

## Originalité karstique de l'Atlas atlantique marocain

André Weisrock

---

**Citer ce document / Cite this document :**

Weisrock André. Originalité karstique de l'Atlas atlantique marocain. In: Karstologia : revue de karstologie et de spéléologie physique, n°5, 1er semestre 1985. pp. 29-38;

doi : <https://doi.org/10.3406/karst.1985.2086>

[https://www.persee.fr/doc/karst\\_0751-7688\\_1985\\_num\\_5\\_1\\_2086](https://www.persee.fr/doc/karst_0751-7688_1985_num_5_1_2086)

---

Fichier pdf généré le 04/05/2018

## Résumé

Moyenne montagne semi-aride, l'Atlas atlantique doit à la proximité de l'océan une humidité hivernale au-dessus de 1 000 m qui entretient nappes et écoulements parfois pérennes. L'essentiel des formes karstiques est cependant hérité de périodes plus humides tertiaires et quaternaires. Ces formes se sont développées en fonction de conditions structurales particulières puisque l'Atlas atlantique est né d'une orogénie tertiaire qui a soulevé et plissé le matériel sédimentaire jurassique et crétacé d'un bassin atlantique («fosse des Haha»). Parmi les résultats les plus originaux qui découlent de cette histoire, on trouve les curieux paysages ruiniformes des hauts plateaux dolomitiques, de nombreux gouffres cylindriques (les «ouggar»), des alignements de dolines entonnoirs (les «ouddirh») et les réseaux karstiques souterrains les plus longs d'Afrique du Nord connus à ce jour. Sur une bonne partie des plateaux haha, les dépôts marins plio-moghgrébiens masquent ces témoins d'une karstification ancienne ; mais ils sont eux aussi troués de dolines et de poljés. De même, les lapiés littoraux, les innombrables grottes et les dépôts carbonatés omniprésents (croûtes et travertins) témoignent de la poursuite de la mobilisation du calcaire.

## Abstract

The Atlantic atlas (Morocco) : a distinctly karstic region. The Atlantic Atlas is a semi-arid mountain, which owes to its proximity of the ocean a winter moisture above 1 000 m, with watersheds and at times perennial flows. The main karstic landforms are however inherited of damper tertiary and quaternary periods. These forms were developed in relation with particular structural conditions, because the Atlantic Atlas rose during a tertiary orogenesis which folded the sedimentary jurassic and cretaceous material of an atlantic basin (basin of the haha). Among the most original results of this evolution, we can find curious tower-like landscape of dolomitic high-plateaus, numerous cylindrical pits («ouggar»), lines of funnel-shaped dolines («ouddirh») and underground karstic river systems, the longest in North-Africa known to day. On the greater part of the Haha Plateau, these remnants of an ancient karstification are masked by plio-moghrebien deposits. The latter are also full of dolines and poljes. In the same way, littoral karstic forms and calcareous deposits (calcrusts and travertines) show the continuation of limestone dissolution.

# Originalité karstique de l'Atlas atlantique marocain

André WEISROCK  
Professeur à l'Université du Maine  
Institut de Géographie  
BP 535 72017 LE MANS CEDEX

**Résumé :** Moyenne montagne semi-aride, l'Atlas atlantique doit à la proximité de l'océan une humidité hivernale au-dessus de 1 000 m qui entretient nappes et écoulements parfois pérennes. L'essentiel des formes karstiques est cependant hérité de périodes plus humides tertiaires et quaternaires. Ces formes se sont développées en fonction de conditions structurales particulières puisque l'Atlas atlantique est né d'une orogénie tertiaire qui a soulevé et plissé le matériel sédimentaire jurassique et crétacé d'un bassin atlantique («fosse des Haha»). Parmi les résultats les plus originaux qui découlent de cette histoire, on trouve les curieux paysages ruiniformes des hauts plateaux dolomitiques, de nombreux gouffres cylindriques (les «ouggar»), des alignements de dolines entonnoirs (les «ouddirh») et les réseaux karstiques souterrains les plus longs d'Afrique du Nord connus à ce jour. Sur une bonne partie des plateaux haha, les dépôts marins plio-moghgrébiens masquent ces témoins d'une karstification ancienne; mais ils sont eux aussi aussi troués de dolines et de poljés. De même, les lapiés littoraux, les innombrables grottes et les dépôts carbonatés omniprésents (croûtes et travertins) témoignent de la poursuite de la mobilisation du calcaire.

**Mots-clés :** karstogenèse, spéléogenèse, paléokarst, formes superficielles et souterraines, dépôts carbonatés, karst littoral, Maroc, Haut-Atlas, côte atlantique, Pliocène, Quaternaire.

**Abstract :** THE ATLANTIC ATLAS (MOROCCO) : A DISTINCTLY KARSTIC REGION. The Atlantic Atlas is a semi-arid mountain, which owes to its proximity of the ocean a winter moisture above 1 000 m, with watersheds and at times perennial flows. The main karstic landforms are however inherited of damper tertiary and quaternary periods. These forms were developed in relation with particular structural conditions, because the Atlantic Atlas rose during a tertiary orogenesis which folded the sedimentary jurassic and cretaceous material of an atlantic basin (basin of the haha). Among the most original results of this evolution, we can find curious tower-like landscape of dolomitic high-plateaus, numerous cylindrical pits («ouggar»), lines of funnel-shaped dolines («ouddirh») and underground karstic river systems, the longest in North-Africa known to day. On the greater part of the Haha Plateau, these remnants of an ancient karstification are masked by plio-moghrebien deposits. The latter are also full of dolines and poljes. In the same way, littoral karstic forms and calcareous deposits (calcrusts and travertines) show the continuation of limestone dissolution.

**Key-words :** karstogenesis, speleogenesis, paleokarst, karst landforms, carbonate deposits, coastal karst, Morocco, High Atlas, atlantic coast, Pliocene, Quaternary.

L'Atlas atlantique (fig. 1) constitue l'extrémité W du Haut Atlas marocain. C'est une moyenne montagne — qui culmine seulement à 1 789 m à la Taourirt Moulay-Ali — mais qui s'élève très vite au-dessus de l'océan à l'W et de la Plaine du Sous au S. D'où une certaine dissymétrie de la chaîne, dissymétrie à la fois topographique et pluviométrique : le S et l'E (Ida Ou Tanane, Ida Ou Bouzia, et Mtougga) sont les parties les plus élevées et les plus arrosées; l'W et le N sont des plateaux (Haha, Meskala) moins élevés et plus secs, où les aspects montagnards sont réduits à des chaînons isolés (Jbel Ouamsitten et Jbel Hadid). La tectonique atlasique tertiaire, plus violente au S et à l'E, est en gros responsable de ce dispositif; les portions les plus soulevées ont perdu leur couverture crétacée, qui subsiste sur les plateaux, ce qui fait que le karst montagnard est surtout développé dans le Jurassique, alors que celui des plateaux affecte le Crétacé. Le long de la côte enfin, l'océan moghrébien (Pliocène supérieur) a transgressé sur 15 m à 20 km de largeur en moyenne, laissant une plate-forme, ou «rasa», recouverte de dépôts sableux qui n'ont pas masqué totalement l'évolution karstique sous-jacente.

## I. LE KARST DE LA MONTAGNE ET DES HAUTS PLATEAUX JURASSIQUES (Ida Ou Tanane, Ida Ou Bouzia)

### 1. LES CONDITIONS MORPHOCLIMATIQUES D'ENSEMBLE

#### a) Des montagnes et hauts plateaux semi-arides.

Les stations météo des Ida Ou Tanane (Imouzzet et Aïn Asmana) sont celles qui montrent les totaux pluviométriques moyens annuels les plus élevés de l'Atlas Atlantique, dépassant 500 mm/an pour la période d'observation 1925-1950. Pour les années 1970 -80, la moyenne tombe à 422 mm pour Imouzzet, les extrêmes passant de 156 mm en 1974-75 à 930 mm en 1970-71. On ne dispose pour la même période que des années 1967-74 à Aïn Asmana, où la moyenne s'établit à 509 mm, oscillant entre

Photo 1 - Karst des Ida Ou Tanane : un «iferd», petite daïa servant d'abreuvoir sur le plateau oxfordien d'Iggui el Behar, à 1 530 m d'altitude. Brousse à palmier nain («doum») au premier plan; illicia profite de l'humidité de la cuvette à l'arrière-plan.

Karst of the Ida Ou Tanane : an «iferd», small daïa serving as pond on the oxfordian plateau of Iggui el Behar, at 1 530 m altitude. Bush with chamareops humilis («doum») in the foreground; Quercus ilex forest enjoying the wetness of the «daïa» in the background.



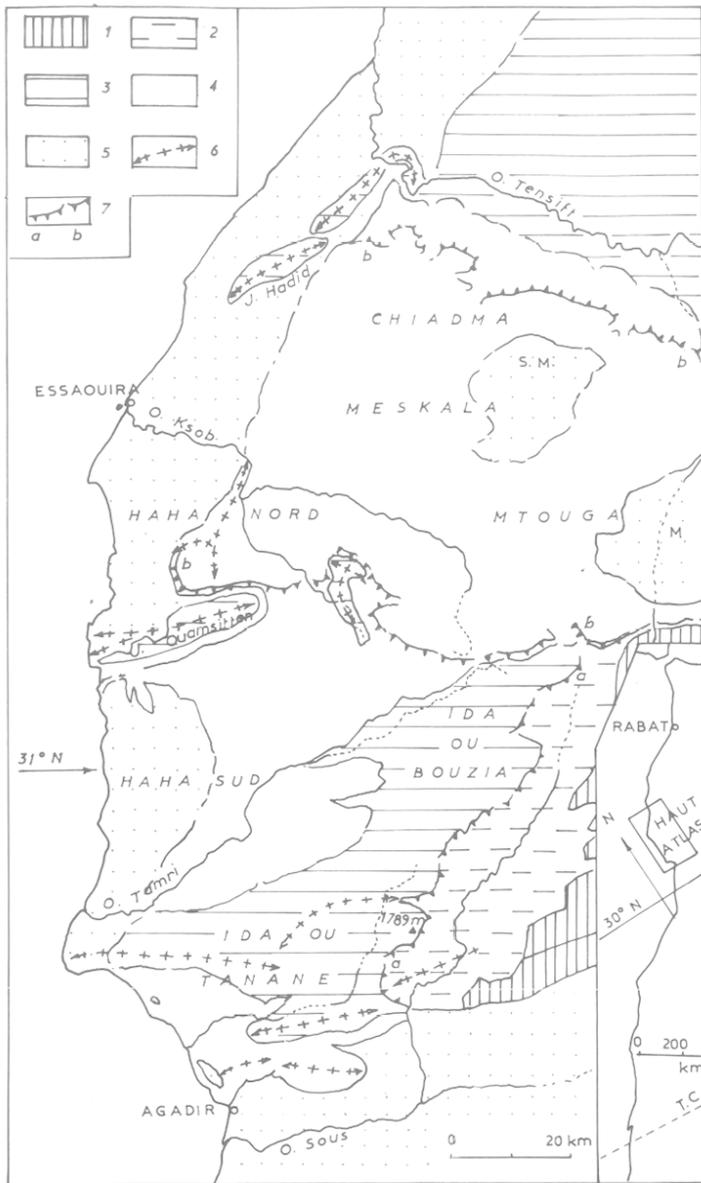


Fig. 1 - Régions morphologiques de l'Atlas atlantique.

