Bulletin du Service Géologique de l'Algérie
Vol. **33,** n°**1-2**, pp.**5-39**, **23** fig., **12** ph., **2** tabl., **2024**

LE QUATERNAIRE DE L'ATLAS SAHARIEN CENTRAL ET DES CONFINS NORD SAHARIENS REVISITÉ : APPROCHE GÉODYNAMIQUE

Ahmed NEDJARI[1,4], Souhila BAGDI-ISSAAD[2], Mohamed CHETTIH[3], Menad SADI[4], Ahmed SERKHANE[4], Rabah DJEDDI[4] et Sabrina CHIRAK[4]

RÉSUMÉ

Le Quaternaire de l'Atlas saharien, traditionnellement décrit en termes de terrasses et de glacis, se révèle bien plus complexe dans une analyse détaillée. Une approche géodynamique de ces dépôts montre que ces derniers présentent des différences en fonction de leur emplacement au sein de la chaîne atlasique. L'Atlas saharien, une chaîne de montagne alpine SO-NE, s'organise du Nord-Sud en : piedmonts nord, une chaîne plissée avec des « petits bassins » intra-montagneux, en piedmonts sud, une zone de transition active puis des confins nord sahariens. Les caractéristiques de ces dépôts quaternaires sont liées à leur localisation : terrasses alluviales et croûtes calcaires sur les piedmonts nord, dépôts argilo-sableux "évaporites" restreints à de «petits bassins» intra-montagneux, glacis et dépôts alluviaux sur les piedmonts sud, dépôts épais dans la zone de transition, et dépôts alluviaux et glacis dans les confins nord sahariens. À cela, s'ajoute du Quaternaire à caractère particulier, à l'exemple des remblaiements de type El Haouita, et de celui en contact avec les diapirs (Kheng El Melah et le complexe triasique d'El Khodor) dont il enregistre l'activité.

Mots-clés - Quaternaire - Atlas saharien central - Géodynamique - Dépôts quaternaires - Environnements - Tectonique - Géomorphologie.

THE QUATERNARY OF THE CENTRAL SAHARAN ATLAS AND THE NORTHERN SAHARAN BORDERLANDS REVISITED: A GEODYNAMIC APPROACH

ABSTRACT

The Quaternary of the Saharan Atlas, traditionally described in terms of terraces and pediments, proves to be much more complex upon detailed analysis. A geodynamic approach to these deposits reveals differences based on their relationships with the Atlas chain. The

[1]CSA : Comité de Stratigraphie de l'Algérie.

[2]Laboratoire de Géodynamique des Bassins Sédimentaires et des Orogènes, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger.

[3]Laboratoire des Ressources en Eau, Sols et Environnement, Université de Laghouat.

[4]Agence du Service Géologique de l'Algérie (ASGA), Lot 11 décembre 1960, El Biar, Algérie.

Auteur correspondant : Nedjari Ahmed. E-mail : nedjaria@gmail.com

- Manuscrit déposé sur l'ASJP le 24 septembre 2024, accepté après révision le 23 décembre 2024.*
ASJP : Algerian Scientific Journal Platform.*

Saharan Atlas, an SW-NE alpine mountain range, is organized from North to South into: northern piedmonts, a folded chain with intra-mountainous «small basins», southern piedmonts, an active transition zone, and then northern Saharan borderlands. The characteristics of these Quaternary deposits are related to their position: alluvial terraces and calcretes on the northern piedmonts, clay-sandy deposits and evaporites restricted to intra-mountainous « small basins », pediments and alluvial deposits on the southern piedmonts, thick deposits in the transition zone, and alluvial deposits and pediments in the northern Saharan borderlands. In addition, there is a particular Quaternary, as exemplified by El Haouita fill deposits, and finally, quaternary deposits in contact with diapirs (Kheng El Melah and the El Khodor Triassic complex) whose activity it records.

Keywords - Quaternary - Central Saharan Atlas - Geodynamics - Quaternary deposits - Environments - Tectonics - Geomorphology.

PROBLÉMATIQUE

La réalisation de la carte géologique de Laghouat (Atlas saharien central) au 1/500 000 a conduit à reconsidérer le Quaternaire de cette région, abordé jusque-là par les géographes, en termes de terrasses et de glacis.

Dans une approche géodynamique, les observations de terrain récentes, montrent la nécessité de le nuancer, en fonction de sa localisation par rapport à la chaîne atlasique. C'est ainsi que le Quaternaire de la cuvette de Foum Reded est lié à un « petit bassin » de type intramontagneux et que la coupe de Lalmaya et ses caractéristiques (30 m d'épaisseur) ne semblent trouver explication que dans un "bassin de type avant-pays" fonctionnant sur la zone de transition mobile, celle de l'Accident Sud Atlasique. Cette autre approche est ici développée.

L'ATLAS SAHARIEN : ORGANISATION D'ENSEMBLE ET ÉVÉNEMENTS STRUCTURANTS

L'Atlas saharien est une chaîne de montagne « alpine », orientée SO-NE, plissée et dissymétrique, avec un flanc nord en pente douce régulière, contrastant avec un flanc sud à abaissement rapide et ruptures progressives. Encadrée par deux accidents majeurs, le Sud Atlasique et le Nord Atlasique, elle constitue l'avant-pays de la chaîne tellienne.

Elle associe trois entités : les Monts des Ksour, le Djebel Amour et les Ouled Nails. Au-delà, les Ziban, vaste couloir de décrochement, assurent la transition aux Aurès.

L'histoire récente de cette chaîne peut se résumer en :

- un ennoyage des structures plissées par les séries détritiques du Tertiaire continental, réalisé probablement avant le Villafranchien supérieur. Il a eu pour conséquence de masquer les contrastes du soubassement géologique mésozoïque et de leur substituer une lithologie peu différenciée. L'élaboration de la Haute Surface du Quaternaire ancien a marqué l'aboutissement de ce long processus d'uniformisation avec :

- une phase distensive quaternaire (Kazi Tani, 1986) à l'origine des grabens subméridiens et les rejeux le long des structures compressives ;

- une phase plio-villafranchienne (Bettahar *et al.,* 1996) ayant orienté en Est-Ouest au niveau des périclinaux, les structures héritées. Cette phase de raccourcissement subméridienne serait aussi importante que la phase atlasique..

L'image actuelle de la chaîne, façonnée par ces évènements, montre dans son organisation Nord-Sud :

- des piedmonts nord, venant recouvrir un accident majeur, l'Accident Nord Atlasique ;
- une chaîne plissée avec de petits « bassins » de type intra-montagneux associés parfois à des diapirs actifs ;
- des piedmonts sud ;
- une zone de transition de 20 à 30 km, relativement active, correspondant à l'Accident Sud Atlasique avec des « bassins » en situation d'arrière chaîne, si l'on admet une polarité S-N ;
- le domaine stable des confins nord sahariens.

I- LE QUATERNAIRE DE L'ATLAS SAHARIEN CENTRAL : MISE AU POINT

Le Quaternaire de l'Atlas saharien a été très peu étudié, mais celui de la partie centrale de cette chaîne (feuille de Laghouat au 1/500 000) est relativement mieux connu et semble à priori assez représentatif, dans ses grandes lignes de l'ensemble.

Dans une démarche de géomorphologue, le Quaternaire a été essentiellement décrit par Estorges (1969) pour les cartes au 1/200 000 de Laghouat, d'El Bayadh, de Brézina et par Galmier (1960-1969) pour celles de la partie SO au 1/100 000, d'El Abiod Sid Cheikh, Hassi Sebaihi et Oued Méhaiguène.

