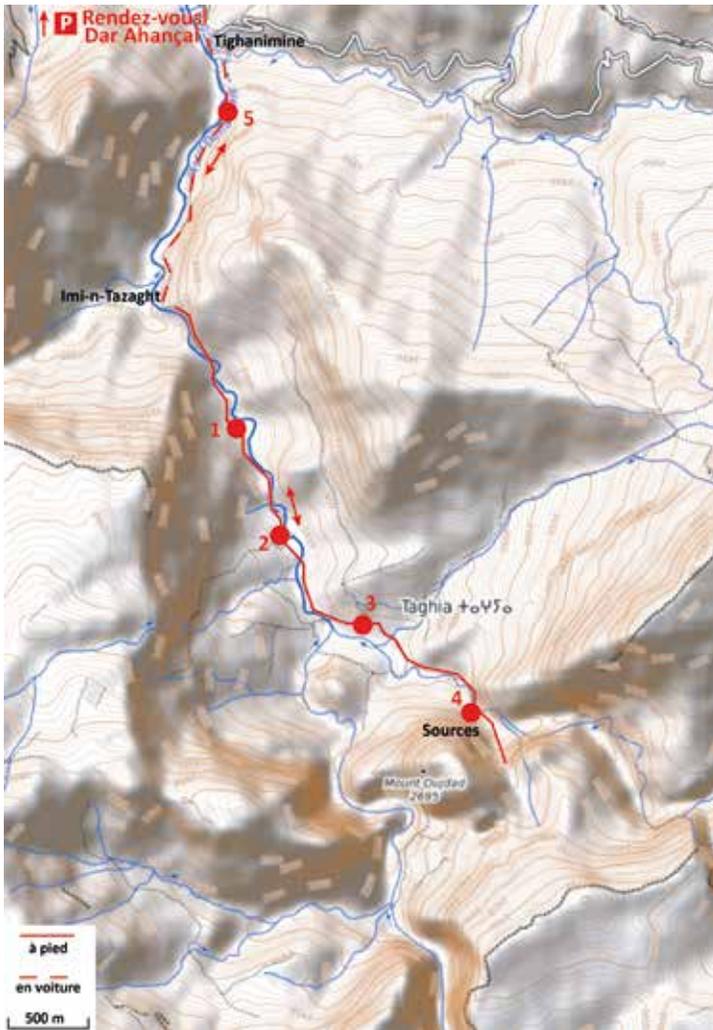
- les sources pérennes* de l'Oued Ahançal appelé également Assif n-ou-Ahançal
- les spectaculaires falaises du cirque rocheux de Taghia



2- DÉROULEMENT ET CONTENU DE LA JOURNÉE

09h00	Rendez-vous à l'auberge Dar Ahançal Introduction – présentation des objectifs de la journée, des participant·es et intervenant·es
09h15	Déplacement en véhicule jusqu'au parking d'Imi-n-Tazaght (arrêt 1) Observation des liens paysage – stratigraphie* – structure* Débat sur l'opportunité de la création d'une route d'accès vers Taghia
10h00	Marche le long de la rivière (route en construction, puis sentier) <ul style="list-style-type: none"> ▪ les cultures et l'irrigation (séguias) ▪ observation du paysage et des différentes roches (arrêt 2)
11h00	Village de Taghia (arrêt 3) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Le lien roche – habitat ▪ Observation et recherche en groupe sur la compréhension de la formation des canyons et des falaises
12h00	Poursuite de la montée jusqu'aux sources de l'oued Ahançal
12h30	Pause – Casse-croûte
13h30	Sources et gorges de Taghia (arrêt 4) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Structure du massif calcaire* et dolomitique* ▪ Observation et fonctionnement d'une source karstique* ▪ Attrait touristique et sportif du lieu : escalade et canyoning
14h30	Descente de la vallée à pied jusqu'à Imi-n-Tazaght
15h30	Retour en véhicule vers Dar Ahançal <ul style="list-style-type: none"> ▪ Concentration de fossiles près de Tighaminine (arrêt 5)
16h30	Auberge Dar Ahançal : bilan de la journée, état des connaissances, questions
17h00	Fin de l'atelier

3- CARTE TOPOGRAPHIQUE



Carte topographique de la région de Taghia
Fond de carte : © OpenTopoMap.
Cartographie : J. Bussard, 2022

Commentaire

- **Arrêt 1** : parking Imi-n-Tazaght
- **Arrêt 2** : observation du paysage, des cultures et de la distribution de l'eau
- **Arrêt 3** : village de Taghia. Situation, adéquation des matériaux de construction et vue sur les falaises et les canyons*
- **Arrêt 4** : sources de l'Oued Ahançal et leur environnement touristique
- **Arrêt 5** : concentration de fossiles (lamellibranches*) de Tighanimine



4- ENJEUX DE LA CONSTRUCTION D'UNE ROUTE D'ACCÈS VERS TAGHIA

La construction en cours (novembre 2022) d'une route d'accès au village de Taghia donne l'occasion de réfléchir à la question du désenclavement des régions retirées de l'Atlas, dans une perspective de tourisme durable.

Sans route d'accès, il est difficile de se rendre à Taghia autrement qu'à pied, éventuellement à vélo, ou comme les habitants l'ont toujours fait, à dos d'âne et de mulet. Une telle situation est problématique, en premier lieu pour des raisons de santé publique. Tout habitant doit être en mesure d'accéder rapidement à un dispensaire.

Comment préserver à la vallée son cachet, la beauté de ses paysages qui en font sa valeur, face à une circulation qui pourrait s'intensifier ? Il est difficile d'imaginer des cars de touristes arrivant à Taghia ! Le dilemme est là.

Nous pensons ici notamment aux femmes devant accoucher, aux blessés et aux enfants malades.

Une route d'accès dans la vallée est par conséquent tout à fait légitime. Elle permettra également de développer le tourisme et de faciliter l'accès aux amateurs d'escalade et de canyoning.



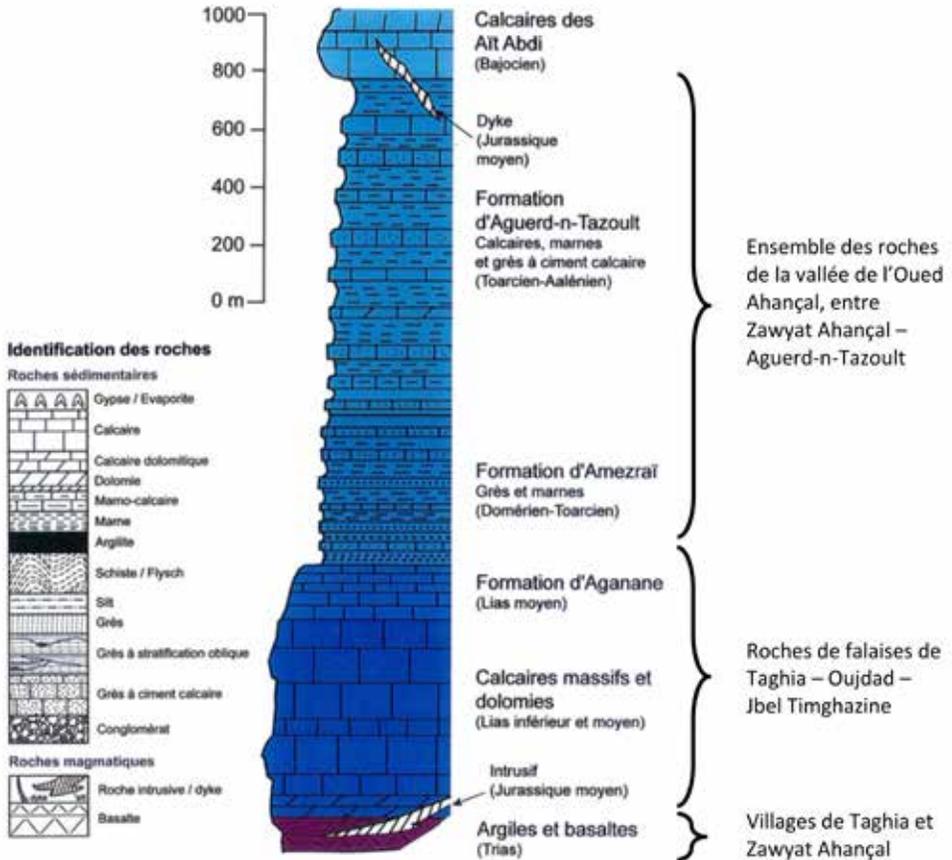
L'ASTUCE !



Avoir avec soi une petite bouteille contenant de l'acide chlorhydrique dilué à 10% facilite l'identification des roches. En déposer quelques gouttes sur un caillou permet de savoir si nous sommes en présence de calcaire. Le HCl provoque une effervescence sur le calcaire, mais pas sur la dolomie, ni sur le granite, le gneiss ou autres roches magmatiques.



5- STRATIGRAPHIE* DE LA RÉGION



Stratigraphie* de la vallée de l'oued Ahançal (Monbaron M. & J., 2015, La Route des dinosaures. Itinéraires à travers le Géoparc M'Goun, Haut Atlas, Maroc)

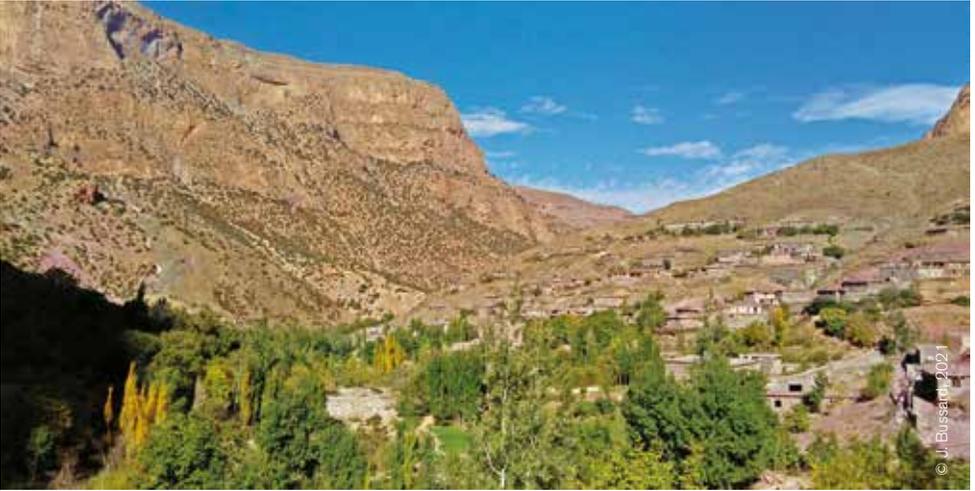
Commentaire

Cette colonne stratigraphique présente les principales formations rocheuses régionales :

- les villages de Taghia et de Zawyat Ahançal-Agoudim reposent sur des basaltes* et argiles* du Trias*
- les falaises du cirque de Taghia sont essentiellement formées de calcaires et dolomies* du Lias* inférieur
- la vallée située au nord de Zawyat Ahançal (Amezraï, Tilwina, Aguerd-n-Tazoult) est creusée dans une très épaisse formation des roches moins résistantes (marnes*, marno-calcaires*) du Lias moyen et supérieur

NB: les noms de lieux qui suivent un nom de roche (par exemple : calcaires d'Amezraï, etc.) se réfèrent aux endroits de référence où cette roche est très caractéristique et bien développée.





Commentaire

Lorsqu'on arrive à Taghia depuis Zawyat Ahançal, après avoir traversé les étroites gorges par lesquelles s'écoule l'Assif-n-ou-Ahançal, l'horizon s'ouvre, la vallée s'élargit et on découvre un village construit sur une pente relativement douce, qui fait face aux monumentales parois rocheuses du cirque de Taghia. Ces contrastes dans la topographie ont une origine lithologique* (type de roche présente), tectonique* (liée au plissement* et à la fracturation des roches) et géomorphologique* (en raison de l'érosion des roches, par l'eau en particulier).



Le lien idéal entre théorie et pratique : l'expert commente sur la carte géologique ce qui est en même temps observé sur le terrain.