*Morphological regions of the Atlantic Atlas.*

1 - Socle ancien du Haut-Atlas. *Basement complex of the High Atlas.* 2 - Trias du Bassin d'Argana. *Triassic Basin of Argana.* 3 - Chaînes et Plateaux jurassiques. *Jurassic chains and plateaus.* CHAINES : Ida Ou Tanane, J. Ouamsitten, J. Hadid. *Ida Ou Tanane, J. Ouamsitten, J. Hadid.* PLATEAUX : Ida Ou Bouzia, Plateaux du Tensift. *Ida Ou Bouzia, P. Tensift Plateaus.* 4 - Chaînes et plateaux crétaçés. *Cretaceous chains and plateaus.* 5 - Pliocène et Quaternaire. *Pliocene and Quaternary.* Le long de la côte : «rasa» plio-moghrebienne ; à l'intérieur : plaine du Sous, cuvette des Mejjate (M) et de Sidi Mokhtar (SM). *Along the coast : plio-moghrebien «rasa» ; inside : O. Sous plain, basins of Mejjate (M) and Sidi Mokhtar (SM).* 6 - Anticlinaux. *Anticlines.* 7 - Principales cuestas. *Principal cuestas.* a - jurassique, b - crétacé moyen. *jurassic, middle cretaceous.*

270 mm (1972-73, année relativement sèche aussi à Imouzzer, où l'on note 283 mm) et 791 mm en 1970-71.

En dépit d'une latitude déjà très méridionale (30° 40' N), le régime est encore méditerranéen, avec une longue sécheresse estivale, et deux maxima, de décembre et d'avril, qui sont aussi les mois du maximum d'irrégularité : ils peuvent aussi bien être totalement secs que comporter les plus forts abats mensuels de pluie. Ceci montre le caractère brutal et spasmodique des précipitations, y compris en hiver. Le plus souvent, les averses sont courtes, violentes (96 mm le seul 26 février 1948 à Aïn Asmana) et peu fréquentes.

Mais ceci n'exclut pas les petites averses, de l'ordre de 10 mm/jour, sur plusieurs jours consécutifs, par circulation d'W et de NW, les forts totaux journaliers étant le plus souvent liés aux flux perturbés de SW qui se heurtent au flanc le plus escarpé de l'Atlas (Imouzzer est à 1 310 m d'altitude, Aïn Asmana à 1 580 m). A ces pluies assez abondantes pour la région (Agadir ne reçoit en moyenne que 283 mm/an) et majorées par l'altitude, il faut ajouter l'effet des brouillards et des rosées, qui entretiennent fréquemment une atmosphère humide. Ces données ne sont pas quantifiées, mais l'observation montre qu'en hiver, la rosée est abondante et persiste sur les versants à l'ombre jusqu'à 11 h environ ; qu'en été les brouillards épais emplissent totalement les vallées et se dissipent plus rapidement, vers 7 h en général. Au regard de ces rosées, ni la neige hivernale (4 jours de sol enneigé par an en moyenne à Aïn Asmana pourtant à 1 580 m) ni le gel (2 jours de gelée par an en moyenne à Imouzzer) ne jouent de rôle notable.

L'humidité est donc suffisante pour entretenir des sources pérennes et alimenter jusqu'au cœur de l'été les puits d'une population très nombreuse ; mais hormis sur de rares tronçons près de grosses sources, les oueds sont secs durant 5 mois en moyenne. Au-dessus de 1 000 m, la forêt de Chênes-verts associés aux Lentisques, Genêts, Génévriers, Oxycèdres et Caroubiers peut être assez épaisse lorsqu'elle est préservée du pacage ; ailleurs, elle fait place à une steppe à *Ononis natrix* et *Chamareops humilis* qui laisse de vastes espaces découverts.

#### b) Un relief de type «jurassien» (fig. 2 et 3).

Les territoires des Ida Ou Tanane et des Ida Ou Bouzia correspondent aux secteurs les plus élevés de l'Atlas Atlantique : sommets à plus de 1 600 m, hauts plateaux entre 1 200 et 1 500 m, mais aussi profondes vallées qui descendent très vite sous 400 m et introduisent des coupures saisissantes dans les paysages, à cause de leurs palmeraies que l'on trouve ainsi jusqu'au cœur de l'Atlas («Paradietal» des touristes germaniques).

Comme dans le Haut Atlas, l'orogénèse s'est déroulée en deux phases majeures : une phase précoce au début du Tertiaire, qui a soulevé et plissé le matériel sédimentaire de la «fosse des Haha», bassin sédimentaire atlantique original par rapport au reste du Haut Atlas mésogéen. Cette première chaîne a été démantelée et aplanie durant l'Oligocène et le Miocène, avant d'être «rajeunie» par une nouvelle surrection essentiellement post-moghrebienne (Pliocène et Quaternaire) et qui n'est sans doute pas terminée, comme nous l'a rappelé le tragique séisme de 1960 à Agadir. Ces phases tectoniques sont responsables des grandes lignes du relief actuel, qui est un relief plissé somme toute assez conforme au modèle jurassien, avec des monts anticlinaux aux formes lourdes (Jbel Tazenakht), de larges périclinaux en majestueux demi-cercles (Jbel Ouaskal), de nombreuses combes annulaires, parfois emboîtées, et cernées par des crêtes vigoureux (combe d'Imouzzer - Talmet, combe d'Anklout, combe du Jbel l'Gouz). Les formes synclinales sont surtout représentées par le grand val perché des Aït Mansour, prolongé à l'E par le plateau du Tasroukht (qui recèle le grand réseau souterrain dit du «Wit Tamdoun»), et par des formes résiduelles : volets synclinaux, petites buttes coniques, comme le point culminant du Taourirt Moulay Ali.

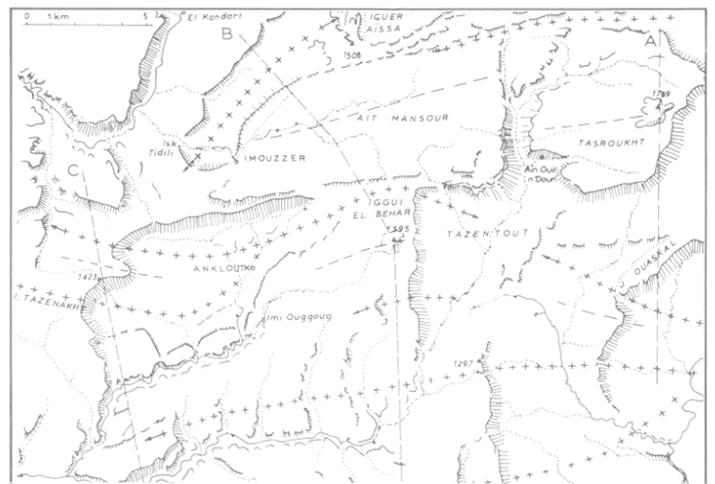


Fig. 2 - Carte morphostructurale des Ida Ou Tanane.

*Morphostructural map of the Ida Ou Tanane.*

A, B, C - Tracé des coupes, fig. 3. *Cross-sections, fig. 3.*

Le dégagement de ces belles formes structurales n'est pas seulement dû à la vigueur du soulèvement et à l'ampleur des dénivelées. Il résulte aussi de conditions lithologiques favorables : le bassin sédimentaire atlantique a en effet multiplié les contrastes de résistance au sein des séries du Lias et du Jurassique qui ont connu des régimes oscillant entre le type épicontinental, avec des apports alluviaux et deltaïques, terrigènes, le type lagunaire évaporitique, et le type plus franchement marin à calcaires néritiques et marnes. Dans les couches détritiques, les faciès à granulométrie fine l'emportent, donnant des paysages en creux. Grès et conglomérats sont trop peu consolidés, ou trop discontinus pour constituer des reliefs importants. Dans les couches marines, deux situations principales se présentent : certaines séries épaisses sont en fait constituées d'alternances répétées de couches dures et tendres, et ne donnent pas des reliefs très vigoureux (calcaires de Tamarout, formations d'Ouana-mané et de Timesroua); d'autres séries sont beaucoup plus homogènes et très résistantes : ce sont les deux formations de Lalla Oujja et d'Igguï el Behar, formées de calcaires récifaux et dolomitiques, atteignant parfois 100 m d'épaisseur (plus généralement 50 m), qui sont responsables des reliefs les plus marquants dans le paysage.

### c) Des conditions mitigées pour le développement du karst.

On ne peut pas dire que le climat actuel soit favorable au développement des formes karstiques, par suite de l'indigence relative des précipitations et surtout de leur caractère excessivement irrégulier. Les averses brutales, tombant sur des espaces peu protégés par la couverture végétale et des sols peu épais, engendrent le plus souvent des écoulements torrentiels plutôt dévastateurs. C'est pourquoi l'essentiel des formes karstiques apparaît ici comme hérité d'un passé plus ou moins lointain, à l'humidité plus régulière.

Ce sont surtout les conditions lithologiques qui sont déterminantes de la variété et de la répartition des manifestations karstiques essentielles. Les deux principaux ensembles de roches karstifiables donnent en effet naissance à deux grandes régions karstiques aux caractères différents :

— les faciès récifaux et dolomitiques donnent en surface de grands champs de lapiés, des plateaux rocheux percés de dolines, des karsts ruiniformes, et en profondeur de longs réseaux souterrains; ils caractérisent surtout le karst des Ida Ou Tanane;

— les séries épaisses à nombreuses alternances couches calcaires / couches marneuses, bien qu'a priori nettement moins favorables au développement de formes karstiques, n'en sont pas dépourvues, bien au contraire : on y observe en effet de grands gouffres verticaux, les «ouggar» et «ouddirh», ainsi que de nombreuses vallées sèches. Elles sont surtout caractéristiques du karst des Ida Ou Bouzia.

Enfin, il faut remarquer que les formes karstiques dans l'Atlas atlantique sont surtout le fait de ces deux secteurs élevés, plus que les Plateaux Haha et la plate-forme côtière : c'est sans doute à cause de l'humidité qui a dû toujours y être plus forte, mais aussi parce que la tectonique y a exercé des contraintes plus marquées aboutissant à un haut degré de fracturation du matériel rocheux.

## 2. LE KARST DES IDA OU TANANE (fig. 2 et 3)

C'est le plus varié de l'Atlas atlantique, tant en ce qui concerne les formes de surface (lapiés, dolines, gouffres, tourelles) que les manifestations annexes du karst (canyons karstiques, accumulations de travertins) et celui où les réseaux souterrains explorés connaissent la plus grande ampleur.