Estorges (1969) le décrit en termes de glacis et de terrasses (fig. 1) :

- les terrasses sont associées aux grands oueds. La sédimentation y est continentale avec des faciès détritiques alluviaux (de climat aride), des conglomérats et des grès, pouvant varier rapidement latéralement ;
- les glacis, vastes surfaces au pied de la chaîne, sont destinataires des produits d'érosion des reliefs environnants, associés à des encroûtements gypseux le plus souvent ;

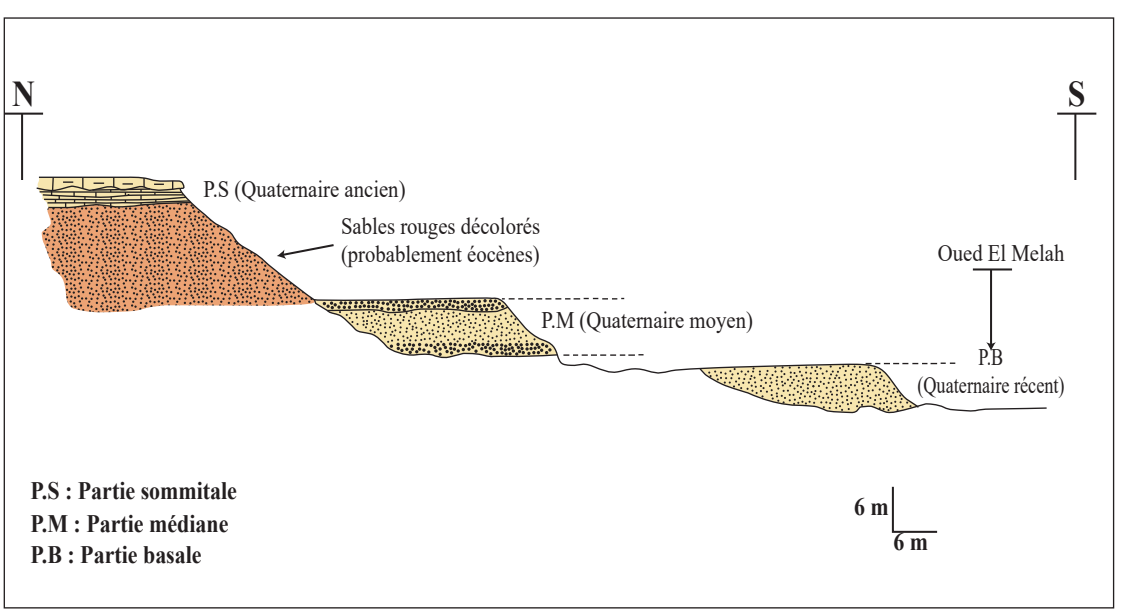


Fig. 1 - Coupe du Quaternaire d'Oued El Melah (Estorges, 1969).
Oued El Melah Quaternary cross section (Estorges, 1969).

À défaut d'une nomenclature locale, les auteurs font parfois des emprunts à celle en usage au Maroc.

En l'absence de datations à l'exception de celle de la coupe d'El Haouita (Quaternaire récent), ils sont discriminés en fonction de leur étagement en Quaternaire ancien, Quaternaire moyen et Quaternaire récent.

C'est ainsi que le Quaternaire ancien comporte deux (02) niveaux morphologiques :

- la Haute Surface, des lanières résiduelles à blocs grossièrement émoussés, fortement encroûtés ;
- un glacis à galets et encroûtements, attribué au Moulouyen.

La Haute Surface clôture cette évolution (Estorges ,1969). Un soulèvement modéré suivi d'un creusement fait surgir le relief montagneux et forme les structures.

Le Quaternaire moyen, du Tensiftien (fig. 2 et tabl. I) associe deux (02) glacis étagés, souvent érodés en buttes résiduelles dans une lithologie variable (blocs, galets, sables, encroûtements).

Le Quaternaire récent (Soltanien), un glacis, est une couverture caillouteuse encroûtée et des remblaiements sableux fins.

Dans une étude photo-géologique, Galmier (1960-1969) subdivise le Quaternaire en trois éléments géomorphologiques (unités 28, 29 et 30) :

- les dépôts de piedmonts et les colluvions (unité 28) sans précision d'âge ;
- le Quaternaire ancien (unité 29) : des dépôts de comblement, alluvions anciennes et formations tufacées ;
- le Quaternaire récent et l'Actuel pro-parte (unité 30) des alluvions « modernes ». Ce

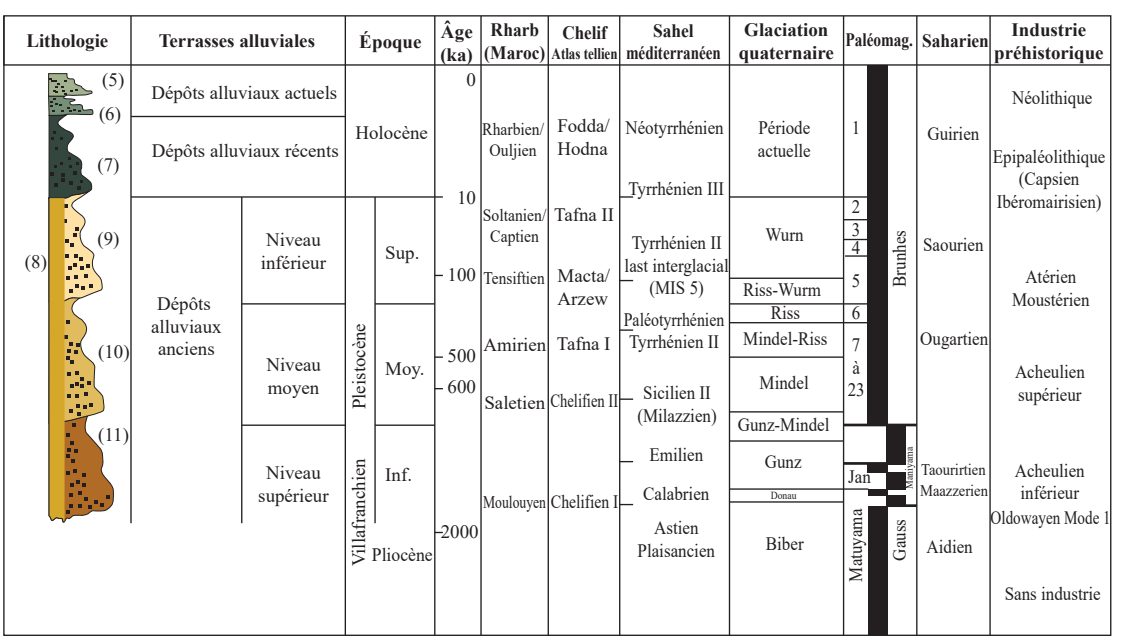


Fig. 2 - Nomenclature et corrélations entre les terrains quaternaires continentaux et leurs équivalents marins (Meghraoui *et al.,* 2021).

Nomenclature and correlations between continental Quaternary terrains and their marine equivalents (Meghraoui et al., 2021).

Tabl. I - Subdivisions du Quaternaire de l'Atlas saharien.
Quaternary subdivisions of the Saharan Atlas.

D	Dunes (barkhanes, sable en nappe)	Actuel	Gharbien-Soltanien
Q_7	Dépôts actuels (lit majeur des oueds et fond de daïas)		
Q_{5-6a} Q_{5-6}	Glacis et cônes	Quaternaire récent	Soltanien
Q_{3-4}	Glacis	Quaternaire moyen	Tensiftien
Q_{1-2}	Glacis moulouyen et Haute Terrasse	Quaternaire ancien	Moulouyen

sont des dépôts de comblement de fonds de dépressions et des alluvions.