6- LE CIRQUE ROCHEUX ET LES SOURCES DE TAGHIA

a. Pourquoi de telles parois rocheuses ici ?

Les roches qui constituent ces parois forment un empilement de près de 1 000 mètres d'épaisseur. Ce sont principalement des calcaires et dolomies du Lias inférieur et moyen (voir la colonne stratigraphique de la page précédente), qui reposent sur des argiles* et des basaltes* du Trias*. Le tout forme un vaste pli anticlinal*.

Pendant les derniers millions d'années, l'érosion* a entaillé cet empilement : les eaux de ruissellement* ont creusé des canyons*, le gel et les éboulements* ont attaqué et désagrégé le front des parois rocheuses et les ont fait reculer.

Aujourd'hui, le village de Taghia est ainsi construit dans une dépression située au cœur de l'anticlinal, dont les roches triasiques sont moins résistantes à l'érosion que les calcaires et dolomies sus-jacents.

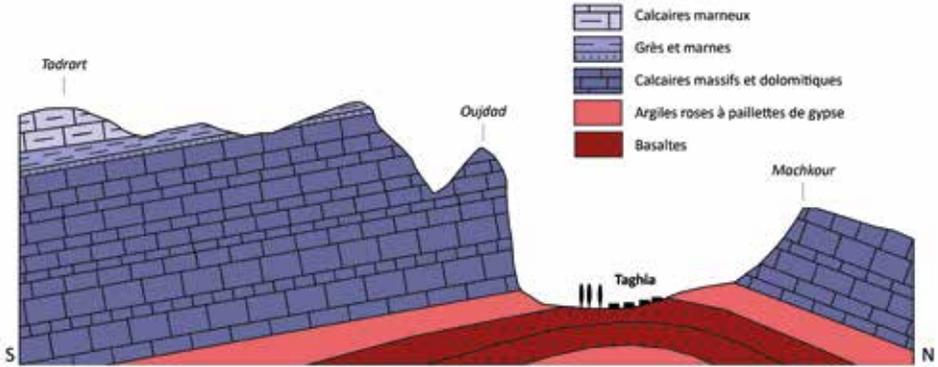


Commentaire

L'empilement des couches calcaires et dolomitiques sur des centaines de mètres d'épaisseur explique le développement impressionnant des parois rocheuses. Ici, le pilier de l'Oujdad.



b. Coupe géologique simplifiée

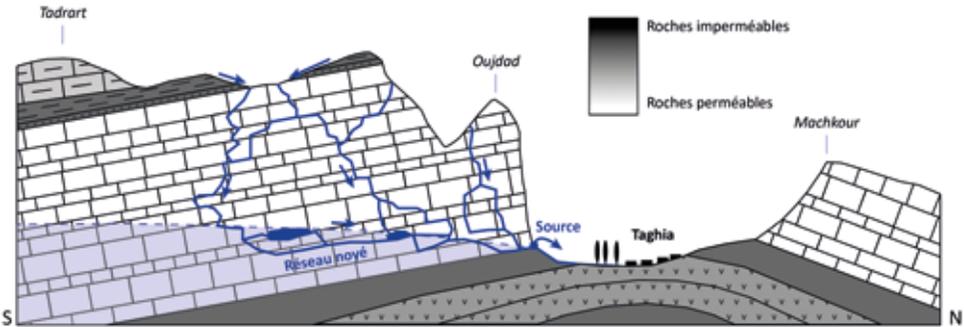


© J. Bussard, 2022

Commentaire

Cette coupe illustre les explications données à la page précédente : les parois rocheuses du cirque de Taghia sont creusées à travers un empilement épais de couches de calcaires et de dolomies (du Lias), tandis que le village de Taghia est construit sur des basaltes et des argiles (du Trias), situés au centre du pli anticlinal et moins résistants à l'érosion que les calcaires et dolomies sus-jacents.

c. Structure du réseau karstique



© J. Bussard, 2022

Commentaire

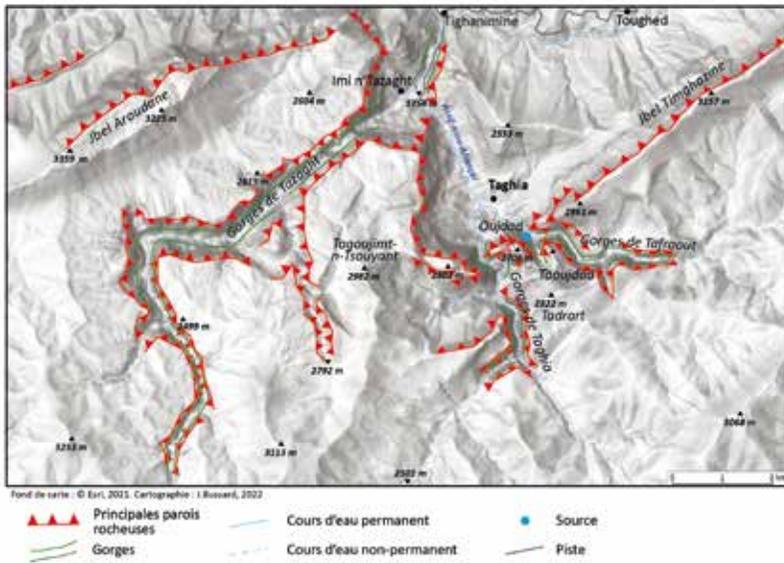
Par le fait que les roches calcaires sont solubles, l'eau peut y creuser un réseau de galeries souterraines appelé réseau karstique (voir les explications détaillées concernant le karst dans la documentation de l'atelier 3). En revanche, les niveaux de marnes et les niveaux d'argiles sont imperméables. Ils empêchent donc l'eau de s'infiltrer et marquent les limites du réseau karstique. Les eaux de pluies et de fonte des neiges qui s'infiltrent dans le massif montagneux qui domine Taghia en ressortent par une série de sources karstiques souvent situées à la limite entre les calcaires et les argiles imperméables. La plus importante de ces sources est pérenne et alimente donc Taghia et la vallée de l'Ahançal durant toute l'année.

d. Géomorphologie des gorges de Taghia



Commentaire

Les parois rocheuses spectaculaires qui dominent Taghia (dont l'Oujdad, à droite sur la photo) sont tranchées par des gorges très profondes et encaissées, quasiment infranchissables.



Commentaire

Ce massif est accidenté par un réseau de failles géologiques plus ou moins perpendiculaires. Les failles sont des zones de faiblesse qui facilitent l'action de l'érosion. Les gorges taillées le long des failles créent une topographie découpée selon deux directions principales (NW-SE et NE-SW).





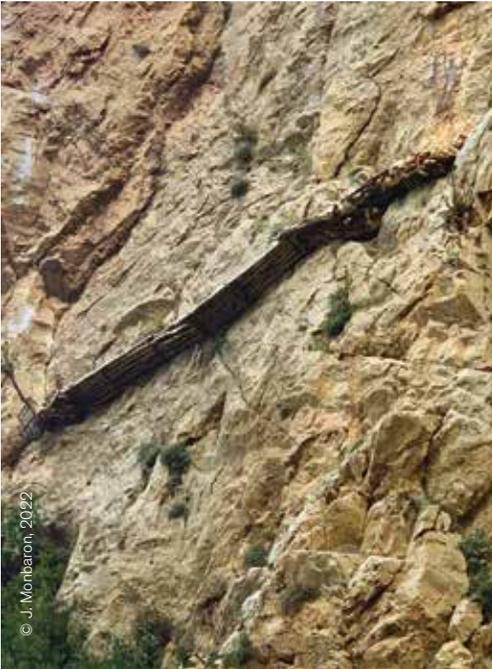
e. Attraites touristiques du cirque rocheux et des gorges de Taghia

Les parois rocheuses verticales surmontant les sources, hautes de plusieurs centaines de mètres, offrent des voies d'escalade dont la difficulté peut atteindre le degré 7c.

Ces parois légendaires représentent un vrai paradis pour les mordus d'escalade qui n'hésitent pas à venir du monde entier pour vivre ici des sensations fortes. Plusieurs voies sont équipées, et la littérature spécialisée donne toutes les indications nécessaires.

De plus, de belles expériences de canyoning sont également possibles. Ces sportifs aimant l'aventure ont su se faire apprécier par les habitants berbères de la vallée : plusieurs gîtes se sont développés, ainsi que des possibilités de camper dans un cadre où le dépaysement est assuré.

© Monbaron M. & J., 2015, *La Route des dinosaures. Itinéraires à travers le Géoparc M'Goun, Haut Atlas, Maroc*, p. 56.



© J. Monbaron, 2022.

Commentaire

Un chemin a été sommairement construit sur une des parois rocheuses surplombant les sources de Taghia, afin de permettre l'accès au départ de voies d'escalade. L'accès est cependant interdit. Des accidents graves ont eu lieu sur l'autre « passage berbère » qui traverse les gorges de Taghia. Il est important de limiter les risques face à une demande d'exploits touristiques parfois exponentielle !

7- LES FOSSILES DE TIGHANIMINE



Commentaire

S'arrêter peu avant la sortie de la gorge, près de Tighanimine. En bord de route, à la base de la Formation d'Amezrai (voir colonne stratigraphique au point 5 ci-dessus), on peut observer des concentrations de fossiles de lamellibranches* (huîtres). Ces colonies d'organismes ont été submergées en position de vie par des arrivées de boues qui les ont véritablement « asphyxiées ».



Atelier 4, novembre 2022 : le groupe des participant-e-s et intervenant-e-s se préparant à monter aux sources de Taghia.





8- À RETENIR



Paysage

La randonnée qui mène au cirque de Taghia permet de faire différentes observations :

- les impressionnantes parois rocheuses au front desquelles naît la vallée de l'Oued Ahançal ;
- le formidable réseau de gorges et de canyons qui tranche l'énorme empilement calcaire liasique ;
- l'harmonie du paysage, alliant maisons en matériaux locaux et cultures en terrasses



Roches

Près de 1 000 m d'épaisseur de couches calcaires et dolomitiques qui constituent le vaste cirque rocheux de Taghia.



Eau

Les sources karstiques permanentes de l'Oued Ahançal, résurgences des eaux d'infiltration provenant des hauts plateaux calcaires de Tadrart, permettent d'alimenter les différentes séguias de cette haute vallée.



Paléontologie

Les concentrations d'huîtres fossiles de Tighanimine sont les témoins de leur vie en bordure de la mer jurassique il y a environ 175 millions d'années.



Relation de l'humain à son environnement

Cette vallée est l'exemple d'une belle harmonie entre l'homme et la nature. Quelques exemples :

- les maisons de Taghia aux toits recouverts d'argile imperméable trouvée sur place (argile du Trias) ;
- l'accueil des adeptes de l'escalade qui découvrent des voies exceptionnelles, connues dans le monde entier.



9- CONSTAT

Nous avons relevé à plusieurs reprises l'harmonie entre les habitants et leur lieu de vie. Cependant, l'accès aux facilités de la vie actuelle contribue à maintenir cet équilibre. Il n'est par conséquent pas toujours évident de faire la part des choses entre préserver un magnifique environnement naturel et s'ouvrir à la « modernité ».