### a) Les hautes tables lapiées, à dolines et à gouffres.

Il s'agit essentiellement des surfaces sommitales de deux monts dérivés proches d'Imouzzer, l'Igguï el Behar, à près de 1 500 m, et la partie orientale du J'bel Tazenakht, autour de 1 150 m, où affluent en surface les calcaires dolomitiques récifaux de l'Oxfordien supérieur, dits «formation d'Igguï el Behar» (A.E. ADAMS et al., 1978). Les formes y sont tout à fait classiques, très comparables à celles qui ont été décrites sur le pourtour méditerranéen. Les lapiés atteignent rarement un mètre de profondeur et sont d'autant plus contournés que les roches sont dolomitiques. Ils sont en partie comblés par une terra rossa sableuse où pousse une brousse basse à lavande et palmier nain. Les dépressions fermées sont assez nombreuses, mais de petites dimensions, et à bords bien marqués : ce sont plutôt des petites daïas (= «iferd») que de véritables dolines, et elles servent d'abreuvoirs aux troupeaux (photo 1). Réservoirs d'humidité, elles se signalent par des bouquets de chênes-verts isolés sur le plateau; leur fond est comblé par des blocs au milieu d'une sédimentation limoneuse humifère, mais aussi par des bran-

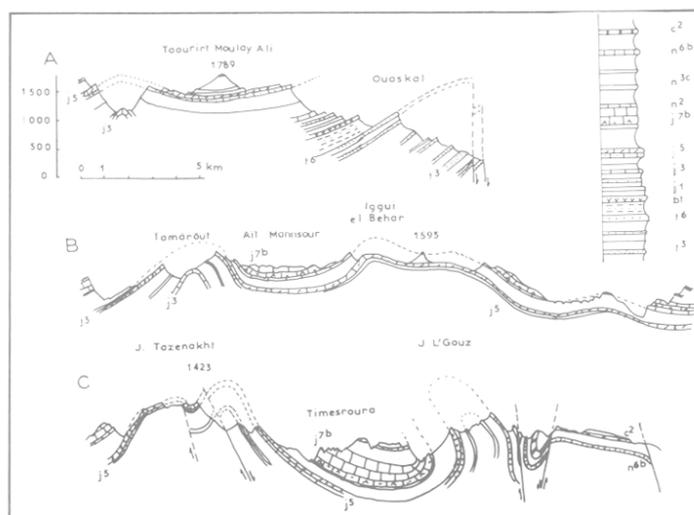


Fig. 3 - Coupes à travers les Ida Ou Tanane.

Cross-sections through the Ida Ou Tanane Land.

t<sup>3</sup> - trias moyen. Middle Trias. t<sup>6</sup> - Trias supérieur. Upper Trias. bt - basaltes du Trias sup. Upper Triassic basalts. J<sup>1</sup> - Bajocien. Bajocian. j<sup>3</sup> - Callovien, formation de Tamarout. Callovian, Tamarout formation. j<sup>5</sup> - Oxfordien, formation d'Igguï el Behar. Oxfordian, Igguï el Behar formation. j<sup>7b</sup> - Portlandien-Berriasien, formation de Timesroua. Portlandian-Berriasian, Timesroua formation. n<sup>2</sup> - Hauterivien. Hauterivian. n<sup>3c</sup> - Hauterivien supérieur. Upper Hauterivian. n<sup>6b</sup> - Vraconien. Vraconian. c<sup>2</sup> - Turonien. Turonian.

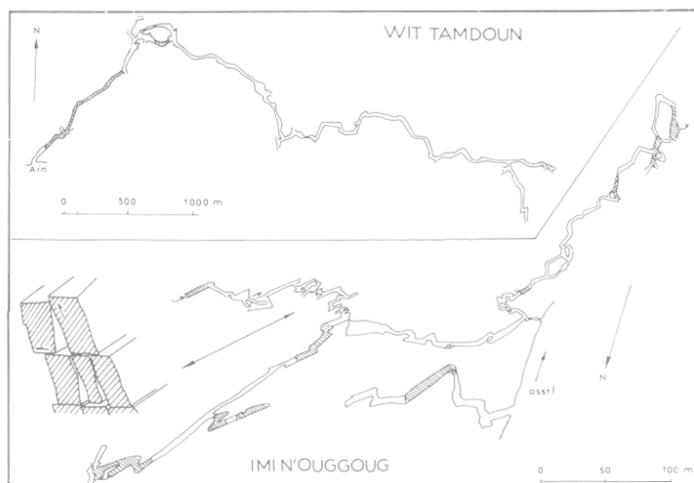


Fig. 4 - Les deux réseaux karstiques principaux des Ida Ou Tanane : Wit Tamdoun et Imi n'Ouggoug (d'après les relevés de la Société spéléologique du Maroc et de la Ligue Spéléologique de Lorraine). Les parties hachurées sont remplies d'eau (sur les plans). L'interprétation morpho-structurale d'un secteur de l'Imi n'Ouggoug est tirée de A. Weisrock, 1980.

The two principal karstic underground systems of the Ida Ou Tanane : Wit Tamdoun and Imi n'Ouggoug (after the maps of the Speleological Society in Morocco and Speleological Association of Lorraine). The cross-hatching areas are full of water (on the maps). The morpho-structural interpretation of a part of Imi n'Ouggoug is taken from A. Weisrock, 1980.

chages et toutes sortes de débris divers, qui montrent que les bergers contribuent beaucoup à ce comblement; on peut se demander si ces dolines ne sont pas en fait d'anciennes ouvertures d'avens. En effet, sur le Jbel Tazenakht, où la densité de population est plus faible et où la forêt est moins dégradée, les petits gouffres pullulent; certains d'entre eux, explorés depuis 1977, descendent verticalement sur une cinquantaine de mètres. Les eaux qui s'y enfouissent en hiver, non saturées, y créent de belles formes de dissolution. Mais l'originalité du karst ne s'affirme véritablement ici que dans les affleurements de dolomie.

### b) Le karst dolomitique ruiniforme de l'Iguer Aïssa (photo 2)

Sur une voûte anticlinale légèrement affaissée en son milieu, large



Photo 2 - Karst des Ida Ou Tanane : tours dolomitiques de l'Iguer Aïssa.

*Karst of the Ida Ou Tanane : dolomitic towers of the Iguer Aïssa.*

de 4 à 5 km, l'Iguer Aïssa et les plateaux voisins font pénétrer dans le monde étrange du karst ruiniforme (A. WEISROCK et X. GARNERIN, 1979); tours, tourelles, «gallettes» empilées, chicots rocheux, de 2 à 10 m de haut, s'ordonnent selon trois zones en fonction des affleurements lithologiques et des propriétés pétrographiques des différents niveaux dolomitiques. L'analyse de l'épaisse terra rossa de la zone centrale, où les tours sont les mieux représentées et conservées, montre une évolution des argiles du bas vers le haut, c'est-à-dire une poursuite de l'altération de la dolomie en profondeur, où l'humidité persiste. Cette altération a dû être intense lors de périodes plus humides et plus chaudes qu'aujourd'hui, et la découverte de vestiges de troncs de conifères silicifiés datant du Jurassique supérieur ou du Crétacé inférieur au sein de la terra rossa montre que des pièges karstiques existaient au moment où ces couches supérieures ont été érodées, c'est-à-dire vraisemblablement déjà lors du premier grand soulèvement atlasique du début du Tertiaire. Ceci conduit à penser que la formation du karst ruiniforme s'est surtout effectuée sous les climats chauds et humides du Tertiaire. La semi-aridité actuelle, la torrencialité des écoulements, la dégradation du couvert végétal ne favorisent pas la conservation de ces formes héritées : les orgues karstiques qui découpent les bordures des plateaux s'éboulent; certaines tours sont déchaussées et en équilibre précaire.

#### c) Canyons et réseaux souterrains (fig. 4)

Les conditions tectoniques font que tous les cours d'eau majeurs présentent certaines portions de leurs cours en gorges, qui sont pour la plupart des cluses et des percées cataclinales. Les tracés de ces gorges sont cependant majoritairement rectilignes, au moins sur de petites distances, ce qui indique des adaptations locales au réseau de fractures. Leur profil transversal est souvent évasé vers le haut (ce qui est bien visible au passage des «foum» ou «imi», terme local pour cluse), qui a conservé le dessin des versants plio-villafranchiens. Ceci montre que le réseau fini-tertiaire est antécédent aux mouvements post-villafranchiens, et que le creusement linéaire des vallées est un phénomène morphologique majeur au Quaternaire. Dans les gorges cependant, hormis certaines lignes de grottes perchées, on ne dispose pas de témoins de phases de creusement puisque les crues balayaient toute terrasse. Un cas particulier intéressant est celui du site d'El Kandart («le pont» en Berbère) où, sur un peu plus de 130 m de long, l'assif el Had disparaît dans une galerie de 15 à 30 m de haut, taillée dans le substratum jurassique et recouverte à la fois par des travertins et une terrasse qui date au minimum du Soltanien ancien (Würm ancien) (fig. 5b). Le creusement dans les Ida Ou Tanane a donc encore été très actif depuis le dernier interpluvial, ce qui pose le problème des variations du chimisme de l'eau.

Rien d'étonnant donc à ce que la région des Ida Ou Tanane recèle les réseaux souterrains les plus longs que l'on connaisse dans le Haut Atlas et sans doute même en Afrique du Nord. Deux d'entre eux ont fait l'objet de reconnaissances spéléologiques : le réseau dit de «Wittamdoun» (= Aïn Ouit n'Doun), sous le plateau

du Tasroukht, et celui dit d'«Imi Ouggoug», qui débouche dans l'assif Taglagalt. Le premier est bien connu depuis les années 1950 et les investigations de la Société spéléologique du Maroc, qui avaient abouti à un relevé topographique de ce réseau sur 7 km. Depuis 1981, de nombreux groupes s'y sont succédé, en particulier celui de la LISPEL (Ligue Spéléologique de Lorraine), dont l'expédition de 1983 a dressé un plan du collecteur principal et de quelques galeries adjacentes, le tout sur plus de 8 km. Ce plan, comparé aux dimensions du plateau du Tasroukht montre qu'il reste au plus 4 à 5 km de galeries inexplorées. Ce réseau est magnifique, comportant notamment de grandes salles avec de nombreuses concrétions et toute une série de lacs étagés; il constitue en outre un réservoir naturel extrêmement précieux pour l'alimentation en eau des habitants de la vallée du Tazentout. Du point de vue de la spéléogénèse, il apparaît que le rôle de la fracturation est capital, car les directions préférentielles des galeries correspondent bien aux directions tectoniques fondamentales de l'Atlas atlantique : WSW - ENE, WNW - ESE et N - S. De plus, la fracturation affecte aussi les couches encadrantes, pas forcément très perméables, qui joueraient le rôle d'une éponge imbibée alimentant le réseau. Mais le fait que ces couches ne soient pas très épaisses, entre les galeries et la surface, rend l'ensemble très sensible à l'assèchement de ces dernières années.