L'Actuel correspond aux formations dunaires (unité 31).

Dans cette nomenclature, le Quaternaire moyen n'apparait pas.

Les seules datations proviennent de la coupe d'El Haouita où des remblaiements de type El Haouita (Estorges *et al.,* 1969 ; Nedjari *et al.,* 2022), sous forme d'ensablements dunaires d'origine climato-sédimentaire occupent une position très basse.

Les remblaiements de ce type furent fréquemment retrouvés en zones saharienne et présaharienne. Ils sont bien connus dans toutes les cluses méridionales de l'Atlas saharien.

La découverte d'une industrie lithique au sommet du remblaiement permit de le rapporter à l'Ibéro-Maurusien, elle est datée entre 20 000 et 10 000 ans.

Amara et Haddouche (1979), Amara et Ferhat (1986) et Amara *et al.* (2002) ont daté le sommet du remblaiement similaire dans l'Atlas à Boussaâda à 13 100 ± 250 BP (GIF 4349).

Leur base a été rapportée à l'Atérien, une culture qui s'est développée au Maghreb et au Sahara entre 40 000 et 20 000 ans, et leur sommet à l'Ibéro-Maurusien.

À El Haouita, la datation obtenue est de 8220 ± 820 BP (Amara *et al.,* 2002).

La mise en place de ce remblaiement s'est donc effectuée lors du Quaternaire récent.

II- UNE APPROCHE GÉODYNAMIQUE DES DÉPÔTS QUATERNAIRES

L'image actuelle de l'Atlas saharien central, dans une organisation N-S, associe diverses situations, induisant des dépôts quaternaires différents.

Dans ce qui suit, de nouvelles coupes sont décrites.

Les coupes levées dans le Quaternaire de l'Atlas saharien central et ses confins nord sahariens, feuille de Laghouat au 1/500 000 sont respectivement (figs. 3 et 4) :

- sur les piedmonts nord : Ain Maabad, Gueltet Sidi Saad, Kef Lahmar, Tousmouline, Ben Hadjam ;

- au cœur de la chaîne : cuvette de Foum Reded ;

- sur les piedmonts sud : Lalmaya nord, Oued Besbassa, Oued Ilguimène, Oued Mebzoug ;

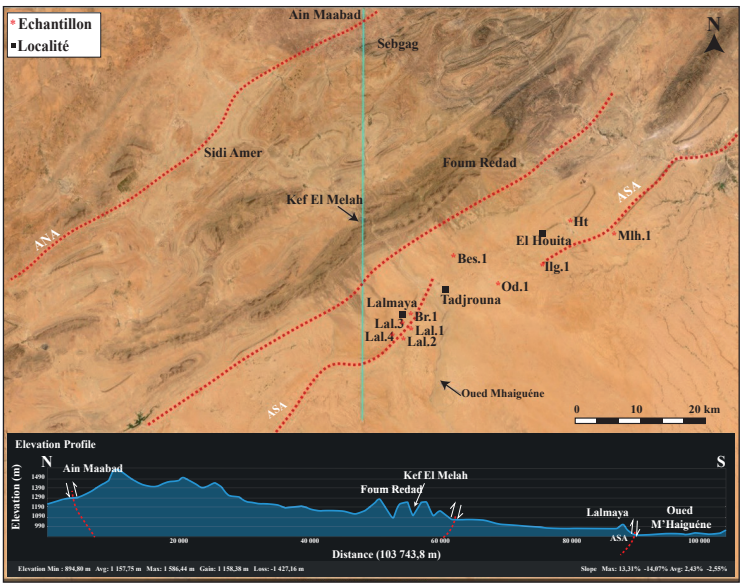


Fig. 3 - Localisation des principales coupes (ANA : Accident Nord Atlasique ; ASA : Accident Sud Atlasique).

Location of the main cross-sections (ANA: Northern Atlas Fault; ASA: Southern Atlas Fault).

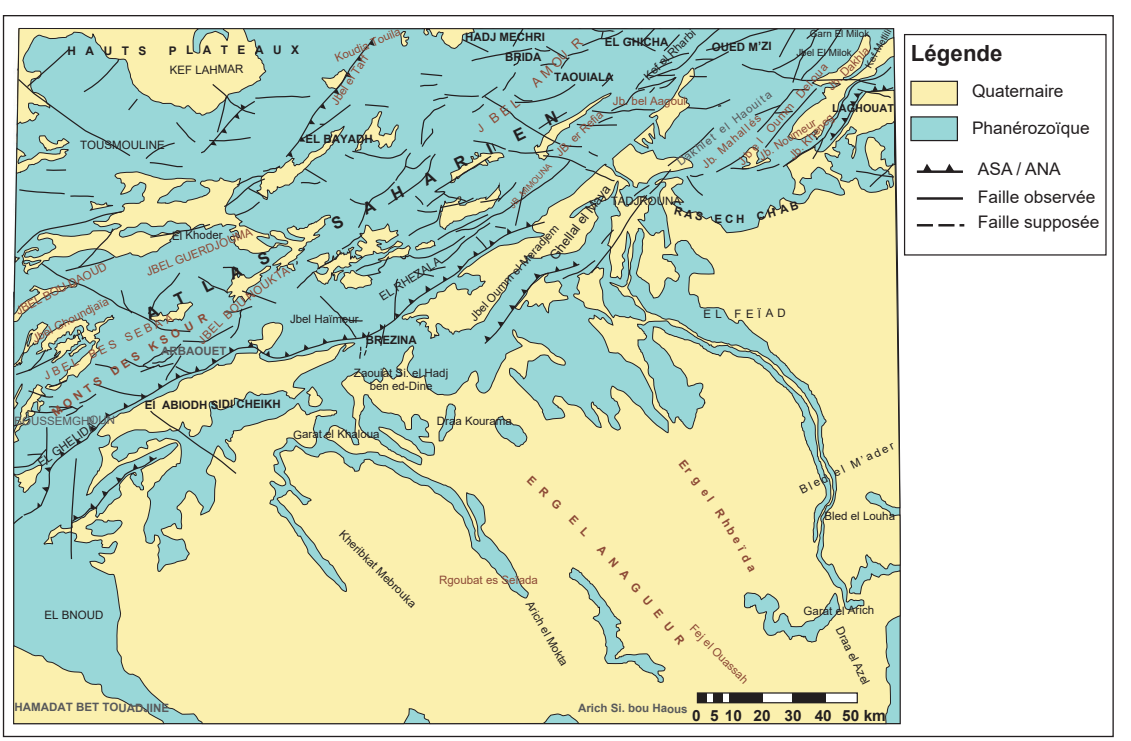


Fig. 4- Esquisse structurale de l'Atlas central. Elle montre des accidents majeurs SO-NE délimitant la chaine ou la structurant, des accidents NO-SE et E-O déterminant des bassins à géométrie rhombique. Noter le contrôle tectonique des bassins quaternaires.

Structural outline of the Central Atlas. It shows major SW-NE faults delimiting the chain or structuring it, and NW-SE and E-W faults determining basins with a rhombic geometry. Note the tectonic control of the Quaternary basins.

- zone de transition : Lalmaya ;
- confins nord sahariens : Boutrefkine, Mehaiguéne, Benmoussi ;
- en situations particulières : remblaiements de type El Haouita, en contact avec un diapir, Kef El Melah et El Khodor.