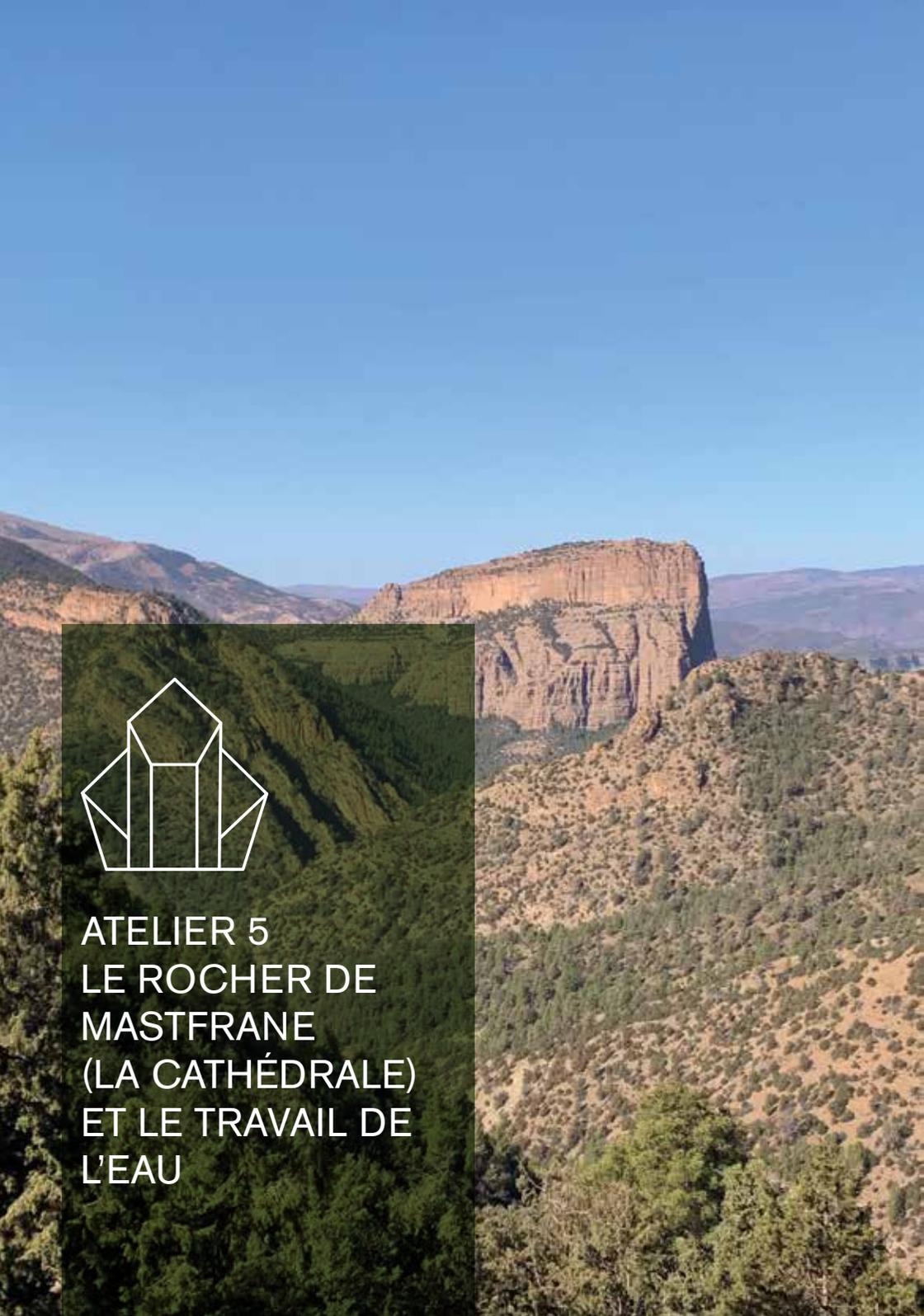
10- QUESTIONS À APPROFONDIR

Quelles solutions pourraient-elles être proposées afin de favoriser le développement, dans cette vallée retirée, d'un tourisme qui réponde aux critères de durabilité? Toute idée est la bienvenue!



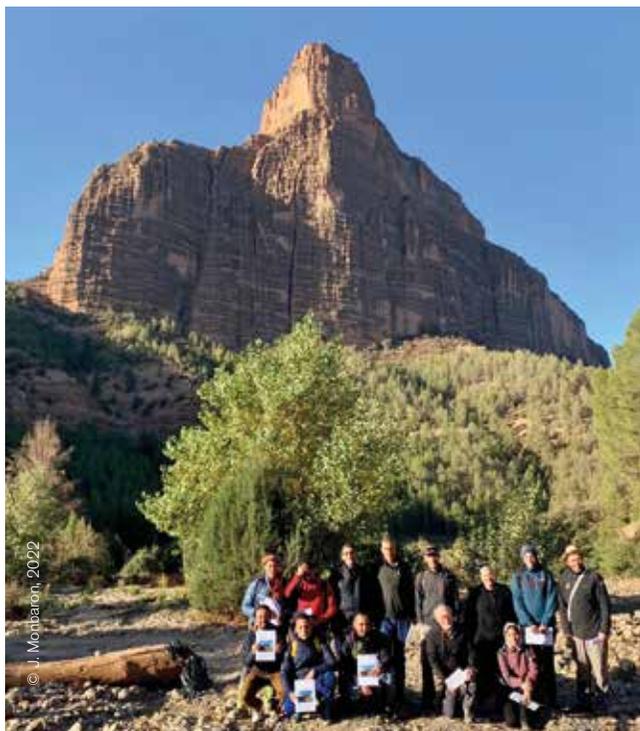


ATELIER 5
LE ROCHER DE
MASTFRANE
(LA CATHÉDRALE)
ET LE TRAVAIL DE
L'EAU

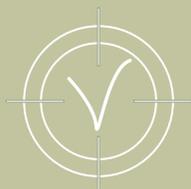




ATELIER 5 - LE ROCHER DE MASTFRANE (LA CATHÉDRALE) ET LE TRAVAIL DE L'EAU



Introduction à l'atelier au pied de Mastfrane, au bord de l'Assif-n-ou-Ahançal



1- BUT DE L'ATELIER

Le but de cet atelier est de donner aux participant·e·s la possibilité d'acquérir des connaissances sur la nature et l'histoire d'un des sites les plus emblématiques du Haut Atlas central: le rocher de Mastfrane (ou Amsafrane, altitude 1868 m.), nommé aussi « La Cathédrale ». Deux thèmes principaux seront analysés :

- a. comprendre pourquoi et comment ce majestueux piton rocheux se situe à cet endroit;
- b. observer le processus de transport et de dépôt fluvialite*.

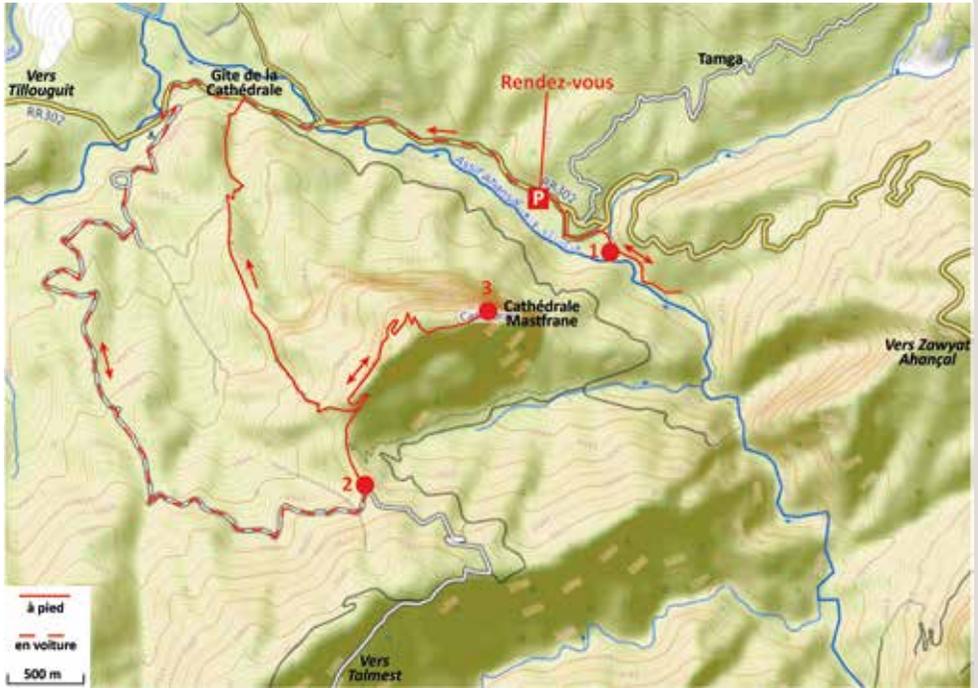


2- DÉROULEMENT ET CONTENU DE LA JOURNÉE

09h00	Rendez-vous à l'ancienne scierie de Tamga, au pied nord de Mastfrane Introduction – présentation des objectifs de la journée, des participant·e·s et intervenant·e·s
09h30	Observation du lit de l'Assif-n-ou Ahançal et du processus fluvial. Situation du monolithe* de Mastfrane dans son contexte géologique* et géomorphologique* régional (arrêt 1)
10h45	Déplacement en véhicule jusqu'au col au pied sud-ouest de Mastfrane (arrêt 2)
11h30	Montée à pied jusqu'au sommet de Mastfrane (arrêt 3)
12h30	Pause – Casse-croûte
13h30	Lecture du paysage depuis le sommet
15h00	Descente à pied jusqu'aux véhicules, ou toute la descente à pied jusqu'au gîte
16h00	Gîte : <ul style="list-style-type: none"> ▪ atelier en commun pour favoriser l'intégration des termes utilisés pendant les journées de formation (Time's up) ▪ bilan de la journée, état des connaissances, questions
17h00	Fin de l'atelier



3- CARTE TOPOGRAPHIQUE



Carte topographique de la région de Mastfrane
Fond de carte : © OpenTopoMap. Cartographie : J. Bussard, 2022

Commentaire

- **Arrêt 1** : l'Assif-n-ou-Ahançal et les processus actuels de transport et de dépôts des alluvions*. Première observation du rocher de Mastfrane dans son contexte régional.
- **Arrêt 2** : stationnement des véhicules
- **Arrêt 3** : sommet de Mastfrane : lecture du paysage géologique et géomorphologique



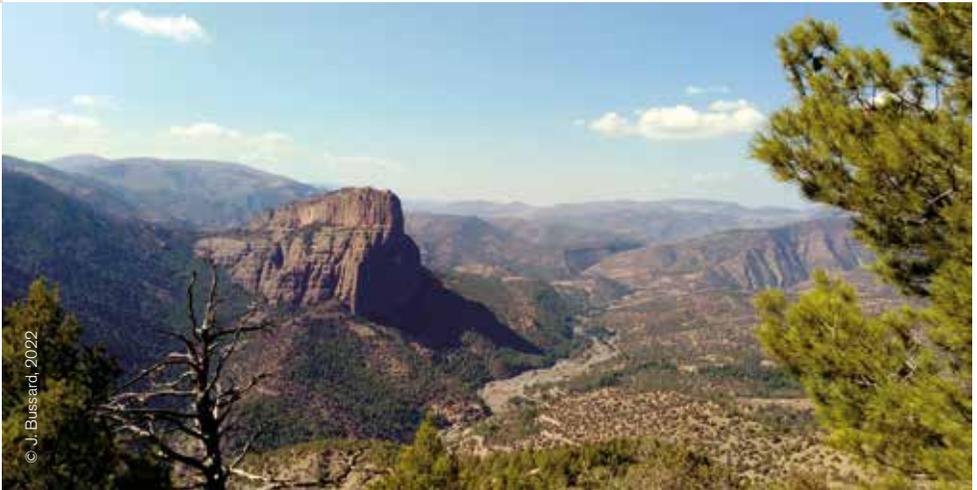
4- LA RÉGION DE MASTFRANE ET SON CONTEXTE GÉOLOGIQUE

4.1. Pourquoi un tel rocher si spectaculaire à cet endroit ?

Une explication géohistorique est nécessaire ici. Les sédiments de Mastfrane sont des conglomérats* constitués de galets arrondis de toutes tailles, principalement des calcaires*. Ils sont les résidus de l'érosion* de la chaîne atlantique en voie de soulèvement entre le Miocène* et le Pliocène* (entre 20 et 5 millions d'années).