Le second réseau, de l'assif Taglagalt, est moins bien connu; l'existence, à son entrée, d'un trou souffleur au courant d'air très puissant laisse supposer la présence d'un réseau de vastes dimensions; les premières salles connues, partiellement ennoyées, se disposent également selon les directions de compression majeures de l'axe principal du soulèvement atlasique; ces salles se succèdent en décrochements parallèles, résultant du jeu de blocs en coulissage qui se chevauchent légèrement. Mais le rôle de la dissolution y est aussi notable, car on y observe des conduits hélicoïdaux aux parois lisses. Cette importance de la dissolution dans le karst des Ida Ou Tanane se traduit par un développement tout à fait remarquable des grands dépôts de travertins.

#### d) Les accumulations travertineuses (photo 3)

Hormis quelques exceptions, comme à l'assif el Had où existent des dépôts de fond de vallée, les édifices travertineux de la région sont tous liés à la présence d'une dénivellation et sont donc des tufs de cascade (Imouzzer, en Berbère, signifie cascade). Ces dépôts se présentent sous différentes formes : dans les cas les plus simples (Isk Tidili par exemple), on peut voir des constructions principales en dômes qui recouvrent des formations plus anciennes en forme de moulages sur les reliefs structuraux; des dépôts plus récents sont emboîtés dans l'entaille des dômes. Chacun de ces ensembles est formé de dépôts travertineux aux faciès variés : grandes mousses fossilisées par la calcite, travertins rubannés à couches alternativement sombres et claires (A. WEISROCK, 1981) dans les parties anciennes, dépôts plus poreux et plus détritiques dans les parties récentes. Les édifices complexes présentent de multiples combinaisons de ces éléments; certains sont étendus sur plusieurs centaines



Photo 3 - Dépôts de travertins des cascades d'Imouzzer Ida Ou Tanane. Les dômes-fuseaux blancs sont adossés à des édifices plus anciens, en forme de tables.

*Travertine deposits of the Imouzzer Ida Ou Tanane waterfalls. The white «dômes-fuseaux» are built against more ancient like tables deposits.*

de mètres de long, comme la grande table d'Imouzer-école, coupée aujourd'hui de ses sources d'alimentation; les grandes accumulations d'Imouzer-Tamarout occupent trois paliers successifs, sur une dénivelée totale de 160 m, et le seul palier inférieur de cet ensemble, le plus grandiose, comporte au moins quatre générations de formes associées, dont de grands dômes fuselés sub-actuels («le voile de la mariée») qui peuvent encore être recouverts par les écoulements après des pluies abondantes. Ces grands dépôts montrent donc bien à quel point la dissolution a pu être active à certaines époques, même si elle a toujours été favorisée par la présence de sulfates et chlorures qui accroissent la solubilité des carbonates. Dans les conditions actuelles, ce sont les eaux de crues qui mobilisent le plus de carbonates, mais la brutalité des écoulements n'est pas favorable à leur dépôt : les édifices semblent plutôt en voie de destruction. De meilleures conditions sont réunies en fin de période pluvieuse (printemps), lorsque se produisent des écoulements laminaires réguliers sur les tapis d'algues et de mousses qui fixent les carbonates : en avril, les dômes d'Imouzer sont resplendissants de blancheur.

### 3. LE KARST DES IDA OU BOUZIA (fig. 5A).

On a vu plus haut ce qui le différencie de celui des Ida Ou Tanane : non pas tant les données climatiques (une aridité un peu plus marquée, comme aussi le froid hivernal, en raison d'une plus grande continentalité : Timlilt, seule station, à 1 340 m d'altitude, a reçu 314 mm/an en moyenne de 1970 à 1978), que les données lithologiques : le plateau des Ida Ou Bouzia correspond à l'affleurement des couches du Jurassique supérieur - Crétacé inférieur (Portlandien - Berrisien ou «formation de Timesroua») qui offrent des conditions bien particulières au développement karstique.

#### a) La «formation de Timesroua».

Au-dessus des «marnes rouges d'Imouzer», pélites brun-rouge foncé à forte salinité, on trouve une nouvelle série calcaire qui peut atteindre jusqu'à 330 m d'épaisseur. L'originalité de ces calcaires par ailleurs variés est de s'être déposés en alternance avec de minces bancs marneux qui contiennent du gypse blanc en poudre. Il s'ensuit des propriétés particulières, qui expliquent les deux caractéristiques principales des paysages des Ida Ou Bouzia : d'abord l'absence de formes hardies, crêtes, corniches raides; ici, les versants deviennent convexes, le chevelu hydrographique — aujourd'hui réseau serré de vallées sèches — découpe le plateau en une mer de collines surbaissées aux formes lourdes et sinueuses. Ces échines sont par ailleurs comme découpées à l'emporte-pièce par des puits cylindriques, les «ouddirh» et «ouggar».

#### b) Ouddirh et ouggar (fig. 5B et photo 4).

Quoique voisines, ces formes se différencient essentiellement par leurs dimensions de surface : les «ouddirh» peuvent atteindre jusqu'à 200 m de diamètre, mais leur profondeur est toujours limitée à moins de 50 m. Leur fond est plat et entièrement remblayé; parfois, un ravin échancre un côté de l'«ouddirh» qui prend alors la forme d'un amphithéâtre. Ce sont donc des dolines en entonnoir, tandis que les «ouggar» ressemblent beaucoup plus à des avens typiques : diamètres plus restreints, parois verticales et profondeur plus grande.

«Ouddirh» et «ouggar» ont une répartition différente : les premiers se trouvent surtout proches des crêtes résiduelles de marnocalcaires du Crétacé inférieur dans les régions situées au NE du Souk el Had d'Adarhas, notamment le long de la crête de l'Iaouchatene, où l'on en recense 37 sur une distance de 8 km seulement; les «ouggar» ont une répartition beaucoup plus vaste, sur tout les affleurements de Portlandien - Berrisien, et leur aire déborde de ce fait très largement du plateau des Ida Ou Bouzia. Dans certains cas, les deux formes coexistent, comme c'est le cas près du village d'Oussoul, où, à l'Ouddirh Natzamat, un «ouggar» se trouve au fond du remblaiement de l'«ouddirh». Cette relation n'est toutefois mise en évidence que de façon très exceptionnelle. Les deux formes pourraient donc avoir des origines distinctes lorsqu'elles sont bien caractérisées.

La coïncidence entre la répartition des «ouggar» et les affleurements de Portlandien-Berrisien montre que ces avens sont liés à la présence de la «formation de Timesroua», dont les marnes contiennent du gypse blanc en poudre. La dissolution de ce gypse produit des affaissements et des effondrements internes de bancs calcaires; les «ouggar» apparaîtraient par «foudroyage» des bancs supérieurs à la suite de dissolutions et effondrements internes gui-



Fig. 5A - Carte géomorphologique des Ida Ou Bouzia.

*Geomorphological map of the Ida Ou Bouzia.*

1 - Polje, ouvala. *Polje, ouvala.* 2 - Ouddirh. *Ouddirh (big doline).* 3 - Ouddirh ouvert en amphithéâtre. *Opened like-amphitheatre ouddirh.* 4 - Ouggar (aven). *Ouggar (pit).* 5 - Grande cuesta dans le Lias et Jurassique. *Big cuesta in the liassic and jurassic limestones.* 6 - Cuesta secondaire. *Other cuesta.* 7 - Talus d'érosion. *Erosional slope.*

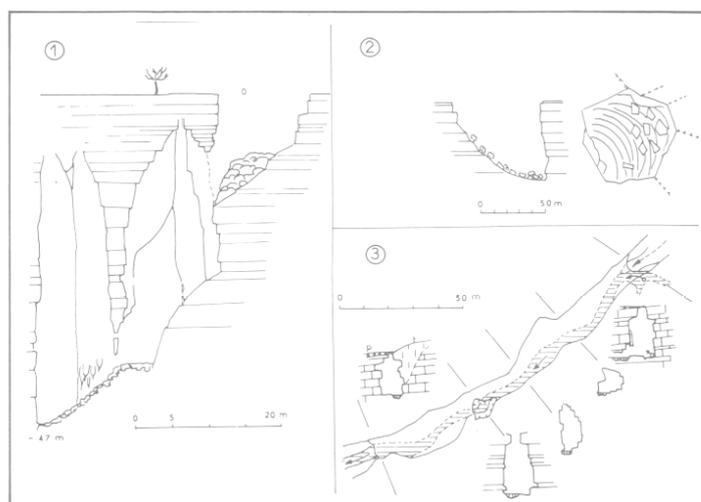


Fig. 5B - Quelques cavités des Ida Ou Tanane et Ida Ou Bouzia.  
*Some caverns of the Ida Ou Tanane and Ida Ou Bouzia.*

1 - Ouggar du Plateau des Ait Mannsour, non loin d'Imouzer. Il est associé à des cavités en cloches. *Topographie de P. Gamez et J.-P. Fizaine, 1978. Ouggar of the Ait Mannsour Plateau, near Imouzer. It is associated with like-bell formed holes. Topography of P. Gamez and J.-P. Fizaine, 1978.* 2 - Ouggar de la région d'Alatas, à Amzdarm. Forme peu caractéristique mais fréquente, proche de la doline dissymétrique et de l'ouddirh. *Topographie de P. Gamez, 1978. Ouggar of Amzdarm, near Alatas (Ida Ou Bouzia). This form is not characteristic but frequent, near the dissymmetric doline and the ouddirh. Topography of P. Gamez, 1978.* 3 - Rivière souterraine de l'assif el Had à El Kandart. Écoulements au 1.08.1978. *p = poudingues ; t = travertins. Topographie de A. et P. Gamez, 1978. Underground river of the assif El Had, at El Kandart. Flow at the 1.08.1978. p = conglomerates ; t = travertines. Topography of A. and P. Gamez, 1978.*

dés par la fracturation. Quant aux «ouddirh», certains peuvent relever des mêmes processus. Dans l'Iaouchatene cependant, il sont associés à l'existence de longs poljés aux bordures très contournées qui représentent les lobes concaves d'anciens méandres; ces poljés se trouvent dans l'axe de percées cataclinales abandonnées et sont les reliques d'un très ancien réseau hydrographique, très certainement démantelé lors du rejeu tectonique plioquaternaire; avec l'exhaussement de la région, il y a eu une tendance à l'enfouissement des eaux qui a utilisé ces avens, parfois démesurément agrandis. Mais, ensuite, l'assèchement généralisé de la région a stoppé cette évolution; les «ouddirh» n'ont pratiquement plus fonctionné; leurs versants se sont dégradés et leurs fonds

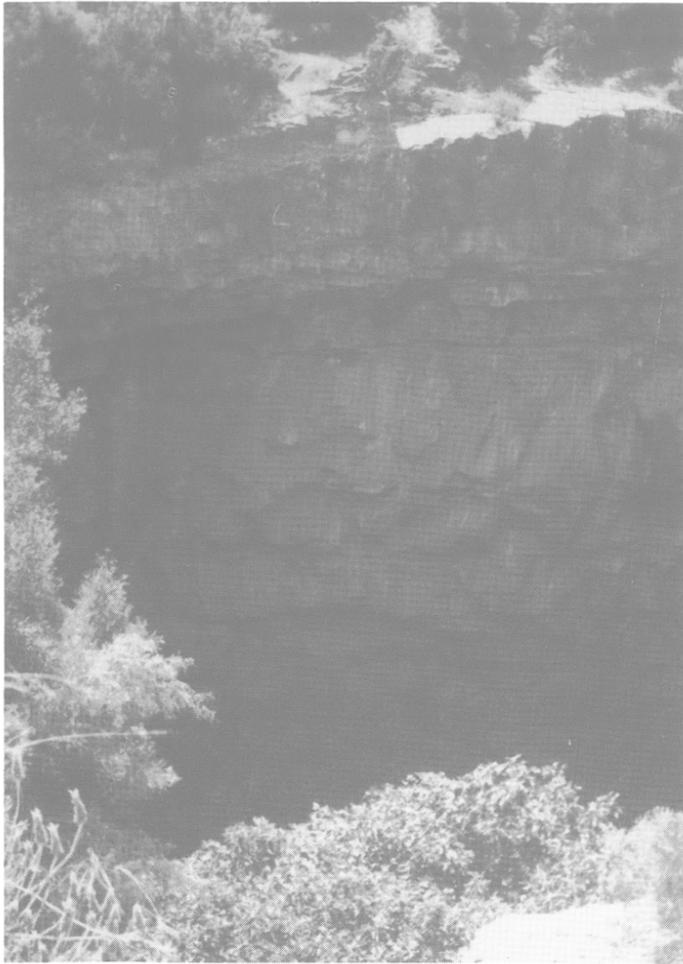


Photo 4 - Karst des Ida Ou Bouzia : ouggar d'Ibrahach. La partie supérieure de l'ouggar est développée dans les calcaires dolomitiques de la «formation de Timesroua».