III- LE QUATERNAIRE DES PIEDMONTS NORD DE LA CHAÎNE ATLASIQUE

Le Quaternaire des piedmonts nord de la région d'El Bayadh

Dans la région d'El Bayadh, le Tertiaire Continental (indexé anciennement Tc) occupe une large zone, de la Sebkha de Bougtob aux piémonts des reliefs saillants de l'Atlas saharien, sous une croûte calcaire (dite anciennement cuirasse ou dalle calcaire et indexée cc). Elle affleure largement dans la zone lorsqu'elle n'est pas elle-même recouverte de dépôts plus récents : dunes, dépôts évaporitiques et ergs (exemple de la coupe de Ben Hadjam). Le Tertiaire Continental est ainsi peu visible, affleurant essentiellement le long des cours d'eau majeurs ou adossé aux reliefs d'âge jurassique. La croûte cc et le Tertiaire Tc sont visibles sur les coupes de Kef Lahmar et Tousmouline.

La croûte calcaire, du fait de sa position, pourrait être attribuée au passage pliocène-quaternaire (équivalent du Villafranchien du Tell) et semble être l'équivalent du glacis moulouyen de la région de Laghouat.

Les dépôts d'âge quaternaire sont représentés principalement par de basses terrasses du Quaternaire récent (Q_3) ou de l'Holocène (a_1) qui correspond à la terrasse gharbienne. Ces dernières sont visibles sur les berges des cours d'eau. Un Quaternaire plus antérieur, ancien (Q_1) ou moyen (Q_2), affleure parfois sous forme de terrasses, peu épais et peu étendu, tel observé sur les rives de l'Oued El Bayadh (coupe à l'entrée est de la ville).

1- Les coupes entre Kef Lahmar et Tousmouline

Sur la coupe de Kef Lahmar, la croûte calcaire (carapace) en discordance sur le Crétacé inférieur est importante (3 m par endroits). À proximité, affleurent la terrasse alluviale inférieure à traces de racines et des dunes de sable éolien (fig. 5A).

Les coupes levées entre Kef Lahmar et Tousmouline, localisées au contact du Néocomien, associent des terrasses quaternaires étagées (fig. 5D).

À Tousmouline, la croûte calcaire (cc) décimétrique et noduleuse repose en discordance sur le Tertiaire Continental (Tc). Elle montre des indices de déformation qui pourraient s'expliquer par le diapirisme local (fig. 5F).

Cette croûte recouvre une grande partie de la région. C'est l'équivalent du glacis ancien (Moulouyen).

2- La coupe de Ben Hadjam-Lemhara

La coupe de Ben Hadjam (fig. 6) montre des dépôts du Quaternaire, adossés à des grès du Barrémien. Proximaux (au pied des reliefs), ils sont composés d'un matériel détritique d'érosion, hétérogène, anguleux et mal classé. Disparates, de quelques décimètres d'épaisseur, ils semblent être discontinus et difficiles à distinguer sur ce site. Compte tenu de leur position et état de consolidation, ils seraient du Quaternaire moyen, voire ancien (Q_1/Q_2).

Les dépôts actuels (a_2) associent ici des dunes éoliennes, de petites sebkhas et des chenaux conglomératiques.

À la base de la coupe de Ben Hadjam, les dépôts distaux affleurent avec des épaisseurs décimétriques à métriques et occupent une vaste surface (km^2).

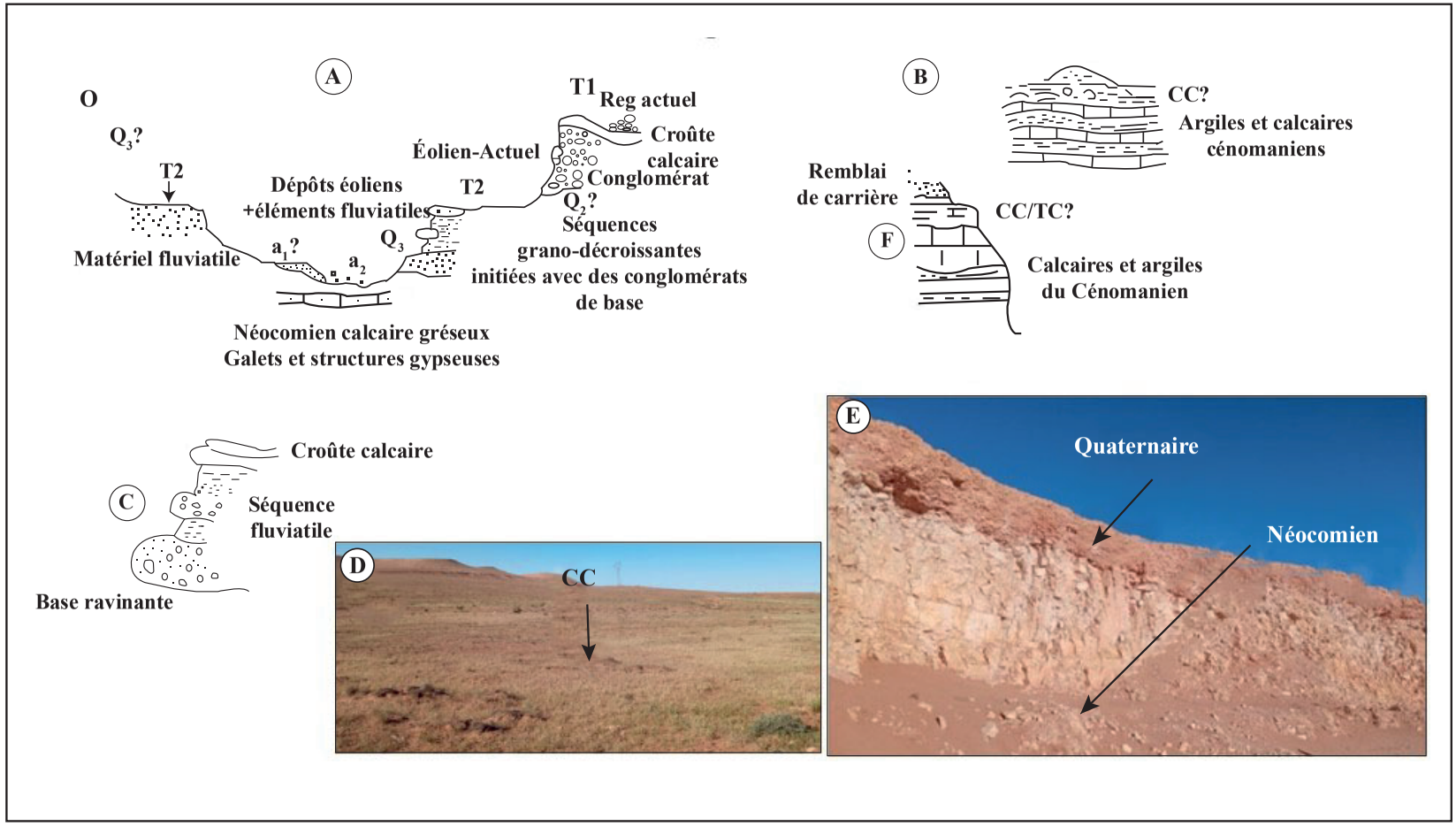


Fig. 5 - A), B) et **C)** Coupes de Kef Lahmar-Tousmouline ; **D)** Dépôts quaternaires en discordance sur les niveaux néocomiens ; **E)** Région d'El Bayadh, vaste étendue recouverte par la croûte calcaire.

A), B) and C) Cross-sections of Kef Lahmar-Tousmouline; D) Quaternary deposits in unconformity with Neocomian levels; E) El Bayadh region, vast area covered by the calcrete.