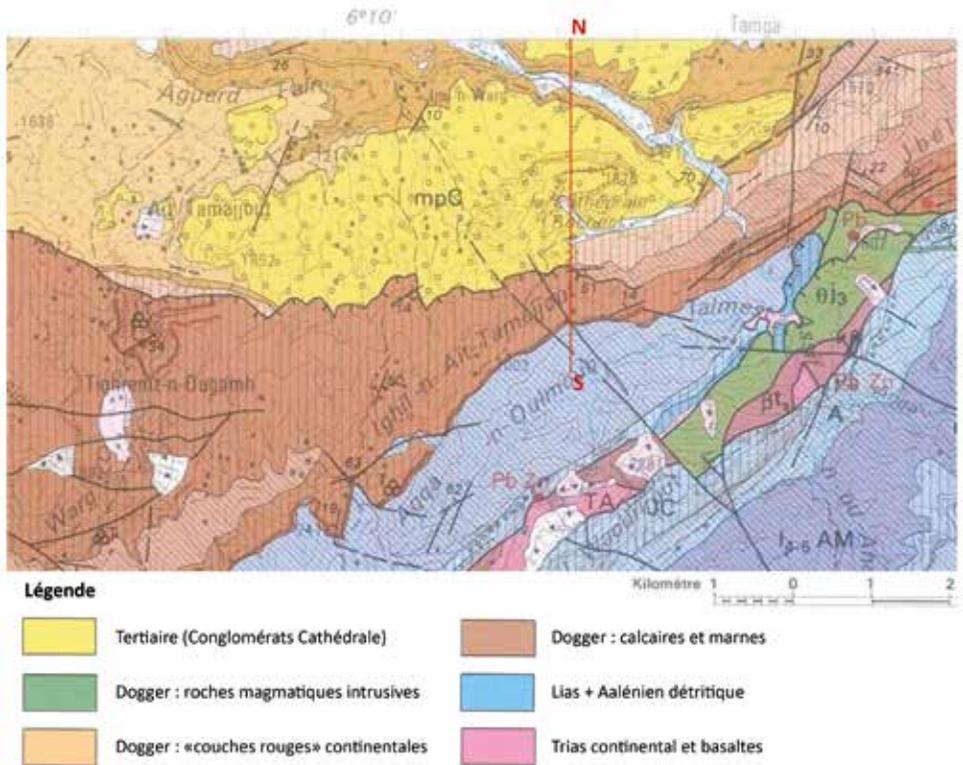
Ces débris étaient arrachés aux reliefs en voie de formation. Ils étaient ensuite charriés par les cours d'eau de l'époque (d'où leur forme arrondie) et se déposaient dans des bassins sédimentaires* à l'intérieur de la chaîne en formation. Le terme de « poubelle » à sédiments a été employé pour désigner ces bassins. Mastfrane et sa région sont l'une de ces « poubelles ».

L'observation du lit actuel de l'Assif-n-ou-Ahançal et du matériel que transporte et dépose ce cours d'eau permet de s'imaginer comment se sont formés les empilements de sédiments constituant Mastfrane.



La forme caractéristique et spectaculaire de ce piton rocheux, qui lui a valu son surnom de « Cathédrale », domine le cours en tresses de l'Assif-n-ou-Ahançal.*

4.2. Carte géologique de la région de Mastfrane



Carte géologique du secteur Mastfrane - Talmest

Source : J.-A. Jossen (1990), Carte géologique du Maroc, feuille Zawyat Ahançal au 1:100'000

Commentaire

Sur la carte ci-dessus, on remarque les sédiments d'âge tertiaire* (en jaune) constituant Mastfrane. Ils s'appuient contre les formations calcaires du Dogger* (divers tons de brun).

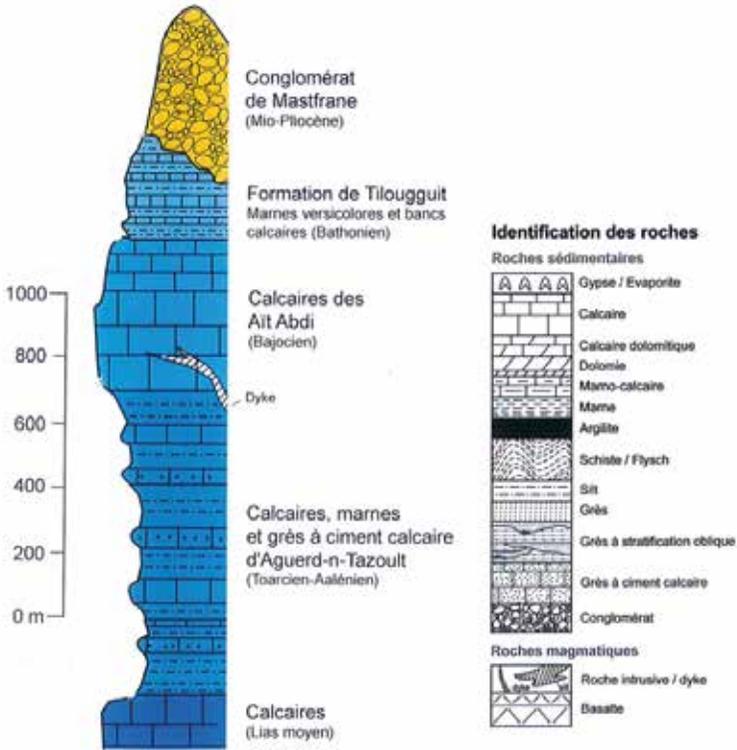
Le bleu désigne les sédiments plus anciens du Lias* qui forment l'ossature de l'anticlinal du Jbel Talmest, orienté du sud-ouest vers le nord-est.

Au centre de cet anticlinal* évidé par l'érosion, on trouve des couches d'argiles* et des basaltes* du Trias* (en rose), ainsi que des gabbros* intrusifs* (en vert).

Le trait S - N indique le tracé approximatif de la coupe géologique du pt. 4.4. ci-dessous.



4.3. Stratigraphie* de la région de Mastfrane



Stratigraphie de la région de Mastfrane

Modifié d'après Monbaron M. & J. (2015). *La Route des dinosaures. Itinéraires à travers le Géoparc M'Goun, Haut Atlas, Maroc*

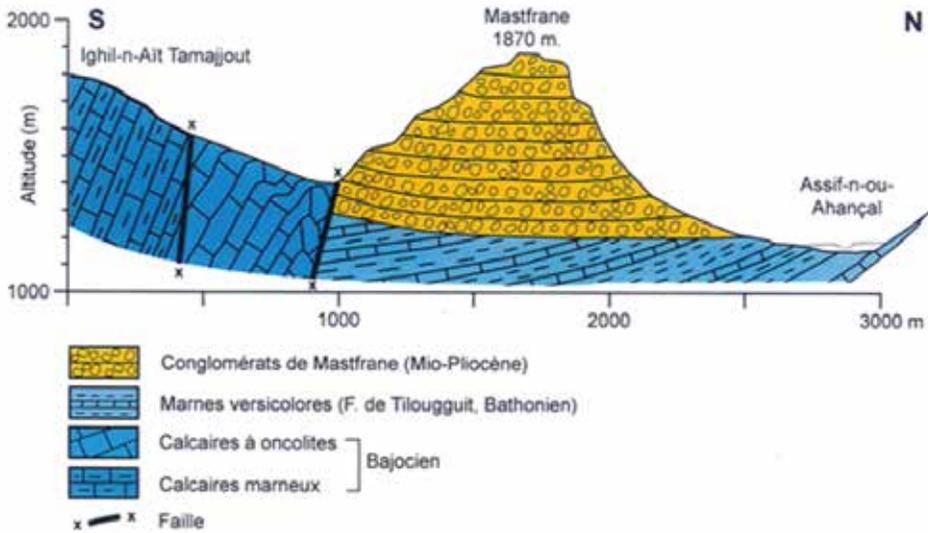
Commentaire

Cette colonne stratigraphique présente les principales formations rocheuses régionales observées pendant la journée. La ligne ondulée sous les conglomérats de Mastfrane signifie que ceux-ci reposent en discordance* sur les couches sous-jacentes (voir 4.4.)

Le schéma identification des roches aide à caractériser les différentes roches présentes dans cette colonne stratigraphique.

NB: les noms de lieux qui suivent un nom de roche (par exemple : conglomérat de Mastfrane, etc.) se réfèrent aux endroits où cette roche est bien développée.

4.4. Coupe géologique schématique de Mastfrane



Coupe géologique du rocher de Mastfrane

Monbaron M. & J. (2015). La Route des dinosaures. Itinéraires à travers le Géoparc M'Goun, Haut Atlas, Maroc

Commentaire

Le tracé approximatif de cette coupe géologique est indiqué sur la carte géologique au pt. 4.2 ci-dessus

La formation des conglomérats de Mastfrane se présente en couches sub-horizontales, qui reposent en discordance sur les couches déjà basculées et érodées de la Formation de Tilougguit. Cette disposition s'explique ainsi :

- le plissement* de l'Atlas s'est engagé et les structures (synclinaux*, anticlinaux*) se sont créées entre le Miocène et le Pliocène (de 20 et 5 millions d'années environ) ;
- en même temps, l'érosion* a raboté ces structures au fur et à mesure du soulèvement ;
- des « déchets » de cette érosion, après avoir été charriés par d'anciens cours d'eau et arrondis par ce transport, se sont déposés dans le bassin sédimentaire de Mastfrane ;
- dans le même temps, le fond du bassin s'enfonçait, permettant aux conglomérats de s'empiler sur plusieurs centaines de mètres d'épaisseur ;
- après leur dépôt, ces couches ont elles-mêmes été à nouveau attaquées par l'érosion, qui a donné peu à peu son aspect actuel au Rocher de Mastfrane.

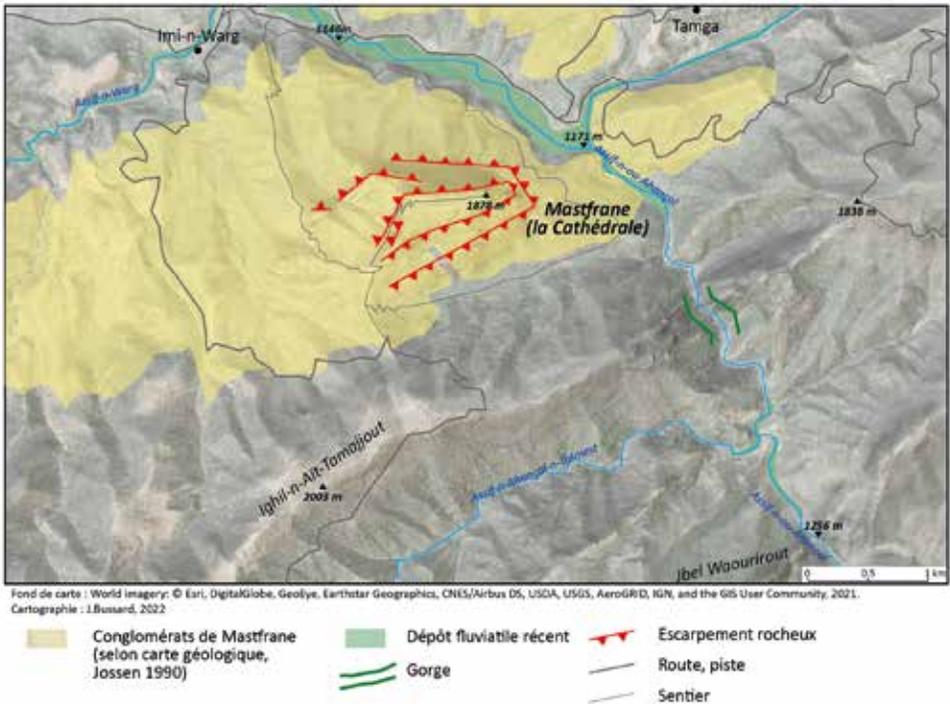




Le sommet du rocher de Mastfrane offre une vue panoramique qui permet de situer les éléments du paysage géologique et géomorphologique décrits dans la documentation.



4.5. Géomorphologie de la région de Mastfrane



Commentaire

Cette carte souligne les principaux escarpements rocheux qui donnent à Mastfrane son aspect de piton massif et monolithique. Toutefois, les larges surfaces de couleur jaune sur la carte soulignent le fait que la zone de dépôt des conglomérats de Mastfrane est bien plus étendue que le spectaculaire piton lui-même. Celui-ci n'est que le résidu d'un bien plus vaste massif, sans doute plus élevé, qui a été peu à peu démantelé par l'érosion au cours des centaines de milliers ou même millions d'années qui ont suivi le dépôt des conglomérats. Actuellement, ce démantèlement se poursuit inexorablement.