*Karst of the Ida Ou Bouzia : ouggar of Ibrahach. The upper part of the ouggar is developed in the dolomitic limestones of the «Timesroua formation».*

peu à peu comblés de lits de blocailles et de limons, pour prendre cet aspect de vastes entonnoirs évasés et à fonds plats qu'ils offrent aujourd'hui. Comme par ailleurs il est prouvé que le changement climatique fondamental qui a fait passer la région d'un climat tropical humide à un climat méditerranéen à saisons contrastées se place à la charnière Pliocène - Quaternaire (J. DRESCH, 1941 et 1982), on voit qu'il y a de fortes chances pour que les «ouddirh», comme pour le relief ruiniforme, soient des reliques de la fin du Tertiaire.

## II. LE KARST DES PLATEAUX HAHA ET DE LA FRANGE LITTORALE

Par rapport aux Ida Ou Tanane et Ida Ou Bouzia, les Plateaux Haha sont plus bas et plus secs, deux raisons fondamentales qui conduisent à une dégradation des formes karstiques. Les plus nettes d'entre elles restent les «ouggar», quelques poljés d'un type particulier, liés aux barages dunaires, les surfaces sub-structurales lapiazées. Mais les phénomènes les plus fréquents deviennent parakarstiques, aboutissant à deux catégories de secteurs hydrographiques : les secteurs exorétiques à méandres encaissés; les secteurs endorétiques à réseau désorganisé et partiellement enfoui. Enfin, la frange littorale recèle de nombreuses grottes où la part de l'érosion marine est importante.

### 1. LES FORMES KARSTIQUES DES PLATEAUX HAHA

Morphologiquement, ces plateaux étagés entre 800 et 200 m d'altitude appartiennent à deux grands ensembles de surfaces d'érosion : la surface fondamentale miocène des plateaux intérieurs, et la surface d'abrasion marine plio-moghrebienne des pla-

teaux côtiers (A. WEISROCK, 1980). La première surtout est très dégradée et n'est peut-être plus conservée que sur certains plateaux structuraux du Cénomaniens des Haha-Nord et des Chiadma; sur certaines portions des plateaux crétacés des Haha-Sud. La seconde est beaucoup mieux caractérisée et introduit un point de repère fondamental dans l'évolution morphologique.

### a) Les ouggar et ouddirh des Haha-Sud.

Ils sont localisés à la périphérie orientale du Plateau de Tamar, où affleurent les séries de calcaires lumachelliques et de dolomies sableuses du Valanginien et de l'Hauterivien, qui surmontent les calcaires à marnes gypseuses du Portlandien - Berriasien («formation de Timesroua»). On les rencontre plus précisément en trois secteurs principaux :

— au N (fig. 6), on observe une série d'«ouggar» qui trouent les plateaux bordant l'Ouamsitten. Tantôt, ils apparaissent directement dans la formation de Timesroua (à l'E du douar Irhain) où ils sont accompagnés de nombreuses dolines plus évasées; tantôt ils trouent les plateaux de calcaires lumachelliques surincombants découpés en tables structurales aux corniches abruptes par le réseau de l'assif n'Ridi, et prennent alors plus nettement la forme d'avens. Cinq d'entre eux se trouvent ainsi alignés selon une direction WNW - ESE sur le plateau de Tassila Izgarn, autour du marabout de Sidi Afra (Ifri = le gouffre en Berbère). Le rôle de la fracturation et la proximité d'un niveau de base déprimé (à cet endroit les vallées sont encaissées de 200 m en moyenne) peuvent expliquer leur apparition.

— au S (fig. 7), la densité de dolines et d'«ouggar» redevient très forte sur le piémont NE de l'Aoulkjdad, gros volet synclinal perché à près de 1 000 m. Comme au N, ces formes se développent dans les séries qui surmontent la formation de Timesroua, mais ici avec un éventail plus étendu dû à une plus grande variété des affleurements. Le réseau hydrographique affluent de l'assif n'Daouhoua (= une branche de l'oued Tamri) est enfoncé de plus de 200 m; il isole des lambeaux de plateaux structuraux armés de Bédoulien (= Aptien inférieur) constitué de dolomies récifales et dolomies gréseuses particulièrement dures. Sur ces plateaux subsistent de beaux

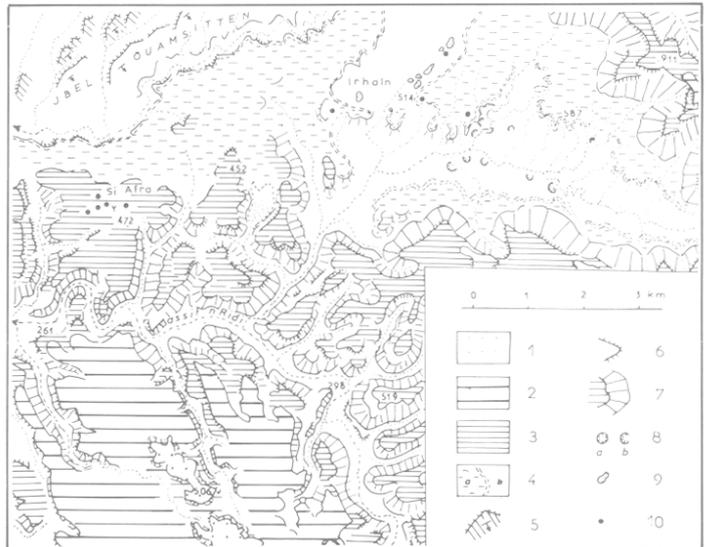


Fig. 6 - Karst des Haha-Sud : le secteur de l'assif n'Ridi.

*Karst of the South-Haha : the region of assif n'Ridi.*

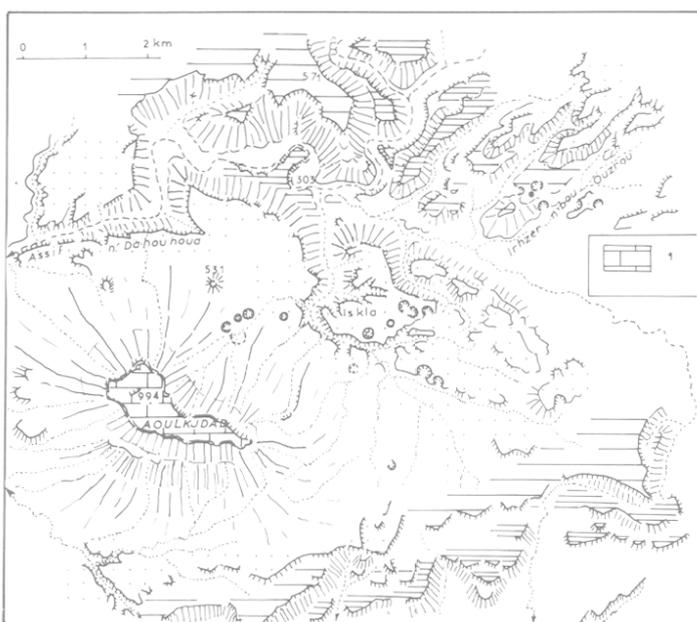
1 - Surface structurale du Bédoulien (Aptien inférieur), dolomie gréseuse. Structural surface of the Bedoulian (lower Aptian), dolomitic sandstone. 2 - Surface structurale du Barrémien, calcaires lumachelliques. Structural surface of the Barremian, lumachellitic limestones. 3 - Surfaces structurales de l'Hauterivien; niveau supérieur gréseux, niveau inférieur récifal. Structural surfaces of the Hauterivian; upper bed, sandstones; lower bed, reef-limestones. 4a - niveau d'érosion dans le Valanginien-Hauterivien, calcaires et argiles. Erosional landscape in the Valanginian-Hauterivian, limestones and clays. 4b - Id., dans la formation de Timesroua: Portlandien-Berriasien. Id., in the Timesroua formation: Portlandian-Berriasian. 5 - Chevrons dans le Jurassique supérieur. Flatirons in the Upper Jurassic. 6 - Corniches structurales. Structural bluffs. 7 - Versants d'érosion. Erosional slopes. 8 - Ouddirh; a - en entonnoir; b - en amphithéâtre. Ouddirh; a - funnel-shaped; b - amphitheaters. 9 - Autres dolines. Other dolines. 10 - Ouggar. Ouggar.

«ouggar» à bords francs, en particulier autour d'Iskla et, plus au SW, le long de l'Assif Ouggar. Mais la dissection avancée de ce secteur multiplie les formes de dégradation : les «ouggar», gagnés par l'érosion remontante, sont devenus des têtes de ravins élargies en bassins de réception dans les calcaires argileux lumachelliques du Barrémien. Plus bas encore, il subsiste les traces de ces puits élargis en dolines aux versants avachis dans les grès et argiles de l'Hauterivien; le réseau hydrographique recoupe ces vestiges ou les rajeunit en boucles de méandres très courts (par exemple à l'irhzer n'Bou Ouzrou);

— le troisième secteur à «ouggar» du Plateau de Tamanar est situé à l'E de cette localité, dans la région du Tafentirt (fig. 8). Il s'agit d'une région de transition entre les lambeaux découpés du plateau structural de Bédoulien, vers 1 000 m, à l'E, et la rasa moghrébienne, autour de 300 m, à l'W. Les «ouggar», et plus souvent ici des «ouddirh», car ils sont élargis en forme de cônes renversés, se situent sur des plateaux sub-structuraux de l'Hauterivien supérieur, les «Tassila». Selon toute vraisemblance, leur formation est antérieure à celle de la rasa plio-moghrébienne, dont ils jalonnent la bordure interne : on n'en retrouve aucun plus à l'W, où le substratum qui est le même, a été aplani par l'abrasion de l'océan. A la limite, leur approfondissement a pu se poursuivre après le retrait de l'océan, lors du soulèvement généralisé post-moghrébien. Comme le montre cependant le secteur précédent de l'Aoulkjdad, l'évolution quaternaire, avec une incision profonde du chevelu hydrographique, entraîne plutôt une destruction de ces formes originales.