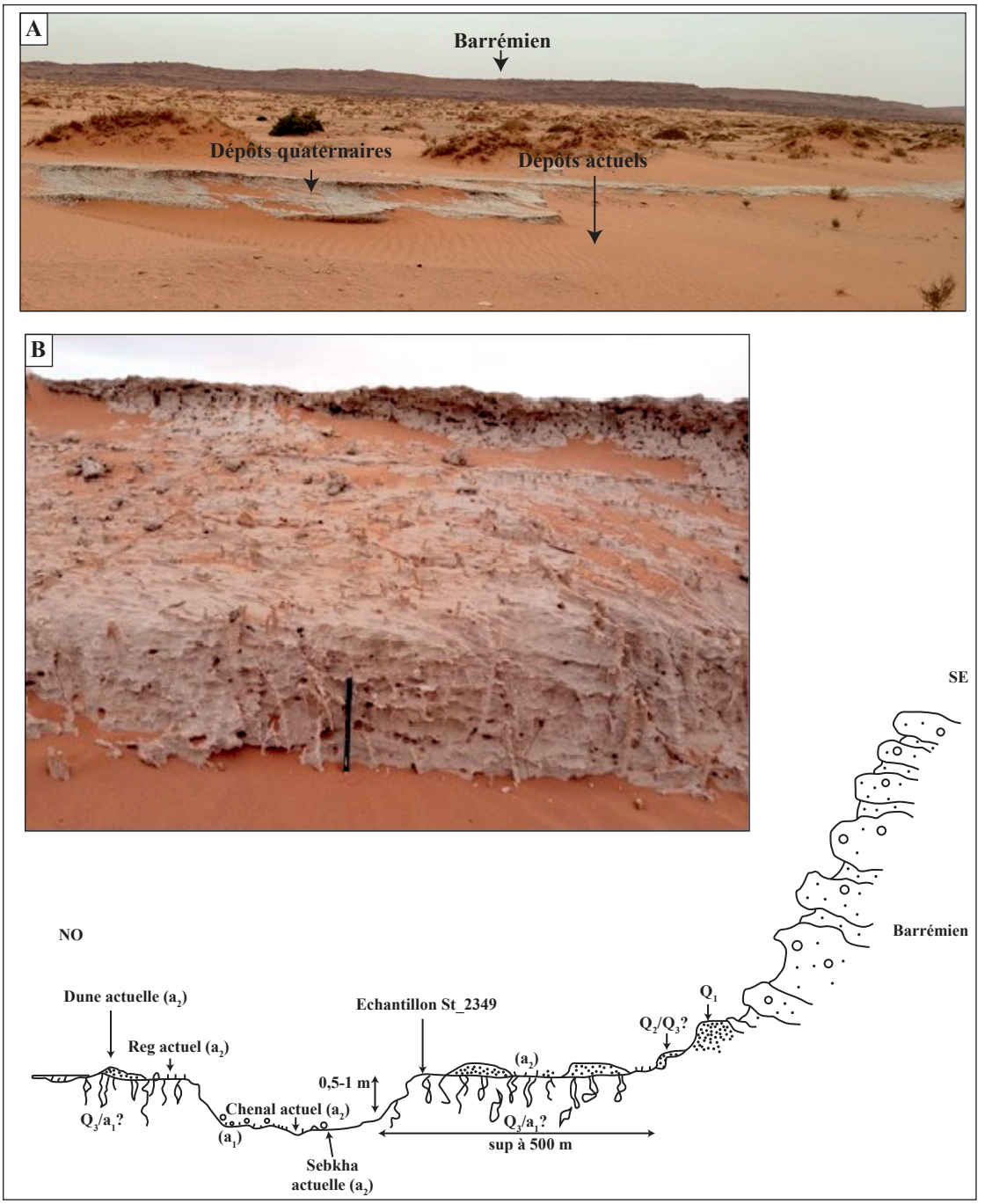


Fig. 6 - Coupe de Ben Hadjam-Lemhara. a_2 : Dépôts actuels ; a_1 : Holocène ; Q_3 : Q-récent ; Q_2 : Q-moyen; Q_1 : Q-ancien. **A)** Vue d'ensemble avec les reliefs du Barrémien et les dépôts quaternaires au premier plan ; **B)** Dépôt d'âge quaternaire.

Cross-section of Ben Hadjam-Lemhara. a_2: Current deposits; a_1: Holocene; Q_3: Q-Recent; Q_2: Q-Middle; Q_1: Q-Early. A) Overall view with Barremian-age landforms and Quaternary deposits in the foreground; B) Quaternary-age deposit.

Ce sont des tufs carbonatés à aspect concrétionné, grossièrement lités, à traces de végétaux (essentiellement des racines) et de nombreuses cavités ; cela en fait une roche très légère. Il est le produit de sources et de cours d'eau peu profonds à petites ruptures de pente (en eau froide, non hydrothermale).

Nous supposons un âge ≤ 500 000 ans (q^3/ Quaternaire récent-Holocène).

3- La coupe d'El Bayadh (entrée est de la ville)

À l'entrée est de la ville d'El Bayadh, des dépôts étagés sont essentiellement du Quaternaire récent (fig. 7). Un niveau plus élevé pourrait appartenir à un Quaternaire plus ancien (ancien ou moyen). En contrebas, se rencontrent des dépôts actuels (Holocène).

4- Le Quaternaire ancien d'Ain Maabad

Dans la région nord de Djelfa, au-delà d'Ain Maabad (ph. 1), le Tertiaire Continental, des sables argileux rouges, affleure largement en bad lands et (fig. 8A) discordant sur différents termes de la chaîne atlasique.

Au-dessus, ravinant, vient un Quaternaire ancien (20 m) en une formation associant 3 membres délimités par des paléosols (fig. 8).

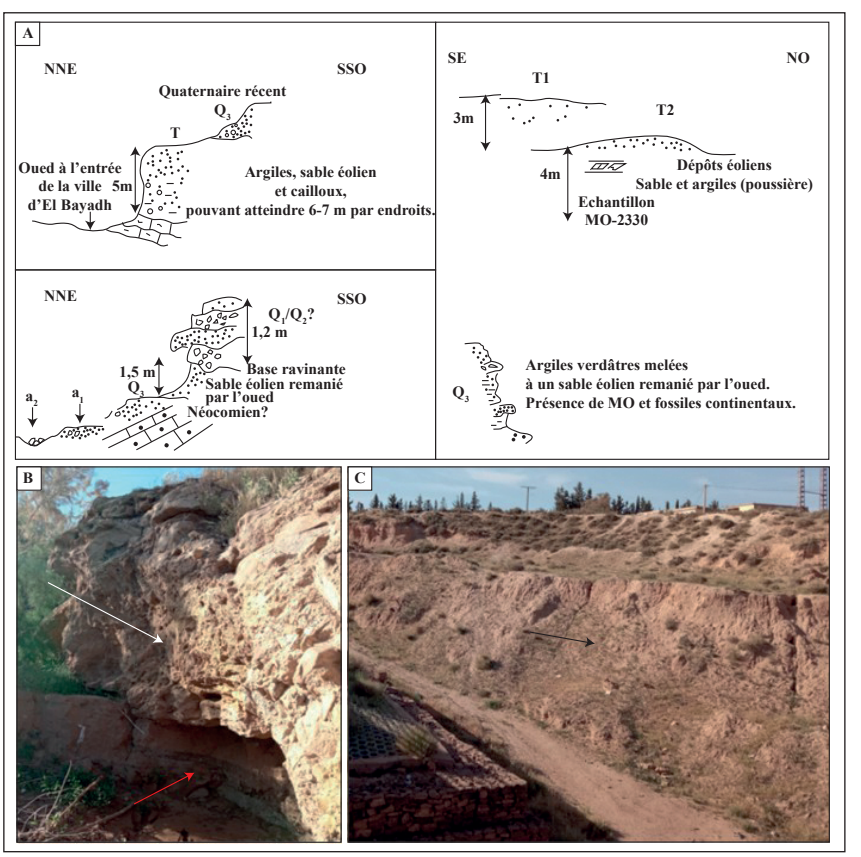


Fig. 7 - A) Coupes d'El Bayadh.
B) Dépôts du Quaternaire ancien (flèche blanche) en discordance sur le Mésozoïque (flèche rouge) ;
C) Dépôts du Quaternaire récent (flèche noire).