Succession de dépôts conglomératiques sur la face nord-ouest du rocher de Mastfrane. Ici, la sub-horizontalité des conglomérats atteste que ces sédiments n'ont plus été plissés ou basculés après leur dépôt. Celui-ci aurait donc eu lieu vers la fin du soulèvement principal de l'Atlas, au Pliocène.





4.6. L'érosion, créatrice de formes fantastiques

L'action de l'érosion actuelle par le ruissellement* de l'eau sur les versants de Mastfrane peut créer des formes extraordinaires. Sur l'image ci-dessous, on distingue des sortes de visages au nez proéminent! Qu'en sera-t-il dans 100'000 ou 200'000 ans? Peut-être le rocher de Mastfrane sera-t-il totalement démantelé, tant l'érosion semble progresser «rapidement»...

*Un chenal d'érosion
dans les conglomérats
de Mastfrane.*



© M. Monbaron, 2022



© M. Monbaron, 2022

Les guides en formation et leurs accompagnateurs marchent d'un bon pas vers le sommet de Mastfrane.

5- À RETENIR



Paysage

Le piton rocheux de Mastfrane frappe le regard par son aspect massif, abrupt et colossal. C'est le résultat de l'accumulation de dépôts fluviatiles anciens sur plusieurs centaines de mètres, puis de l'érosion de ces dépôts par le ruissellement actuel



Roches

Les conglomérats à éléments calcaires de Mastfrane sont des résidus provenant de la destruction de la chaîne atlasique durant sa formation.



Eau

Les galets des conglomérats de Masfrane ont été arrondis et polis lors de leur charriage dans les cours d'eau de l'époque. Le même phénomène se produit encore actuellement dans tous les cours d'eau.



Paléontologie

Vu au bord de l'oued Ahançal : des empreintes récentes d'une personne chaussée d'Adidas ou de Nike marchant dans une boue qui s'est par la suite asséchée. C'est le même principe de préservation que pour les empreintes de dinosaures d'il y a 165 millions d'années, observées lors de l'atelier 1 !



Relation de l'humain à son environnement

Les bords de l'Assif-n-ou-Ahançal sont très prisés des habitants de la région et des touristes de passage. Dans une perspective de tourisme durable, il serait important de conserver toute la beauté du paysage, sans que des déchets l'encombrent ou que les infrastructures le dénaturent.





6- CONSTAT

Peu de perspectives s'offrent aux sportifs qui souhaitent escalader les versants parfois verticaux de Mastfrane : pas de fissures pour fixer des pitons d'assurage. L'apparence massive de ce monolithe est trompeuse, les galets peuvent se détacher un à un, rendant l'approche de ses versants raides des plus périlleuses. Mais d'autres activités sportives peuvent encore être pratiquées dans la région : canyoning, balade à cheval ou en VTT par exemple.



7- QUESTIONS À APPROFONDIR

Il serait judicieux d'améliorer et de sécuriser le seul accès possible à l'arête sommitale de Mastfrane par l'ouest. Que proposer pour faciliter cet accès aux randonneurs et randonneuses, afin de pouvoir monter sur l'arête sans danger et jouir d'un panorama exceptionnel ?



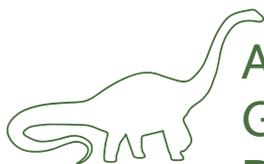
© J. Monbarat, 2022

Commentaire

Une activité plaisante pour intégrer les nouvelles notions apprises pendant une formation sur le terrain (Time's up) : former deux équipes. Chacune écrit sur des papiers les principaux termes appris (géologiques, géomorphologiques, etc.) sur le terrain. Puis à tour de rôle, chaque équipe devine un terme qui est mimé par un membre de l'autre équipe. Ambiance assurée !



ATELIER 6
LE MUSÉE DU
GÉOPARC
M'GOUN ET SON
DINOSAURE
GÉANT



ATELIER 6 - LE MUSÉE DU GÉOPARC M'GOUN ET SON DINOSAURE GÉANT

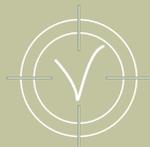
*Le Musée du Géoparc
M'Goun à Azilal: un
écran digne d'Atlasaurus
imelakei*



© J. Monbaron, 2022

1- BUT DE L'ATELIER

Le but de cet atelier est de donner aux participante·s des informations sur la découverte et la mise en valeur d'*Atlasaurus imelakei**, pièce maîtresse du musée du Géoparc M'Goun, qui en fait et fera sa renommée. Les documents ci-après sont en bonne partie originaux et inédits, puisqu'ils proviennent de Michel Monbaron, le géologue à l'origine de la découverte du site à dinosaure de Wawmda (Tilouguit). L'objectif de cet atelier est de donner des indications précises aux guides, accompagnateurs et accompagnatrices, qui pourront ainsi inciter les visiteurs à s'arrêter à Azilal pour visiter le magnifique musée du Géoparc M'Goun. Les connaissances géologiques générales de ce musée, qui concernent l'histoire de la Terre, ne seront pas commentées ici, car elles sont suffisamment explicites au sein du musée. L'organisation de visites guidées avec des « facilitateurs » permettra d'assimiler les différents contenus proposés, notamment dans l'intéressant « couloir du savoir ».



2- DÉROULEMENT ET CONTENU DE LA JOURNÉE

09h00	Rendez-vous devant le Musée du Géoparc M'Goun à Azilal Introduction – présentation des objectifs de la journée, des participant·e·s et des intervenant·e·s
09h15 – 11h00	Visite guidée du musée par le Prof. Mohamed Boutakiout, responsable du comité scientifique du musée
11h00 – 12h00	Ateliers thématiques d'approfondissement en sous-groupes sur les principaux thèmes présentés dans le musée, notamment sur l'histoire de la Terre
12h30	Pause – Casse-croûte
14h00 – 15h30	Comment découvrir un dinosaure ? Conférence par le Prof. Michel Monbaron Autour d'Atlasaurus imalekei : suite de la visite guidée
15h30 – 17h00	Évaluation finale des ateliers et perspectives
17h00	Fin de l'atelier

Atlasaurus imalekei dans le musée d'Azilal : une véritable aubaine et un atout majeur pour le tourisme ! La fascination pour les dinosaures ne cesse d'augmenter auprès du public, et tout particulièrement auprès des enfants. Cette fascination est une excellente opportunité pour le Géoparc M'Goun. D'où l'importance, dans une perspective de tourisme durable, de proposer une information de qualité auprès des nombreux touristes qui visiteront le musée et la région du Géoparc M'Goun.

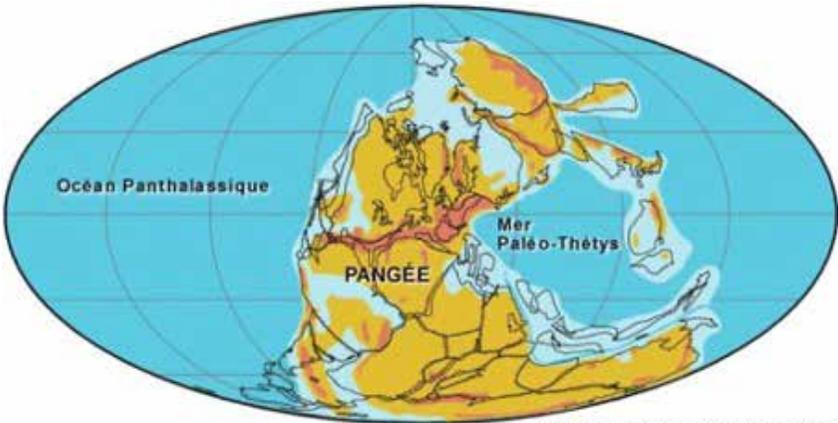


3- LA DÉRIVE DES CONTINENTS

Les 5 cartes ci-après permettent de prendre conscience que l'histoire de la Terre s'étend sur des centaines de millions d'années, voire des milliards. Au cours de cette histoire, les continents ont changé fondamentalement de forme, de dimension, de position, sous l'effet de ce qu'on appelle la dérive des continents. Nous nous limitons ici à présenter les stades jugés importants pour la compréhension de l'histoire géologique du Géoparc M'Goun et de ses dinosaures.

Stade a. Fin du Carbonifère* (- 300 Ma)

La plupart des masses continentales sont réunies en un seul et vaste ensemble appelé la Pangée

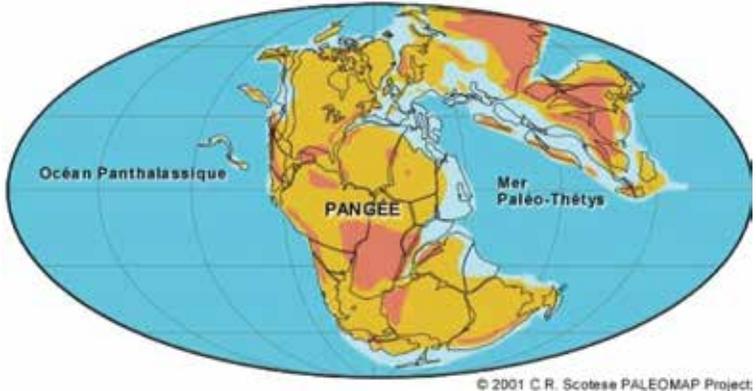


Pour faciliter la compréhension : se référer au point 4 des documents généraux : échelles stratigraphiques des formations rocheuses du Géoparc M'Goun.



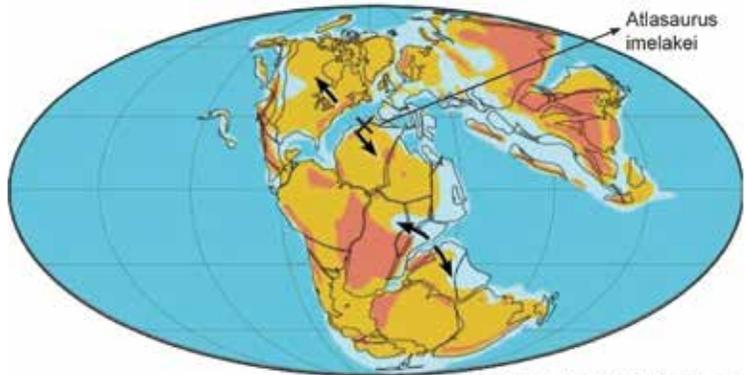
Stade b. Fin du Lias* (- 180 Ma)

La Pangée commence à se disloquer. La forme des continents actuels s'ébauche et l'on constate que la partie nord-occidentale de l'Afrique est encore en contact avec l'Amérique du Nord. C'est l'époque de *Tazoudasaurus naïmi**, un des tout premiers dinosaures sauropodes connus au monde, qui vivait au Maroc et dont les restes fossilisés ont été découverts à Tazouda, près de Ouarzazate. Les grands sauropodes plus tardifs du Jurassique et du Crétacé* que l'on trouve aux États-Unis seraient-ils de lointains descendants de *Tazoudasaurus* ?



Stade c. Oxfordien (fin du Jurassique, -160 Ma)

L'Océan atlantique s'est ouvert et sépare désormais l'Afrique du Nord de l'Amérique du Nord. C'est l'époque où, au cœur de l'actuel Géoparc M'Goun, vivait *Atlasaurus imelakei*, le grand sauropode* du musée d'Azilal.