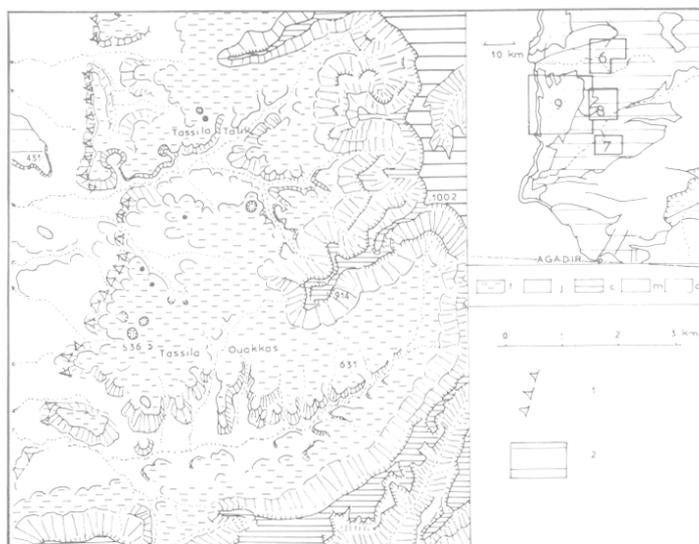
#### b) Les poljés du Plateau de Tamanar (fig. 9).

Vers l'W, sur la plate-forme moghrébienne, les écoulements se sont trouvés bloqués par des barrages constitués par d'énormes alignements de dunes littorales (A. WEISROCK, 1980 et 1982), renforcés, en certains cas, par des bombements anticlinaux transverses aux directions des vallées (cas de l'anticlinal de l'Iferhkes, au N de Tamanar). Des lacs temporaires, comme on en voit encore lors des hivers humides dans les hinterland de Safi ou d'El Jadida, ont alors occupé les basses vallées devenues coalescentes. Ces zones ont évolué en cuvettes à profil dissymétrique, à talus plus marqué du côté du barrage, et allongées SW - NE. Sur le Plateau de Tamanar même, il y a deux grands systèmes étagés qui ont fonctionné ainsi : le poljé de Tiskhet, à 350 m d'altitude, emprunté par la route d'Agadir à 10 km au S de Tamanar, et celui de l'Azarhar des Ait Oussoul, à 3 km du NW de Tamanar, autour de 270 m. Seul le premier est encore en partie endoréique aujourd'hui; la reprise de l'érosion régressive, bien que modeste, a reconstitué ailleurs le réseau cataclinal qui a évacué une partie du comblement supérieur très limoneux. L'étude du remblaiement de ces dépressions reste à faire si l'on veut préciser une évolution sans doute longue et complexe, qui n'est ici qu'ébauchée.



**Fig. 7 - Karst des Haha-Sud : le piémont de l'Aoulkjdad. Même légende que pour la Fig. 6. En plus, 1 - surface structurale du Cénomaniens, calcaires lumachelliques.**

*Karst of the South-Haha : piedmont of the Aoulkjdad. References : see Fig. 6. 1 - Structural surface of the Cenomanian lumachellic limestones.*



**Fig. 8 - Le karst du Tafentirt.**

*The karst of the Tafentirt.*

**Même légende que pour la Fig. 6. References : see Fig. 6. 1 - Falaise morte plio-moghrébienne. Plio-moghrébienne dead-cliff. 2 - Dépôts moghrébiens. Moghrébian deposits. En carton : assemblage des Fig. 6, 7, 8, 9. Small map : localisation of Fig. 6, 7, 8, 9. t - Trias. Triassic. j - Jurassique. Jurassic. c - Crétacé. Cretaceous. m - Plio-moghrébien. Plio-moghrébienne. q - Quaternaire. Quaternary.**



**Fig. 9 - Les poljes du Plateau de Tamanar.**

*The poljes of the Tamanar Plateau.*

**1 - Plateau crétacé. Cretaceous Plateau. 2 - Dépôts moghrébiens. Moghrébian deposits. 3 - Quaternaire. Quaternary. 4 - Falaise morte moghrébienne. Moghrébian dead-cliff. 5 - Falaise morte quaternaire. Quaternary dead-cliff. 6 - Glacis-cônes. Piedmont slopes and fans. 7 - Collines dunaires. Sand-hills. 8 - Anticlinal. Anticline. 9 - Synclinal. Syncline.**

### c) Les canyons à méandres (fig. 6 et 9).

Ils sont bien représentés également sur la bordure nord du Plateau de Tamanar, sur les cours des issafen n'Ridi et Alemlim. L'assif n'Ridi s'encaisse dans un plateau de grès à bancs argileux de l'Hauterivien supérieur, l'Alemlim dans les calcaires dolomitiques de l'Oxfordien supérieur. Leurs méandres profondément imprimés s'expliquent par la proximité du niveau de base de l'océan et, pour l'Alemlim au moins, par le rejeu post-moghrebien de l'anticlinal de l'Iferkhes qu'il traverse en cluse, en dépit d'une alimentation superficielle déficiente (l'Alemlim est l'exutoire du poljé au NW de Tamanar) : leurs cours sont donc largement antécédents. Sans doute le Ridi compense-t-il une position structurale légèrement synclinale par une meilleure alimentation, mais l'essentiel de celle-ci, dans les deux cas, résulte de résurgences au fond du talweg. La fracturation intense des couches favorise ce cheminement souterrain des eaux, y compris à travers les terrains imperméables, comme on l'a vu déjà pour les Ida Ou Tanane. Ceci fait que sur les versants à corniches où alternent bancs calcaires et bancs marneux, on trouve des lignes de grottes à différentes hauteurs. C'est là un phénomène très courant dans tout le pays Haha, et non point particulier à l'assif n'Ridi. Ce phénomène naturel a été utilisé et amplifié par l'homme, qui s'en est servi pour ranger ses récoltes; c'est l'origine de ces greniers troglodytiques, dits «greniers de falaise» du pays Haha (J. GATTEFOSSÉ, 1934).

## 2. LA DESORGANISATION DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE DES HAHA-NORD ET DES CHIADMA

Ce problème a déjà été évoqué depuis longtemps par J. DRESCH (1941), à propos de la terminaison occidentale du bassin du Haouz — cuvette de Sidi Mokhtar. Aux deux séries de causes classiques : assèchement climatique depuis le Plio-Villafranchien et évolution tectonique qui a accentué la disposition en cuvette de la région de Sidi Mokhtar, il faut en ajouter une troisième, qui est d'ordre karstique.

Dans les régions limitrophes entre Haha et Chiadma (Hennchanne et Korimat), on a affaire à des plateaux d'érosion dérivant de la surface fondamentale miocène qui tronquent une structure complexe en dômes et en cuvettes à rayons très courts (fig. 10). Dans cette mosaïque, de larges affleurements de calcaires dolomitiques du Cénomaniens et du Turonien, qui peuvent atteindre jusqu'à 300 m d'épaisseur (J. WIEDMANN et al., 1978) forment des plateaux dénudés. La surface de ces plateaux est très fracturée, ce qui lui donne un aspect de lapiés de fissures dans les secteurs où la détente est accentuée; mais le rôle de la dissolution est faible, à cause de la sécheresse et de l'infiltration rapide des eaux de pluie. Il se constitue donc ici des nappes souterraines relativement importantes, donnant de grosses sources résurgentes (Taftecht, oued M'ramer, etc.) Toutefois, si l'hydrologie de ces sources, en raison de leur importance économique, est assez bien connue (A. MOUSANIF, 1976), on ne sait à peu près rien des réseaux karstiques. Le seul qui ait été l'objet d'une exploration spéléologique, à notre connaissance, est celui de Lalla Lamsabah dont A. et P. GAMEZ ont effectué un relevé en 1978. Cette grotte se situe sur le flanc N d'une cuvette peu marquée d'axe WNW - ESE, drainée par un médiocre «chabet» (= ravin) dans sa partie occidentale, vers le Souk es Sebts des Korimat. Beaucoup d'autres ravins descendus du dôme voisin du Jbel Jahair, n'atteignent pas ce collecteur : leurs eaux s'infiltrent dans les calcaires dolomitiques lités du Turonien, recouverts par 4 à 5 m de dépôts colluviaux à gros blocs calcaires mal arrondis, pouvant atteindre 50 cm de long, pris dans un ciment phréatique à brèches hétérométriques. Le tout est surmonté par une croûte à nodules calcaires durs, puis par une dalle rose saumon de 5 à 10 cm d'épaisseur, recouverte en surface par un dépôt limoneux brun-rouge clair. Sous ce revêtement quaternaire, les eaux stagnent ou s'écoulent très lentement entre — 9 m et — 8 m de profondeur selon les saisons, emplissant le fond de salles très larges mais basses, qui correspondent aux plans de stratification des bancs de calcaires turoniens, reliés par un diaclasage subvertical. La constitution d'un réseau souterrain résulte donc ici plus d'une part de la disposition structurale, d'autre part d'une perte de compétence des rivières consécutive à l'assèchement (les cours d'eau se sont enfouis sous leurs propres apports, et l'encroûtement phréatique d'une bonne partie du revêtement superficiel prouve que les nappes ont connu des niveaux plus élevés qu'aujourd'hui), et non pas, ce qui peut paraître paradoxal, d'une dissolution karstique accentuée.

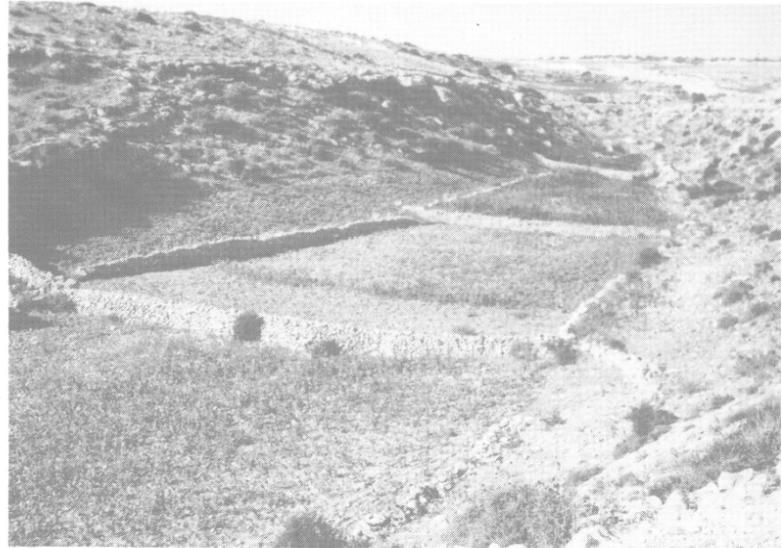


Photo 5 - Karst de la plate-forme moghrébienne : doline mise en culture des Aït Iddir (Sud d'Essaouira).