A) Cross-sections of El Bayadh.
B) Early Quaternary deposits (white arrow) in unconformity with the Mesozoic (red arrow);
C) Recent Quaternary deposits (black arrow).



Ph. 1 - Vue générale des piedmonts nord dans la région d'Ain Maabad (Djelfa) (l'Ouest est à gauche de la photo).

General view of the northern piedmonts in the Ain Maabad region (Djelfa) (West is at the left of the photography).

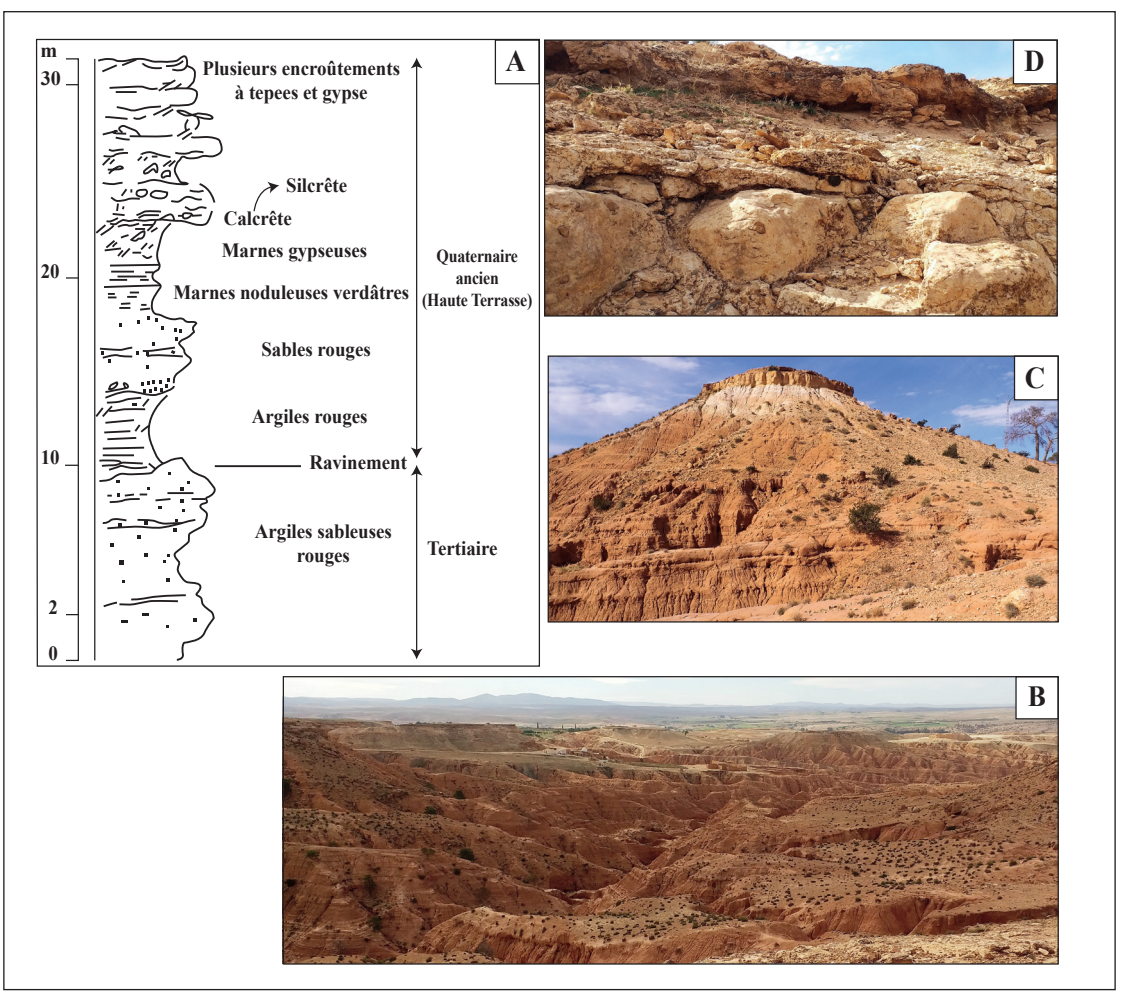


Fig. 8 - A) Coupe du Quaternaire ancien d'Ain Maabad.
B) Tertiaire Continental, des bad lands ; **C)** Quaternaire ancien ; **D)** Membre 3, croûte complexe à tepees.

A) Stratigraphic section of the Early Quaternary at Ain Maabad.
B) Continental Tertiary, bad lands; C) Early Quaternary; D) Member 3, complex tepee calcrete.

Le membre 1 (ép. : 4 m) est argileux rouge à gypse. Les derniers mètres sont marmorisés.

Le second (12 m) est le plus varié en termes de faciès avec : des grès rouges à petits galets, des marnes sableuses verdâtres, des marnes rouges à chevrotines ferrugineuses, des marnes vertes gypseuses à marmorisations et nodules pédologiques.

Le sommet est une dalle de 3 m, une croûte complexe (calcrête, silcrête, gypscrête).

Le dernier membre (3 m) est dominé par des croûtes gypseuses à tepees et cavités de dissolution.

Dans la première moitié de la coupe, les sables semblent être associés à des chenaux fluviatiles, les argiles à des plaines d'inondation.

Dans la seconde moitié, les marnes et les carbonates assurent le relais dénotant une certaine stabilité. Les paléosols sont complexes.

Les marnes et marnes gypseuses, traduisent un environnement de type sebkha (tepees, croûtes gypseuses).

5- Le Quaternaire moyen de Gueltet Sidi Saad

En raison de sa position topographique, ce Quaternaire est assimilé à du Quaternaire moyen.

Il repose sur du Tertiaire Continental rouge argilo-sableux et montre un glacis en un encroûtement de 4 m, complexe à tepees et nombreuses cavités de dissolution dans les faciès gypseux (fig. 9).

6- Le Quaternaire récent de Hessiane Dib

Le substratum est du Tertiaire Continental argilo-gréseux, raviné à son sommet.

Ce Quaternaire (ép. : 5 m) est à dominante argileuse verte ou rouge, des faciès fins de marécage riches en matière organique, gastéropodes et encroûtements (ph. 2 et fig. 10).

Une coupe Nord-Sud montre un site assez particulier, un marécage au pied des derniers reliefs de la chaîne atlasique. Il doit son existence à un pli faille qui, au Nord, remonte les séries mésozoïques, probablement du Jurassique (fig. 10).