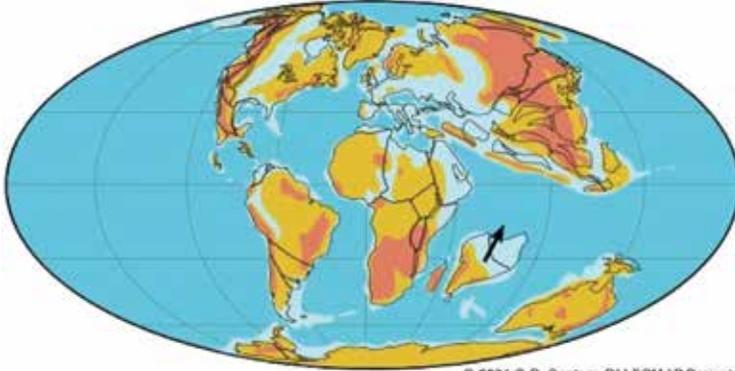




Stade d. Campanien (fin du Crétacé*, - 80 Ma)

Les contours des continents sont déjà largement identifiables. L'extinction des dinosaures a eu lieu au passage Crétacé – Tertiaire* (- 65 Ma)

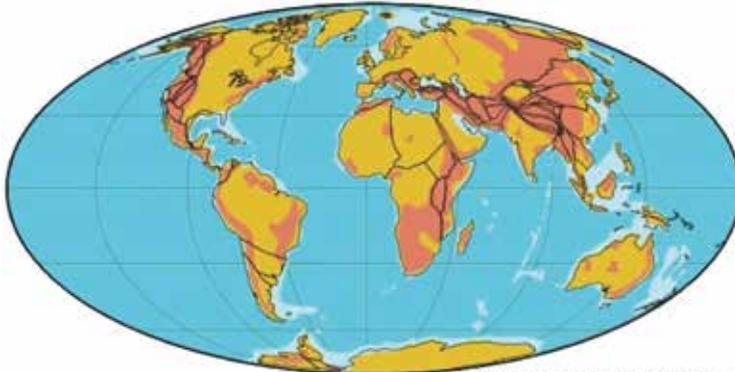
L'extinction des dinosaures ne fut pas instantanée, mais s'est étendue sur 5 à 10 millions d'années.



© 2001 C.R. Scotese PALEOMAP Project

Stade e. Tortonien (Miocène*, -10 Ma)

La position actuelle des continents est fixée.



© 2001 C.R. Scotese PALEOMAP Project

4- ATLASAURUS IMALEKEI OU L'HISTOIRE D'UNE DÉCOUVERTE

L'aventure passionnante de la découverte d'Atlasaurus Imalekei, de son extraction, de sa préparation et de son montage au musée d'Azilal est une longue histoire. Elle est en partie décrite ci-dessous. Sauf mention spéciale, toutes les photos présentées, copies de diapositives, proviennent de J. et M. Monbaron.



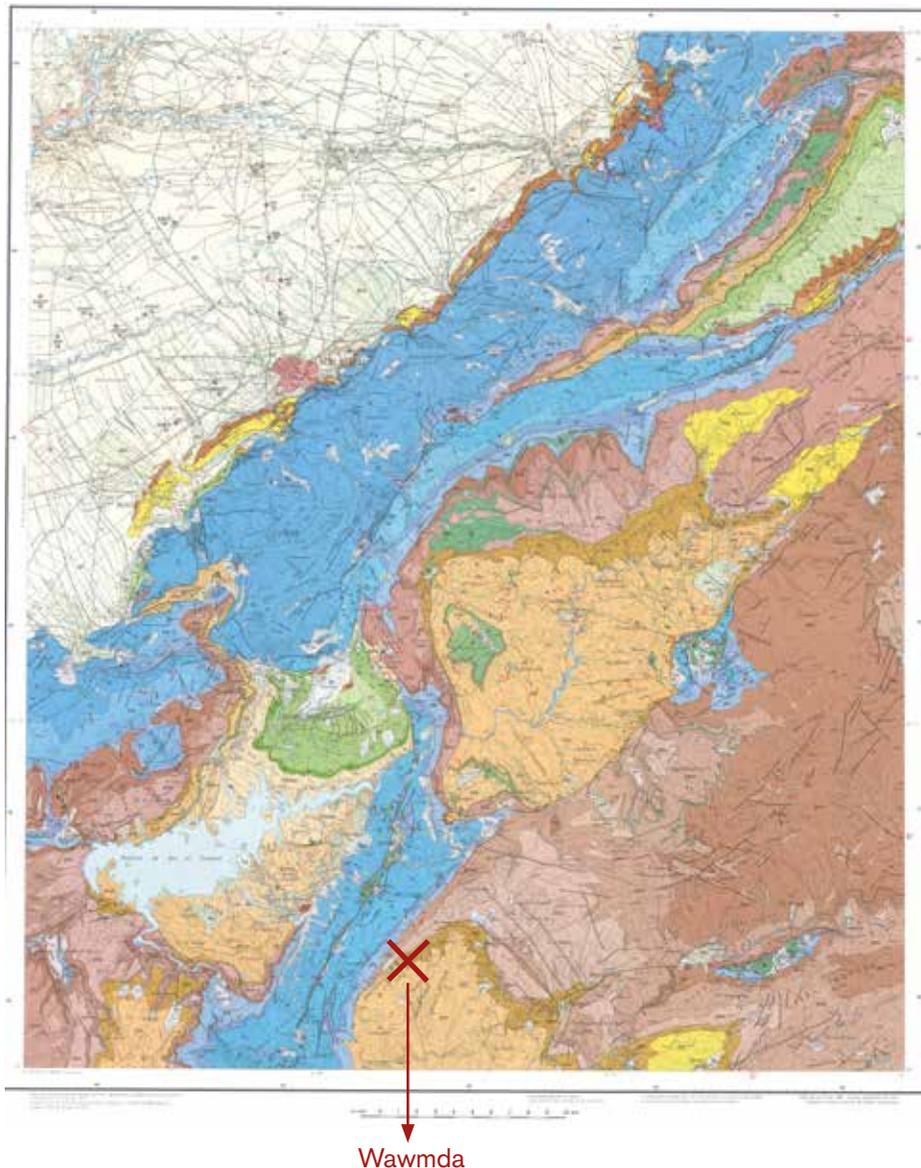
4.1. Le travail du géologue

Il s'agissait pour Michel Monbaron, mandaté par le service géologique du Ministère des Mines, de parcourir principalement à pied l'ensemble du territoire de la feuille topographique au 1.100'000 de Beni Mellal (environ 2'600 km²). Le but était d'en définir les principales caractéristiques géologiques* (stratigraphie*, tectonique*, paléontologie*, etc.). Ce travail a représenté :

- 6 ans de recherches (1976 – 1982)
- 80 à 100 jours par année de travail sur le terrain
- entre 20 et 25 km de marche par jour, soit plus de 10'000 km parcourus à pied

Résultat: la carte géologique au 1:100'000 Beni Mellal, publiée en 1985 par le Service de la Carte Géologique du Maroc





Source: Monbaron M. (1985), Carte géologique du Maroc, feuille Beni Mellal au 1:100'000

Commentaire

Les relevés géologiques aboutissant à cette carte n'avaient pas pour but de «trouver un dinosaure»! Mais M. Monbaron savait que certaines des couches rocheuses de ce territoire pouvaient contenir des fossiles de grands sauriens. En brun clair, les bassins sédimentaires dans lesquels de tels fossiles peuvent être recherchés.

4.2. Prospection de sites fossilifères

La question : pourquoi des dinosaures dans le Géoparc M'Goun ?

Les dinosaures étaient des animaux qui vivaient sur les continents. On trouvera donc leurs fossiles dans des couches de roches formées sur terre ferme, principalement dans des grès*. Dans le Géoparc M'Goun, de tels sédiments* se sont formés au Lias supérieur (vers – 180 Ma), mais surtout au Jurassique moyen (vers – 165 Ma).

Les bassins sédimentaires où l'on trouve les couches les plus riches en restes de dinosauriens sont d'âge jurassique moyen : les Aït louaridene contiennent les célèbres empreintes de pas et la région de Tilougguit a livré le squelette complet d'Atlasaurus imelakei. On trouve également des empreintes et des ossements plus anciens (Lias supérieur) près de Wazzant (Aït Blal), à Ibaqualiwn (Aït Bouguemez), ainsi qu'à Azilal. La région du géoparc est donc bien une véritable « mine » de dinosauriens !

Une enquête policière

Lorsqu'il établissait les relevés de la carte géologique, M. Monbaron a procédé comme lors d'une enquête policière : il savait que certaines des couches rocheuses présentes sur ce territoire pouvaient contenir des fossiles de grands reptiles. Et, comme lorsque l'on mène une enquête, il a particulièrement ouvert les yeux et a patiemment recherché des indices, dans une longue démarche scientifique.

Et un jour, à Wawmda près de Tilougguit... Bingo !



À l'arrivée sur le site en juillet 1979, seuls quelques indices indiquaient la présence d'ossements fossiles. La tête d'un radius, sur lequel Michel Monbaron appuie sa main droite, émergeait du sol. Les autres fossiles visibles sont apparus plus tard lors de la fouille systématique du site



Jacqueline Monbaron s'y met : les fouilles devenues une occupation familiale !



Découvrir un dinosaure : ... par hasard ou par chance ?

Michel Monbaron raconte : «Un samedi de juillet 1979 près de Tilougguit. Il est midi, soleil implacable, sueur, soit inextinguible... Harassés, nous marchons depuis trois heures de temps à la recherche de sites fossilifères. Objectif : rejoindre la Landrover, pour enfin rentrer à Rabat, après trois semaines de mission de terrain. Vivement le casse-croûte et un bon thé à la menthe avant de prendre la route.

*Tiens, là-bas, à un demi-kilomètre, bien à l'écart du sentier suivi, une petite tache claire au flanc d'une colline, qui tranche avec le rouge uniforme des Couches rouges. Un indice favorable pour les ossements fossiles de dinosaures. Mais... lassitude, fatigue... va-t-on laisser tomber ? Non ! Encore un dernier coup de collier : je décide de faire le détour... juste pour voir. Et la petite équipe (le cuisinier Ahmed Laaroussi, le porteur Driss et le soussigné) de se détourner du sentier pour escalader la colline. Et là... surprise ! «C'est gros, il y en a partout...!», s'exclame Ahmed. Pour un œil averti, de nombreux débris osseux fossilisés affleurent : de grosses vertèbres apparentes, des os longs qui émergent à peine du sol, des tronçons de côtes sillonnant la surface, le tout éparpillé sur plus de 100 mètres carrés ! Nous venons de localiser le site fossilifère qui va livrer *Atlasaurus imelakei*. Il faudra par la suite 8 mois de fouilles et plus de 5 ans de travail au laboratoire pour reconstituer ce fossile quasi complet de près de 18 mètres de long et plus de 6 mètres de haut.*

Pour chercher... et trouver un dinosaure : des années de recherches intensives (ce n'est donc pas du hasard !), avec l'aide d'un brin de chance, car ce jour-là nous aurions très bien pu continuer notre route sans faire un détour vers ce lieu devenu mythique : la patrie du premier dinosaure marocain complet».

© Monbaron M. & J., 2015, *La Route des dinosaures. Itinéraires à travers le Géoparc M'Goun, Haut Atlas, Maroc*, p. 46.

4.3. Travail de mise au jour des fossiles



En automne 1979, l'expertise du Prof. Philippe Taquet, paléontologue du Muséum de Paris, a permis d'engager en priorité une fouille sur le site de Wawmda, parmi les nombreux autres identifiés par M. Monbaron. On voit ici ce spécialiste des dinosaures au début des travaux d'extraction du fossile.



Au début des fouilles, la couche de grès qui recouvrait le site est retirée, laissant rapidement apparaître certaines des plus grosses pièces osseuses fossilisées.



Les fouilles progressent. Le fémur droit de ce que l'on croit être un Cétiosaure vient d'être mis au jour, prêt à être extrait du sol. Étienne (8 ans) donne l'échelle de cet os impressionnant, long de 200 cm.



Autres gros ossements, à gauche d'Étienne. Il s'agit d'une omoplate (scapula) très mince et passablement effritée, posée sur l'humérus droit de l'animal.



4.4. Préservation des os fossilisés sur place



Chaque pièce fossilisée est soigneusement extraite du sol : on en dégage le pourtour, puis on en recouvre de plâtre la partie supérieure. Une fois celui-ci séché et durci, la pièce est retournée, les derniers restes de roche sont éliminés et le plâtre est refermé.



Sur le gisement, l'équipe des spécialistes au travail. À gauche Ahmed Ouazzou, au centre Ahmed Laaroussi, tous deux techniciens du Ministère des Mines passés maîtres dans l'extraction des fossiles. À droite, Moha Mghari, un habitant du lieu, formé sur place et devenu lui aussi spécialiste. Entre eux, deux ouvriers de fouilles engagés sur place. Devant eux, une omoplate (scapula) prête à être enfermée dans du plâtre.