Karst of the moghrébien platform : cultivated doline of the Aït Iddir (South of Essaouira).

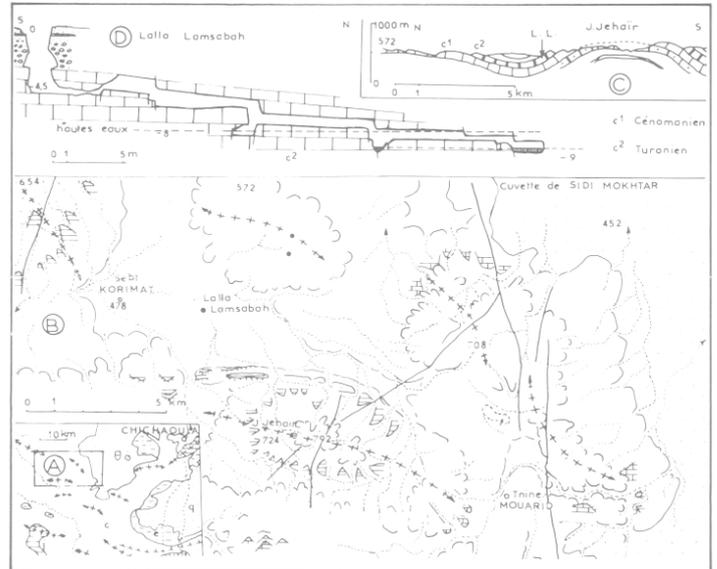


Fig. 10 - Phénomènes karstiques de la région des Korimat.

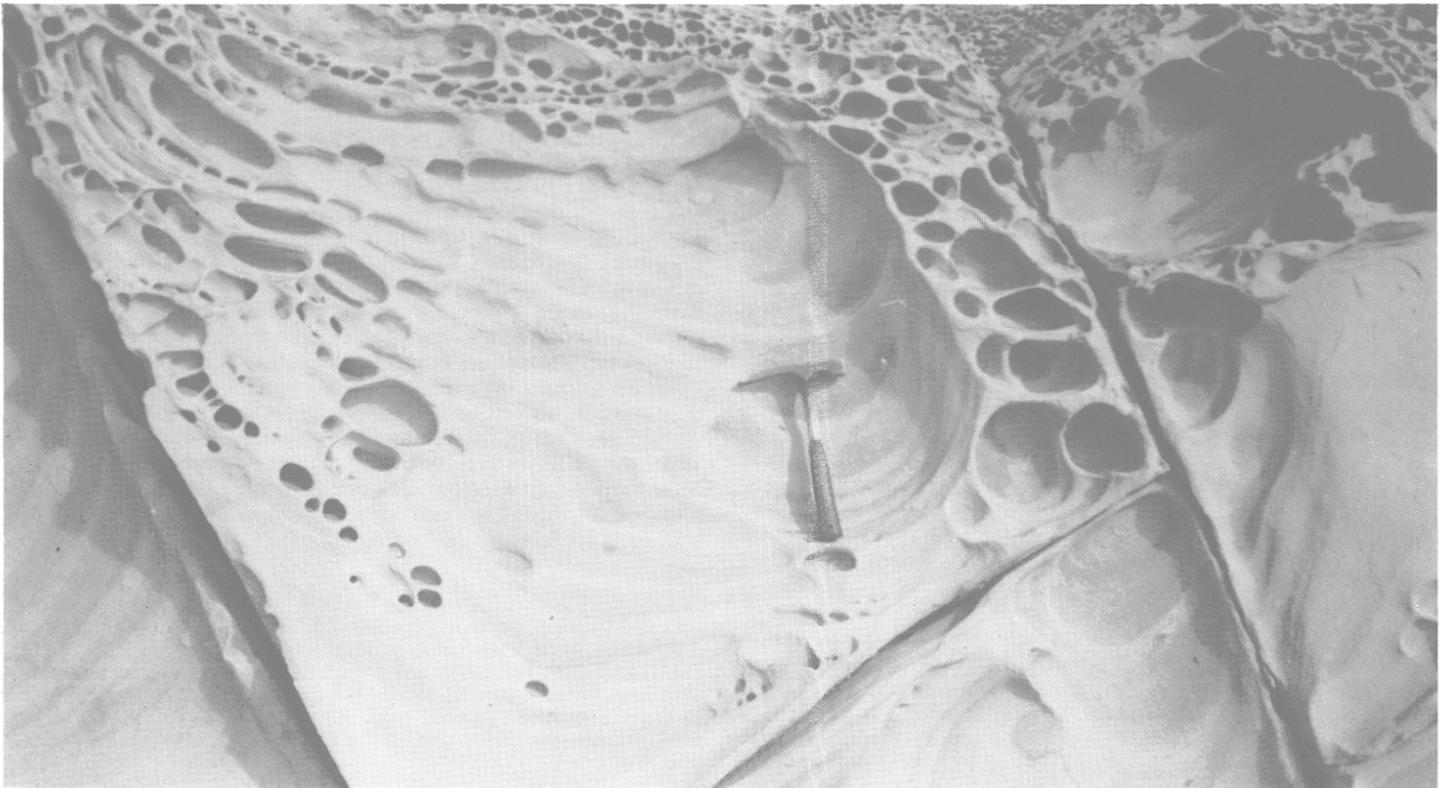
Karstic landforms of the Korimat region.

A - Situation. Situation. B - Dômes et cuvettes faillés et aplanis des Korimat, Mouarid et Sidi Mokhtar. On notera la désorganisation du réseau hydrographique dans les cuvettes. Faulted and planed down anticlines and basins of the Korimat Mouarid and Sidi Mokhtar. See the river-system desorganisation in the basins. C - Coupe N-S Cote 572, Lalla Lamsabah, Jbel Jahair. Cross-section N-S along 572, Lalla Lamsabah, Jbel Jahair. D - La grotte de Lalla Lamsabah. Topographie de A. et P. Gamez, 1978. Interprétation morphologique de A. Weisrock. The sink-hole of Lalla Lamsabah. Topography by A. and P. Gamez, 1978. Morphologic interpretation by A. Weisrock.

## 3. LE KARST LITTORAL

### a) Les formes superficielles de la rasa moghrébienne (fig. 11).

La transgression plio-moghrebienne a affecté l'Atlas atlantique sur 10 à 20 km vers l'E et a laissé en se retirant des dépôts très homogènes, mais d'épaisseur inégale : le Pliocène, limité à quelques secteurs (Agadir, Timesguida Oufas, Aït Iddir) a une puissance qui varie de 0 à plus de 200 m; il s'agit de marnes qui deviennent de plus en plus sableuses et biodétritiques; le Moghrébien est réparti sur l'ensemble de la plate-forme, mais ne dépasse guère 20 m d'épaisseur. Ses dépôts sont d'abord marqués par des bancs de poudingues peu épais, puis par des lumachelles concassées et enfin par des sables plus ou moins grossiers, presque entièrement



**Photo 6 - Taffonisation des calcaires littoraux exposés à l'alizé de NNE. Détail d'un bloc de calcaire gréseux à Lamarka (littoral des Aït Iddir).**

*Granular desintegration of littoral limestones fronted the NNE trade-wind. Detail of a block of calcareous sandstone at Lamarka (littoral of Aït Iddir, South of Essaouira).*

biodétritiques. Plus on se rapproche de la bordure externe de la rasa et mieux sont conservées les dunes post-moghrébiennes, qui forment des alignements élevés (pouvant dépasser 500 m d'altitude et 200 m d'épaisseur), parallèles au littoral. Tout cet ensemble s'est trouvé perché durant les régressions marines quaternaires au moins d'une centaine de mètres, par le seul fait eustatique, amplifié par la tectonique dans la partie méridionale. Des formes karstiques ou para-karstiques sont alors apparues au sein de ces calcarénites (fig. 11A, B).

Il s'agit surtout d'innombrables petites dolines («*daïa*») circulaires, de 100 m de diamètre au plus, souvent réunies en ouvalas («*hofrat*») et en petits poljés allongés derrière les anciens alignements dunaires (photo 5). Plus rarement, on rencontre de petits avens et quelques galeries qui affectent cette fois le substratum et sont donc d'origine plus ancienne. La karstification des calcarénites moghrébiennes est parfois bien visible dans des coupes de routes nouvelles ou de carrières : elle se développe sous forme de poches allongées verticalement, où le sable se transforme en terra rossa; les parois de ces cavités sont recouvertes de croûte lamellaire. La dissolution des calcarénites laisse donc sur place des résidus sableux et argileux plus ou moins rubéfiés, qui encombrant le fond des dépressions; le calcaire mis en solution se redépose sous forme d'épais encroûtements pulvérulents, caractéristiques des régions littorales parce que sans doute liés aux alternances d'humidification et de dessiccation quotidiennes : la côte, rafraîchie par l'upwelling, est imprégnée de brumes et de brouillards qui stagnent chaque matin; l'air est humide et très légèrement salé par les embruns, la rosée abondante. Dans la journée, le soleil brille et l'alizé de NNE dessèche le paysage. Dans les secteurs où le premier mécanisme l'emporte, il se forme en surface une croûte lamellaire, qui peut évoluer en dalle, par exemple sous l'Arganeraie. Dans les secteurs dénudés, l'ultra-dessiccation aboutit à la mobilisation et au transport des particules fines, au développement des taffoni sur les parois exposées et à la constitution de champs de dunes (photo 6).

Le rôle des conditions topographiques initiales, de même que celui de l'humidité globale — qui va en décroissant du N vers le S le long de la côte —, ont toutefois été déterminants sur le développement de ces formes superficielles post-moghrébiennes. Leur répartition est en effet très inégale : alors que l'hinterland de Safi, le Pla-

teau d'Akermoud et la région d'Essaouira sont criblés de dolines, celles-ci se raréfient en pays haha, puis disparaissent plus au S. Nombreuses sur les plateaux, elles sont absentes lorsque le relief a créé des pentes suffisantes pour que les écoulements puissent s'organiser.

#### **b) Formes karstiques du trait de côte (fig. 11, C, D, E).**

On peut les classer en deux groupes : les formes de corrosion marine qui affectent le littoral actuel et les grottes de pied de falaise, actuelles ou fossiles.