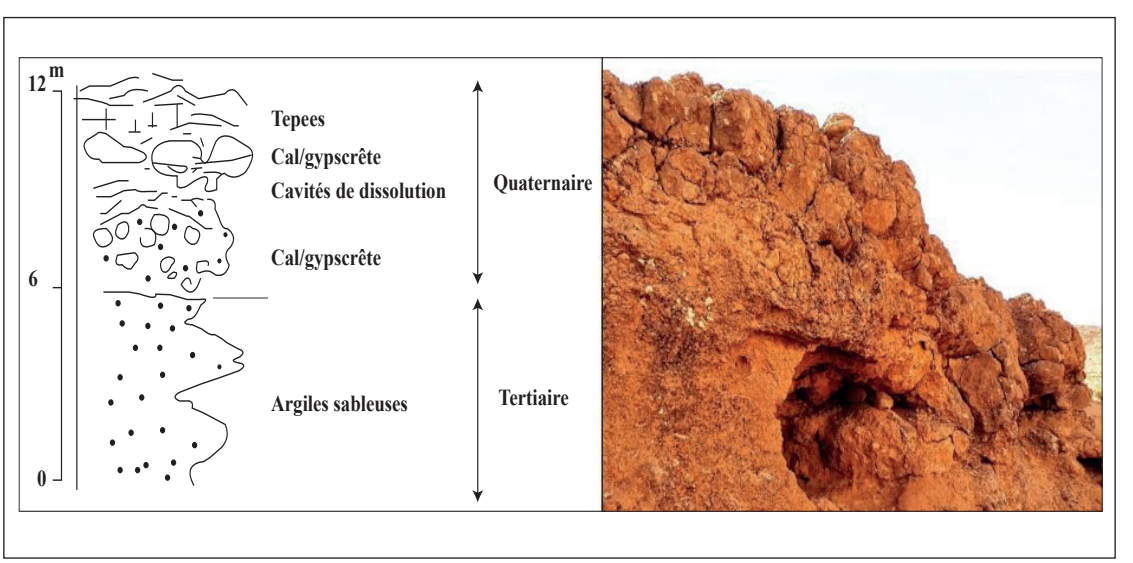
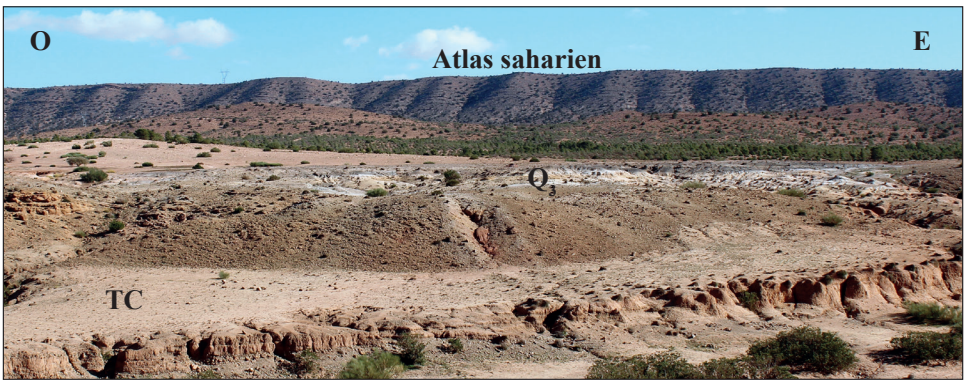


Fig. 9 - Coupe et photo du Quaternaire moyen de Gueltet Sidi Saad.
Cross-section and photograph of the Middle Quaternary at Gueltet Sidi Saad.



Ph. 2 - Hessiane Dib. Vue d'ensemble du dispositif.
Hessiane Dib. General view of the structure.

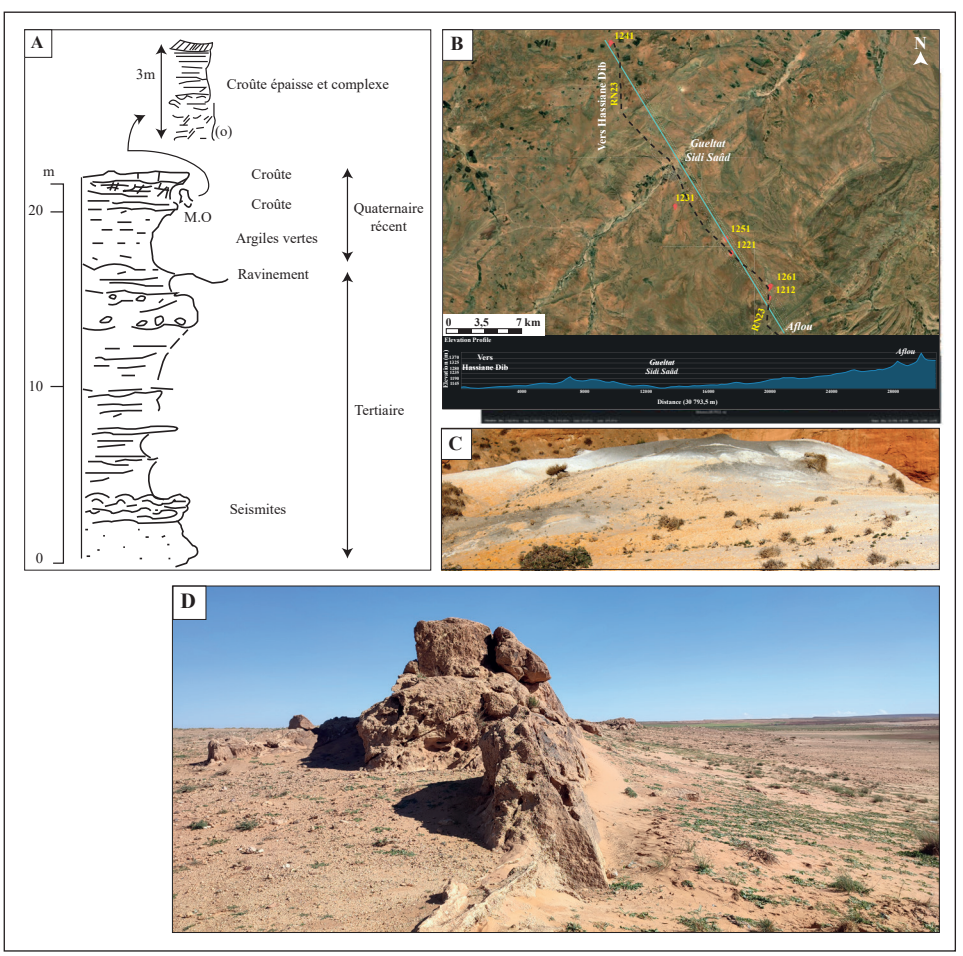


Fig. 10 - A) Coupe du Quaternaire récent de Hassane Dib ; **B)** Localisation du site ; **C)** Remontée par faille d'un seuil jurassique, le Nord est à gauche de la photo, vers le Sud une plaine à sédimentation argileuse ; **D)** Dépôts marécageux à matière organique.

A) Hassiene Dib Late Quaternary cross-section; B) Site location; C) Fault-induced uplift of a Jurassic threshold, the North is on the left of the photo, to the south a plain with clay sedimentation; D) Swampy deposits with organic material.

Cette organisation n'est pas sans rappeler, mais en modèle réduit, celle du bassin de la Mitidja avec au sud les derniers reliefs telliens, et au nord le bourrelet du Sahel, un pli faille (Bagdi Issad, 2021).

IV- LE QUATERNAIRE RÉCENT DES BASSINS INTRA-MONTAGNEUX

1- Le Quaternaire de la cuvette de Foum Redad

L'essentiel de ce Quaternaire récent est constitué de 15 m de sable ocre jaune d'origine éolienne à stratifications planes, riche en terriers et accessoirement d'argiles vertes (cm à dm), devenant gypseuses par la suite (fig. 11).