Fin octobre 1980, les plus grandes pièces ont été plâtrées et la recherche va s'étendre vers la droite, où des pièces du crâne vont être découvertes.



Un fémur et un humérus enrobés dans du plâtre : chacune de ces pièces pèse près de 250 kg. Impossible de les transporter à dos de mulet ! Elles passeront donc l'hiver 1980 - 1981 sur place, jusqu'à ce qu'une solution soit trouvée.

4.5. Transport des fossiles



Automne 1980, la plupart des plâtres d'un poids inférieur à 120 kg sont chargés sur des mulets et emportés jusqu'à la prochaine piste, d'où un véhicule les prend en charge pour les emmener au laboratoire à Rabat. Reste le problème du transport des ossements les plus lourds...



Printemps 1981, la solution est trouvée : un hélicoptère de la Gendarmerie Royale va emporter vers Rabat les pièces fossiles les plus volumineuses.



La carlingue du Super Puma est chargée à bloc : près de 700 kg de fossiles de dinosaures plâtrés prêts pour le départ.



C'est une grande première pour le Maroc : ce dinosaure dont on ne connaît pas encore le véritable nom fait son baptême de l'air ! Il s'envole vers le laboratoire du Ministère de la Géologie et des Mines à Rabat.





4.6. Travail de préparation des fossiles en laboratoire

Une longue phase d'un travail minutieux commence en laboratoire. Elle durera 5 ans. Chaque pièce amenée du terrain doit être extraite de son plâtre provisoire, soigneusement dégagée de toute trace de roche, consolidée par des injections de colle puis protégée par une nouvelle chape de plâtre. Celle-ci doit permettre sa manipulation pour en réaliser des copies, ou entreprendre une étude scientifique.



L'omoplate vue sur le terrain (p. 99) est maintenant à Rabat dans son sarcophage de plâtre définitif.

4.7. Copie des pièces fossiles



Chaque fossile doit pouvoir être copié. Un «double» en latex est moulé sur chaque pièce originale (ici une vertèbre). Il est ensuite possible de couler de la résine synthétique dans ces moules et de restituer une copie à l'identique de chaque fossile.

4.8. Travail scientifique d'analyse

Lorsque ce dinosaure a été trouvé, le nom de *Cetiosaurus moghrebiensis* lui a été attribué, car on pensait qu'il était du même genre et de la même espèce qu'un fossile découvert antérieurement dans le Moyen Atlas. Parallèlement à ces travaux de laboratoire, il aura fallu plus de dix ans de recherches aux paléontologues Philippe Taquet et Donald Russell pour conclure qu'il s'agissait d'un genre et espèce nouveaux, auquel le nom d'*Atlasaurus imelakei* a été donné, ce qui signifie « très grand reptile de l'Atlas ».

Plus généralement, les restes fossiles d'animaux disparus (ossements, empreintes, coquilles, etc.) permettent de reconstituer l'allure qu'ils avaient lorsqu'ils vivaient, leur taille, leur milieu et leur mode de vie, ce qu'ils mangeaient, la manière dont ils se déplaçaient. Toutes ces informations sont précieuses pour les scientifiques. Elles leur permettent de poser des jalons de connaissances solides sur l'échelle de l'évolution de la vie sur la Terre (voir ci-dessus au point 3 des « Documents généraux » : Horloge des temps géologiques et Chronologie de l'évolution de la Terre et de la vie).



L'enchevêtrement des dernières vertèbres cervicales de l'arrière-crâne et de pièces éparées des mâchoires trouvées sur le terrain.



*Il aura fallu le recours à la 3D pour reconstituer le crâne complet d'*Atlasaurus*.*





4.9. Le montage du fossile géant

En 1987, les travaux de laboratoire sont terminés et une première copie presque intégrale en résine synthétique d'Atlasaurus a pu être montée au Musée du Ministère de la Géologie et des Mines à Rabat. Le crâne n'était que partiel. En outre, il manquait ... le bout de la queue, toujours enfoui à Wawmda.

Cet exemplaire est resté exposé à Rabat jusqu'au début des années 2000. Démonté, il a rejoint le musée d'Azilal qui deviendra sa résidence définitive. En effet, le musée du Géoparc M'Goun a une rotonde spécialement construite pour lui, et lui offre ainsi un écrin digne de sa stature. Il faudra le savoir-faire et la supervision de Serge Xerri pour lui donner sa prestance actuelle.



Le montage s'effectue au début de l'année 2020. Ici, la partie centrale du corps est déjà dressée sur les quatre membres massifs.

Pourquoi ne pas avoir monté dans ce musée le fossile original ?

- Les ossements fossiles sont lourds et fragiles. Dressé à la verticale, un fémur de 2 mètres s'effondrerait sous son propre poids ;
- Il est important que les fossiles originaux restent disponibles pour être étudiés, comparés à d'autres lors d'études scientifiques internationales.

4.10 Les principales caractéristiques d'Atlasaurus imelakei

Le site a livré plus de 90 % du squelette. Quelques pièces manquantes, notamment le bout de la queue, ont été reconstituées en 3D.



Mon CV

Je suis un dinosaure sauropode, quadrupède et herbivore. Vivant, je mesurais 18 m de long et pesais 22,5 tonnes. Le sommet de mon dos trônait à 6 m de haut et ma tête pouvait s'élever à près de 10 m. Indispensable pour atteindre ma nourriture ! Je vivais au Bathonien (Jurassique moyen) il y a 165 millions d'années.



Michel Monbaron, auteur de la découverte, debout devant Atlasaurus imelakei, donne l'échelle des dimensions de ce dinosaure.

Epilogue : depuis le 21 juin 2023, le musée est ouvert au public.





5- À RETENIR



Paysage

La recherche de dinosaure se fait certes dans de magnifiques paysages de couleur dominante rouge. Mais attention : il faut chercher longtemps, car les os ne sautent pas aux yeux : ils ressemblent comme deux gouttes d'eau à de la roche en place. Avoir un œil averti et des connaissances géologiques facilite la tâche.



Roches

Les épaisses formations de « Couches rouges » à dinosaures sont des grès et des pélites dont la couleur générale résulte de l'oxydation du fer contenu dans la roche. Au sein de cet ensemble rouge, la probabilité de trouver des fossiles est plus élevée dans des zones décolorées de couleur grise ou beige et de forme lenticulaire.

Astuce : pour s'assurer que l'on a bien affaire à un os fossilisé et non pas à un caillou, il suffit... d'appliquer sa langue sur l'objet. Si la langue adhère, il s'agit bien d'un os !



Eau

L'eau de ruissellement érode la surface des couches et favorise la mise en évidence d'os fossilisés.



Paléontologie

Atlasaurus imelakei est un dinosaure nouveau pour la science. En plus, cette trouvaille est un des plus gros sauropodes trouvés presque complets sur un seul site.



Relation de l'humain à son environnement

Le temps long : l'homme est apparu sur Terre plus de 160 millions d'années après Atlasaurus imelakei !

Les habitants du Géoparc M'Goun peuvent être fiers qu'*Atlasaurus imelakei* trouve son origine chez eux, et qu'il y soit exposé. Il s'agit là d'une richesse culturelle à préserver et à valoriser tant auprès des enfants que de chaque visiteur intéressé.



6- CONSTAT

Il n'y a pas de recettes miracles pour trouver un dino en deux minutes : il faut beaucoup marcher, transpirer, être attentif et avoir une bonne connaissance du terrain.



7- QUESTIONS À APPROFONDIR

Dans une perspective de tourisme durable, qu'est-il important de transmettre aux visiteurs ? Des dinos en plastique ou une connaissance solide, attestée scientifiquement et basée sur les magnifiques ossements fossilisés à disposition ? Imaginer les nombreuses activités ludiques qu'il est possible de proposer aux enfants, fascinés qu'ils sont par les dinosaures.



POUR CONCLURE

1- SE FORMER TOUT AU LONG DE LA VIE

L'expérience de ces ateliers démontre la pertinence de journées de formation à tout moment de la vie professionnelle, quel que soit son âge. Participants et participantes l'ont démontré par l'intérêt qu'ils ont porté à ces ateliers. Nous aimerions de plus relever l'importance d'une ambiance propice à se former : chaleur humaine, convivialité aident à apprendre, et la présence des autres rassure, stimule, permet de dépasser ses propres craintes.

2- LA PAROLE AUX INTERVENANT·E·S



Pendant ces journées de formation, nous avons traversé une région extraordinaire par la beauté de ses paysages. L'esthétique occupe une grande place dans l'attrait d'une région et sa première approche par les touristes. Pour assurer une approche touristique de qualité, il est pertinent d'aller au-delà de la pure appréciation esthétique et d'entrer dans une compréhension des paysages : de quoi sont-ils faits ?



Face à un paysage, il est important de comprendre. Qu'est-ce que je vois ? Par quoi mon regard est-il attiré ? Où sont les points d'accrochage : quelle crête, quel vallon ? Pourquoi cette crête, ce vallon ? Quel est le nom de cette roche ? Pourquoi est-elle rouge ? Et ce fossile à la surface de cette couche, que me dit-il ? La nature ne nous dévoile ses secrets qu'en l'interrogeant « sur le vif », autrement dit sur le terrain, dans un contact direct avec elle. En cherchant à comprendre ensemble un paysage, nous faisons à la fois de la théorie et de l'observation directe, autrement dit de la pratique.



Les paysages du Haut Atlas central constituent un patrimoine d'une grande valeur. Leur beauté, leur diversité et leur intérêt géologique et géomorphologique justifient pleinement le statut du Géoparc du M'goun comme premier géoparc mondial UNESCO d'Afrique et du monde arabe. Les sites décrits et visités lors de ces six ateliers sont parmi les plus intéressants, mais il y en a bien d'autres qui méritent toute notre attention. Les guides jouent un rôle central pour sensibiliser les visiteurs aux richesses naturelles de ce territoire et contribuer à les protéger.



3- LA PAROLE AUX PARTICIPANTES ET AUX PARTICIPANTS

Quelques suggestions pour que chacun.e approfondisse la réflexion sur ce qui a été appris, intégré...

Les points principaux que j'ai appris

.....
.....

Mes « coups de cœur » (ce qui m'a particulièrement intéressé)

.....
.....

Ce que j'aimerais approfondir

.....
.....

Ce que je vais en priorité transférer dans ma pratique

.....
.....

Comment me suis-je impliqué-e dans cette formation ?

.....
.....

4- PERSPECTIVES

Cette expérience-pilote de formation a été accueillie positivement, tant par les responsables institutionnels que par les personnes y ayant participé. Rien ne s'oppose, d'une part, à sa pérennisation, et d'autre part, à son extension vers d'autres géosites du Géoparc M'goun.

De telles actions de formation s'adressent à tous les acteurs concernés par le développement d'un tourisme durable dans le Géoparc, y compris ceux travaillant au sein du Musée d'Azilal. Elles nous semblent indispensables et porteuses d'amélioration de la qualité au bénéfice de ce Géoparc labellisé par l'UNESCO.



On apprend aussi avec les autres ! Ici, moment d'entraide dans un passage périlleux

Nous souhaitons un bel essor à ce fleuron du Haut Atlas central, le magnifique Géoparc M'goun et ses remarquables géosites.