Les premières ont fait l'objet d'une étude détaillée par A. GUILCHER et F. JOLY (1954) qui ont décrit la succession classique des formes sur les littoraux calcaires atlantiques du Maroc : zone des lapiés et des mares, zone de la plate-forme à vasques, zone de défoncement des vasques, falaise de basse-mer. Cette séquence est toutefois surtout très bien représentée entre Casablanca et Rabat, dans les dunes de calcarénites quaternaires. On retrouve les quatre zones dans les dunes grésifiées battues par la houle au N d'Essaouira, au Cap Hadid et à Rajel Kheït-Sidi Abel el Bettache. La partie S de la côte, au S du Cap Sim, ne connaît que des séquences incomplètes, dans les calcaires jurassiques et crétacés, sauf en de rares points : Cap Sim, Cap Tafelney, Imsouane, Cap Rhir. La plate-forme à vasques et la zone de défoncement font place à des affleurements de dalles structurales, parfois découpées en blocs parallélépipédiques (Pointe 8), où à des trottoirs d'abrasion marine, de quelques mètres de largeur (Phare d'Agadir-Arhesdis, redan d'Imsouane). Ces formes (plates-formes et surtout lapiés littoraux) se retrouvent bien sûr souvent à l'état fossile, jalonnant les anciens niveaux ouljiens, harouniens (vers 20 m) et maarifiens (vers 50 - 60 m). Les niveaux ouljiens conservent les formes les plus fraîches, presque au niveau actuel de l'océan. Les autres ne sont conservées que dans les calcaires durs, comme ceux de la dolomie oxfordienne au Cap Rhir, et l'on peut noter que le niveau harounien est particulièrement riche en grottes de pied de falaise (Agadir, Imi n'Ifrane).

Ces dernières se développent aussi bien dans la roche en place que dans les calcarénites, où elles débouchent ou se terminent souvent en trous souffleurs (il en existe de particulièrement spectaculaires non loin de Moulay Douraïne, au N d'Essaouira). Un cas fréquent est la mise à profit de la discordance entre substrat jurassique ou crétacé et couverture dunaire ou limoneuse grésifiée : la grotte s'agrandit et surtout s'allonge alors sur plusieurs dizaines de mètres, minant un cap qui s'éboule progressivement (rive droite de l'embouchure de l'assif Tamghart). Il ne faut pas confondre ces grottes littorales d'origine soit marine, soit mixte (cavités anciennes envahies par les transgressions et alors agrandies, comme la grotte de Tiguert, dont nous avons retracé les étapes de la formation (P.



Fig. 11 - Le karst littoral.

*The littoral karst.*

**A** - Plate-forme moghrébienne dans la région d'Essaouira et situation de la carte B. R.K. : Rajel Kheït. M.D. : Moulay Douraine. *Moghrebian abrasion-shelf in the Essaouira region and situation of the map B. R.K. : Rajel Kheït. M.D. : Moulay Douraine.* **B** - Karst de la rasa moghrébienne : l'exemple de la partie sud du Plateau d'Akermoud. *Karst of the moghrebiana rasa : the example of the southern part of the Akermoud Plateau.* **1** - Plate-forme ou rasa moghrébienne. *Moghrebiana platform, or «rasa».* **2** - Daïa. *Daïa.* **3** - Poljé. *Polje.* **4** - Falaise morte quaternaire. *Quaternary dead cliff.* **5** - Dunes, **a** : holocène ; **b** : vive. *Shore-dunes, a : holocene ; b : present.* **C, D, E** - Formes du trait de côte. *Coast-line morphology.* **C, D** - Formes dans les dunes grésifiées (rajel Kheït, Moulay Douraine) : succession classique, d'après A. Guilcher et F. Joly, 1954. *Coastal forms in the cementated eolianites (rajel Kheït, Moulay Douraine) : ordinary series, after A. Guilcher et F. Joly, 1954.* **1** - Zone à lapiés et mares. *Clints.* **1'** - Falaise de haute mer. *High-tide cliff.* **2** - Plate-forme à vasques. *Solution platform with pits.* **3** - Zone de défoncement des vasques. *Zone of solution-pits destruction.* **3'** - Falaise de basse mer. *Low-tide cliff.* **g** - Trou souffleur. *Geyser.* **E** - Formes du littoral atlantique méridional. *Coastal forms in the southern part of the Atlantic Atlas.* **0** - Lapiés fossiles (ouljien ou harounien) dans le substratum calcaire. *Fossil clints (ouljien or harounian) in the jurassic limestones.* **0'** - Falaise morte et grotte de pied de falaise. *Dead cliff with basal notch.* **1** - Zone à lapiés et mares dans la dune grésifiée. *Clints in the eolianites.* **1'** - Falaise de haute mer à visor au contact dune-substratum. *High-tide cliff and visor between eolianites and limestones.* **3** - Zone de défoncement des vasques. *Zone of solution-pits destruction.*

GAMEZ et A. WEISROCK, 1978) et les galeries d'origine continentale, formant un réseau qui a été tronqué par le recul de la côte (cas de la grotte de l'Isk n'Zouya, dont le plan se calque sur les directions de la fracturation atlasique et dont l'entrée se trouve à une cinquantaine de mètres au-dessus du niveau de l'océan). Les grottes de pied de falaise de la côte atlantique marocaine présentent un intérêt capital pour la préhistoire et les recherches archéologiques, puisqu'elles ont servi d'habitat, au moins depuis le Paléolithique inférieur (P. BIBERSON, 1961). Celles de la côte de l'Atlas atlantique n'ont pas encore été étudiées de ce point de vue, mais il est vrai que leur remplissage est moins achevé que celui des grottes de la Meseta, sans doute en partie pour des raisons topographiques (pentes plus accusées qui ont maintenu un certain écoulement). La spéléogénèse a encore été active dans la grotte de Tiguert au cours du Soltanien (= Würm), alors que les grottes ouljiennes des environs de Rabat étaient pendant ce temps à peu près entièrement comblées. Ce que les grottes du S perdent en intérêt archéologique est gagné en intérêt karstologique.

## CONCLUSIONS

Les différentes générations de formes karstiques de l'Atlas atlantique.

Bien que l'évolution géomorphologique d'une région soit un phénomène continu, on peut distinguer trois grandes périodes fondamentales de karstogénèse dans l'Atlas atlantique.

La première est anté-quaternaire. Le climat de la région était alors de type tropical, chaud toute l'année et avec une saison humide propice à la dissolution. De cette époque datent des paléoforbes de grande dimension : poljés, «ouddirh» et «ouggar», plateaux à tours ruiniformes.

La seconde est quaternaire ancien et moyen, et se situe au moment des Pluviaux. C'est la phase de développement et d'agrandissement des réseaux karstiques souterrains et de certains puits, qui sont liés à la surrection atlasique et à l'enfoncement du réseau hydrographique. On peut y ranger aussi de nombreuses formes de dimensions moyennes, comme les champs de lapiés des tables structurales, les dolines et dayas du plateau moghrébien.

La dernière est celle du Pléistocène supérieur, de l'Holocène et d'aujourd'hui. C'est une phase courte, mais aux changements climatiques radicaux : à l'humidité soltanienne, encore forte vers 18 000 ans B.P. et capable de dissolution (Tiguert), a succédé une forte sécheresse, interrompue seulement au Rharbien moyen. La mobilisation du calcaire est cependant loin d'être interrompue, surtout dans les secteurs de montagne.

## Remerciements

Il m'est agréable de remercier MM. J. NICOD, pour la relecture du manuscrit et M. BODIN, pour les traductions anglaises, ainsi que A. et P. GAMEZ et J.-P. FIZAINE, qui m'ont accompagné au Maroc en 1977 et 1978 pour l'exploration des cavités karstiques. Ces explorations n'ont pu avoir lieu que grâce à l'accord de M. BENSÂÏD et M. DAHMANI, directeurs des services géologiques du Maroc, qui ont toujours facilité nos séjours au Maroc.

## BIBLIOGRAPHIE

- ADAMS (A.E.), AGER (D.V.) et HARDING (A.G.) - 1980 - Géologie de la région d'Imouzzer Ida Ou Tanane (Haut Atlas occidental). *Notes Serv. Géol. Maroc*, 285 : 59-80.
- AMBROGGI (R.) - 1963 - Etude géologique du versant méridional du Haut Atlas occidental. *Notes Serv. Géol. Maroc*, 157, 321p.
- BEHRENS (M.), KRUMSIEK (K.), MEYER (D.E.), SCHÄEFFER (A.), SIEHL (A.), STETS (J.), THEIN (J.) et WÜRSTER (P.) - 1978 - Sedimentation abläufe im Atlas-Golf (Kreide Küstenbecken Marokko). *Geologischen Rundschau*, Stuttgart, 67 : 424-453.
- BIBERSON (P.) - 1961 - Le cadre paléogéographique de la Préhistoire du Maroc atlantique. *Pub. Serv. Antiq. Maroc*, 16, 235p.
- DRESCH (J.) - 1941 - Recherches sur l'évolution du relief dans le massif central du Grand Atlas, le Haouz et le Sous. Arrault, Tours, 712p.
- DRESCH (J.) - 1982 - Sur la semi-aridité du Maghreb au Plio-quaternaire. *Bull. Assoc. Géogr. Fr.*, 483-484 : 42-45.
- DUFFAUT (F.), BRUN (L.) et PLANCHUT (B.) - 1966 - Le Bassin du Sud-Ouest marocain, Bassins sédimentaires du littoral africain, 5-12.
- GAMEZ (P.) et WEISROCK (A.) - 1978 - La grotte de Tiguert : un exemple de spéléogénèse littorale au Quaternaire récent dans l'Atlas atlantique marocain. *Méditerranée* : 57-69.
- GATTEFOSSE (J.) - 1934 - Les greniers de falaise, forme ancienne d'Agadir collectif. *Bull. Soc. Préhist. Maroc* : 91-102.
- GUILCHER (A.) et JOLY (F.) - 1954 - Recherches sur la morphologie de la côte atlantique du Maroc. *Trav. Inst. Scientif. Chérif*, 2, 140p.
- INVENTAIRE SPELEOLOGIQUE DU MAROC - 1981 - Direction de l'Hydraulique, Rabat, 233 p.
- MOUSSANIF (A.) - 1976 - Inventaire et évaluation des ressources en eau du synclinal d'Essaouira-Chichaoua. Thèse multigraphiée. Montpellier, 125 p.
- ROCH (E.) - 1930 - Etudes géologiques dans la région méridionale du Maroc occidental. *Notes Serv. Géol. Maroc*, 9, 542 p.
- WEISROCK (A.) - 1980 - Géomorphologie et Paléoenvironnements de l'Atlas atlantique (Maroc). Thèse multigraphiée. Paris, 931 p.
- WEISROCK (A.) - 1981 - Morphogénèse des édifices tuffeux d'Imouzzer Ida Ou Tanane (Maroc). *Mémoires de l'A.F.K.*, 3 : 157-170.
- WEISROCK (A.) - 1982 - La karstification en relation avec les niveaux marins sur la côte atlantique du Maroc. *Mémoires de l'A.F.K.*, 4 : 51-56.
- WEISROCK (A.) et GARNERIN (X.) - 1979 - Morphogénèse du karst dolomitique ruiniforme de l'Iguer Aïssa (Atlas atlantique, Maroc). Actes du Symposium Internat. sur l'érosion karstique, Nîmes, 199-207.
- WIEDMANN (J.), BUTT (A.) et EINSELE (G.) - 1978 - Vergleich von marokkanischen Kreide-Küstenaufschlüssen und Tiefseebohrungen (DSPP) : Stratigraphie, Paläoenvironment und Subsidenz an einem passiven Kontinentalrand. *Geologischen Rundschau*, Stuttgart, 67 : 454-508.