GLOSSAIRE

Alluvions	Sédiments transportés par les cours d'eau : galets, graviers, sables, limons, argiles
Amont	Le haut d'une pente (inverse d'aval)
Anticlinal	Pli convexe (en forme de ) au cœur duquel se trouvent les couches les plus anciennes
Apparition	Moment où un phénomène ou une forme de vie s'est manifesté.e pour la première fois
Argile, argilite	Désigne soit un minéral (très petits cristaux), soit une roche (aussi appelée argilite) composée principalement de ces petits minéraux
Atlasaurus imelakei	Dinosaure quadrupède herbivore (sauropode) dont un squelette quasi complet a été trouvé à Wawmda (Tilouguuit)
Aval	Le bas d'une pente (inverse d'amont)
Badlands	De l'anglais « mauvaises terres ». Désigne un réseau de ravines et de rigoles formé par érosion régressive dans des roches peu résistantes
Bajocien	Étage du Jurassique moyen (-171 à -167 Ma)
Basalte	Roche magmatique effusive (lave) de couleur sombre
Bathonien	Étage du Jurassique moyen (-167 à -164 Ma)
Calcaire	Roche sédimentaire souvent fossilifère contenant au moins 50% de calcite CaCO ₃
Cambrien	Période la plus ancienne de l'ère primaire (-542 à -488 Ma)
Canyon	Gorge aux parois abruptes formée par un cours d'eau, en général dans des roches sédimentaires à structure tabulaire résistantes à l'érosion
Carbonate de calcium	Minéral très répandu sur la Terre, composant majeur des calcaires
Carbonifère	Période de l'ère primaire (-359 à -299 Ma)
Cargneule (ou Corgneule)	Roches sédimentaires carbonatées de teinte jaune à rouille
Carnien	Étage du Trias (-228 à -216 Ma)
Chaîne intracontinentale	Ensemble de reliefs longs de plusieurs centaines de kilomètres formés à l'intérieur d'un continent
Coelurosaur	Dinosaure théropode le plus apparenté aux oiseaux actuels
Colonne stratigraphique	Schéma représentant une série stratigraphique comparable à une tranche verticale découpée dans ces terrains
Concrétion	Masse solide résultant de l'accumulation de matière précipitée
Cône de déjection	Accumulation de matériaux transportés par un cours d'eau, en forme d'éventail, bombé et élargi vers le bas. Se forme à un endroit où la pente diminue, provoquant le dépôt des sédiments
Conglomérat	Roche sédimentaire détritique formée d'une accumulation de débris de roche anguleux (= brèche) ou arrondis (= poudingues) soudés entre eux
Coulée volcanique	Épanchement de lave lors d'une éruption volcanique

Crétacé	Période de l'ère secondaire (-145 à -65 Ma)
Discordance	Position d'une formation sédimentaire plus récente sur un substratum plus ancien, lui-même déjà plissé, basculé et/ou érodé
Dogger	Synonyme de Jurassique moyen. Désigne la partie médiane du Jurassique (-175 à -161 Ma)
Doline	Dépression fermée formée par la dissolution karstique
Dolomie	Roche sédimentaire carbonatée contenant principalement de la dolomite $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
Éboulement	Détachement brusque d'un pan de paroi rocheuse vers le fond d'une vallée
Éboulis	Accumulation en nappe ou talus de débris rocheux tombés un à un d'une paroi rocheuse ou d'un versant très en pente (tablier d'éboulis)
Échelle stratigraphique	Division du temps et de l'histoire de la Terre basée sur l'étude des couches sédimentaires (les strates)
Écoulement	Mouvement de l'eau, en surface, dans le sol ou en souterrain. L'écoulement peut être concentré dans le lit d'un cours d'eau, d'une rigole ou d'une ravine ou non-concentré, lorsqu'il s'effectue sur une surface (écoulement en nappe)
Empreinte	Trace de pas, principalement de dinosaure, imprimée dans de la boue, puis asséchée et fossilisée
Érosion	Processus de dégradation et de transformation du relief causé par la pluie, le vent, l'écoulement d'un cours d'eau, le frottement d'un glacier, les alternances de gel et de dégel, la dissolution, etc.
Érosion linéaire	Désigne l'érosion due à un écoulement concentré des eaux de l'amont vers l'aval
Érosion régressive	Désigne l'érosion qui se propage du bas d'une pente vers le haut
Extinction	Moment de la disparition relativement brutale de certains groupes d'organismes (à l'échelle géologique, peut durer quelques millions d'années au maximum)
Fente de dessiccation	Traduction de « mud cracks ». Fissures créées par le dessèchement d'un sol argileux et formant un réseau polygonal
Fluviatile	Qui a trait à l'action d'un cours d'eau (transport et dépôt fluviaux)
Formation rocheuse	Agencement naturel de roches ayant des caractéristiques similaires
Fossé tectonique	Dépression allongée, aux flancs abrupts, formée par l'effondrement de « compartiments » le long de failles de même direction
Gabbro	Roche magmatique grenue, vert noir, composée de différents minéraux : plagioclases et minéraux ferro-magnésiens (pyroxènes, amphiboles)
Géologie	Science qui étudie les parties de la Terre accessibles à l'observation
Géomorphologie	Science qui étudie la description et de l'explication du relief terrestre
Géosite	Site d'intérêt géologique ou géomorphologique
Gravitaire (processus)	Ensemble de processus géomorphologiques provoqués par l'attraction terrestre

Grès	Roche sédimentaire composée en majorité de grains de quartz (diamètre max. 2 mm)
Hydrologie	Science qui étudie les eaux et leurs propriétés
Homo sapiens	Espèce de primate appelée couramment « humain », dont les plus anciens fossiles ont été découverts au Maroc (Jbel Irhoud, environ -300'000 ans)
Intrusion	Roche magmatique ayant pénétré dans des formations déjà constituées (adjectif : intrusif)
Jurassique	Période de l'ère secondaire (-199 et -145 Ma)
Karst	Ensemble des phénomènes de dissolution de roches solubles (roches carbonatées, évaporites, dolomies) et des formes du relief qui en résultent (adjectif : karstique)
Lamellibranche	Mollusque aux branchies en forme de lamelles (p. ex. les huîtres)
Lapié ou lapiaz	Ciselures superficielles sur la roche calcaire nue ou sous un petit couvert végétal dues à la dissolution karstique
Lias	Synonyme de Jurassique inférieur. Désigne la partie la plus ancienne du Jurassique (-199 à -175 Ma)
Lithologie	Nature des roches (de lithos = pierre en grec)
Limon	Dépôt meuble à grains très fins (argiles ou silts)
Malm	Synonyme de Jurassique supérieur, désigne la partie terminale du Jurassique (-161 à -145 Ma)
Marne	Roche sédimentaire constituée d'un mélange de calcaire et d'argile
Marno-calcaire	Alternance régulière de calcaires et de marnes
Miocène	Série stratigraphique de l'ère tertiaire (-23 à -5 Ma)
Modelé	Ensemble des formes de la surface topographique dues à l'action de l'érosion
Monolithe	Relief isolé, fait d'un seul type de roche
Niche d'arrachement	Cicatrice ou déchirure laissée sur le flanc de la montagne après un éboulement
Norien	Étage du Trias supérieur (-216 à -203 Ma)
Oligocène	Série de l'ère tertiaire (-34 à -23 Ma)
Oued	Cours d'eau ayant généralement un écoulement temporaire, principalement alimenté par les eaux de pluie
Paléontologie	Science qui étudie les restes ou traces fossiles des organismes disparus
Paysage géomorphologique	Paysage dont les caractéristiques géomorphologiques ont un intérêt scientifique, éducatif ou patrimonial
Pélite	Se dit d'une roche sédimentaire détritique à grains très fins
Plan de glissement	Surface plane et inclinée d'un versant sur laquelle a glissé une masse d'éboulement
Pli/Plissement	Déformation qui résulte de la flexion ou de la torsion de roches lors de la formation d'une chaîne de montagnes (pli anticlinal, pli synclinal)
Pliocène	Série stratigraphique de la fin de l'ère tertiaire (-5 à -1.8 Ma)

Précipitation Primaire	Désigne le passage à l'état solide d'un matériau dissous dans un liquide Synonyme de Paléozoïque, ère géologique ayant duré de -542 à -251 Ma
Primates	Groupe de mammifères caractérisés par un développement important du cerveau et dont les cinq doigts sont pourvus d'ongles et non de griffes. Les singes et les humains en font partie
Quaternaire	Période la plus récente de l'histoire de la Terre (-1.8 Ma à aujourd'hui)
Ravine	Forme d'érosion créée par le ruissellement de l'eau, ayant la forme d'un chenal avec un profil en V
Ravinement	Processus de formation des ravines, particulièrement fort lors des pluies intenses et sur des versants sans sol ni couverture végétale
Résurgence	Dans les régions karstiques, source à débit important résultant de la réapparition en surface d'une rivière souterraine
Ride de plage	Structure sédimentaire qui se forme lorsque les sédiments sont agités par l'action des vagues, comme sur une plage. Terme équivalent: ride de courant. En anglais: ripple mark
Ruissellement	Écoulement des eaux à la surface de la Terre, notamment dans les cours d'eau ou à la surface du sol (contrairement à l'écoulement souterrain)
Sauropode	Reptile fossile du groupe des dinosauriens, quadrupède et herbivore
Schéma structural	Carte simplifiée représentant les principaux ensembles géologiques
Sédiment	Ensemble de particules plus ou moins grosses déposées après transport, ou précipitées dans un plan d'eau
Sédimentation	Ensemble des processus conduisant à la formation de sédiments (sédimentation marine, sédimentation continentale)
Silt, siltite	Sédiment détritique meuble et fin, aux particules situées entre argile et sable
Source karstique	Source émergeant d'un réseau karstique, c'est-à-dire de conduites souterraines formées par la dissolution des calcaires
Spinosaurus	Dinosaure théropode du Crétacé (vers -100 Ma)
Stalactite	Concrétion formée à partir de la précipitation du calcaire qui descend de la voûte d'une grotte (stalactite = qui tombe)
Stalagmite	Concrétion formée à partir de la précipitation du calcaire issu des gouttes d'eau qui tombent sur le plancher d'une grotte (stalagmite = qui monte)
Stratigraphie	Discipline qui étudie la succession des couches sédimentaires (les strates)
Structure	Arrangement se référant aux différents éléments tectoniques du paysage (adjectif: structural)
Synclinal	Pli concave (en forme de U) au cœur duquel se trouvent les roches les plus récentes (pluriel: synclinaux)
Synclinal perché	Vallée synclinale suspendue créée par l'érosion plus rapide des anticlinaux adjacents

<p>Système hydrologique Tazoudasaurus</p>	<p>Caractéristiques et fonctionnement du réseau des cours d'eau (de surface et souterrains) dans une région donnée</p> <p>Dinosaure quadrupède herbivore (sauropode) trouvé à Tazouda près de Ouarzazate</p>
<p>Tectonique</p>	<p>3 niveaux de définition :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ensemble des déformations ayant affecté des roches après leur formation ▪ Mécanismes ayant généré ces déformations ▪ Discipline scientifique qui étudie ces déformations
<p>Tertiaire</p>	<p>Ère géologique aussi appelée Cénozoïque s'étendant de -66 Ma à aujourd'hui</p>
<p>Théropode</p>	<p>Reptile fossile du groupe des dinosaures, bipède et carnivore</p>
<p>Travertin</p>	<p>Roche sédimentaire calcaire déposée à l'endroit d'émergence de sources ou de suintements d'eaux chargées en carbonates dissous</p>
<p>Tresses (cours d'eau)</p>	<p>Morphologie d'un cours d'eau dans lequel l'eau s'écoule dans plusieurs chenaux mobiles séparés par d'importants bancs de graviers. Signe d'une dynamique importante du cours d'eau</p>
<p>Trias</p>	<p>Période géologique de l'ère secondaire précédant le Jurassique (-251 à -199 Ma)</p>
<p>Tridactyle</p>	<p>Qui a trois doigts</p>
<p>Vallée sèche</p>	<p>En terrain karstique, désigne une vallée dans laquelle il n'y a aucun écoulement de surface</p>
<p>Versant</p>	<p>Surface topographique comprise entre une crête et un fond de vallée</p>



La Cathédrale d'Imstfane



Société Marocaine d'Ingénierie Touristique (SMIT)
Ministère du Tourisme
Avenue Annakhil, Centre d'Affaires Hay Riad, Rabat

Swisscontact | Swiss Foundation for Technical Cooperation
39 Rue Abou Derr | Agdal | 10080 Rabat, Maroc
www.swisscontact.org/maroc

Ambassade de Suisse
Division Coopération Internationale (DCI)
Adresse courrier: Square de Berkane, 10001 Rabat, Maroc
Adresse Bureau: 1, Rue Azrou, Hassan, 10001 Rabat, Maroc
www.eda.admin.ch/rabat