À la base, quelques niveaux centimétriques gypseux s'intercalent. Les derniers mètres sont presque exclusivement argileux, verts, décimétriques, parfois à gypse.

Des croûtes gypseuses, dans une évolution strato-croissante subdivisent ce Quaternaire en 4 membres.

Le premier (5 m), un sable éolien ocre jaune (ph. 3), à stratifications horizontales et terriers est coiffé d'un niveau gypseux décimétrique.

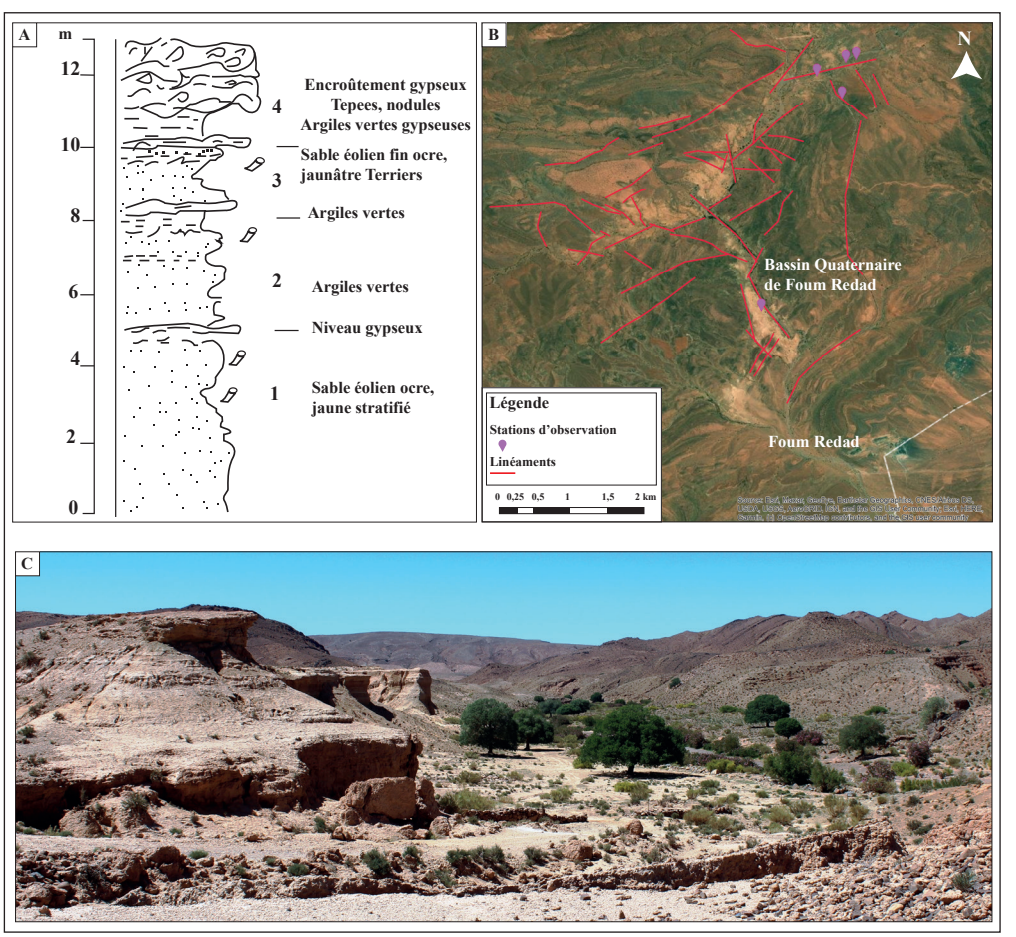


Fig. 11 - A) Log stratigraphique du Quaternaire récent à Foum Redad ; **B)** Localisation de la cuvette éponyme ; **C)** Vue d'ensemble de la cuvette (l'Ouest est à gauche de la photo).

A) Upper Quaternary stratigraphic log at Foum Redad ; B) Location of the eponymous basin ; C) General view of the basin (the West is on the left of the photograph).



Ph. 3 - Sable d'origine éolienne à terriers.
Aeolian sand with burrows.

Le second (3 m) intègre des argiles centimétriques puis décimétriques. Le niveau gypseux terminal fait 50 cm.

Le membre 3, moins épais que le précédent (2 m), lui est similaire en évolution.

Le quatrième membre (5 m) est exclusivement argileux à la base. Un important encroûtement gypseux (2 m) à tepees et nodules pédologiques clôture l'ensemble.

Ainsi, dans une cuvette fermée mais subsidente, se déposent en environnement lacustre, un sable d'origine éolienne, des argiles gypseuses puis du gypse, par un assèchement du lac et son évolution en sebkha.

V- LE QUATERNAIRE DES PIEDMONTS SUD

Sur les piedmonts sud, en fonction de la distance aux reliefs, nous examinerons successivement les coupes de Lalmaya nord, celle de l'Oued Mebzoug, de l'Oued Besbassa et enfin de Mouilah.

1- Le Quaternaire ancien de Lalmaya nord

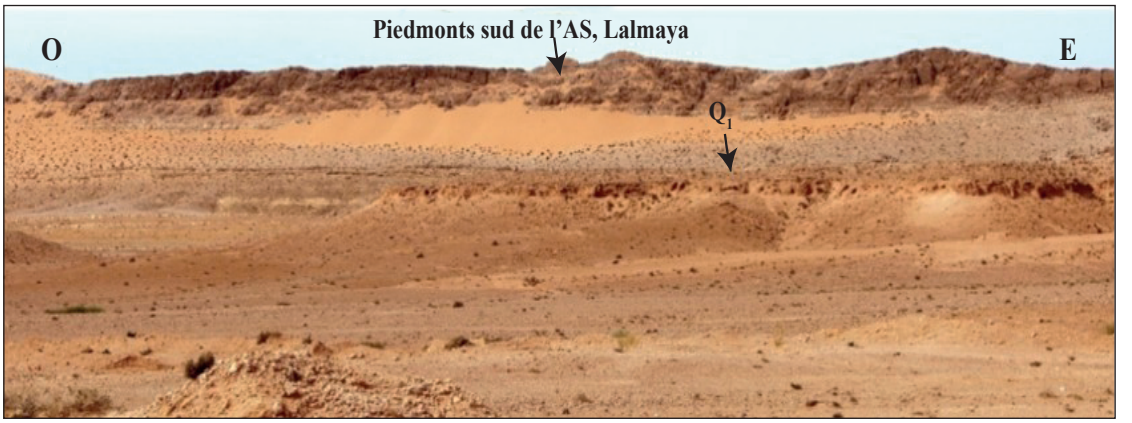
Le Quaternaire ancien (ph. 4) forme des lanières reliques peu épaisses (3 à 4 m), adossées aux reliefs. Ce sont des glacis dont le matériel est issu du démantèlement de la chaîne dans une croûte plurielle (fig.12, calcrête, gypscrête, silcrête).

2- Le Quaternaire ancien d'Oued Besbassa

La coupe de l'Oued Besbassa (fig.13) montre, en discordance sur le Tertiaire Continental, un Quaternaire ancien réduit (2 m). C'est un glacis, une gypscrête.

3- Le Quaternaire récent d'Oued Ilguimene

La coupe de l'Oued Ilguimene (fig.14) associe des dépôts de basse terrasse, des argiles sableuses vertes à traces de racines et terriers.



Ph. 4 - Haute Terrasse du Quaternaire ancien sur piedmonts sud, région de Lalmaya.

Early Quaternary high terrace on southern piedmonts, Lalmaya region.

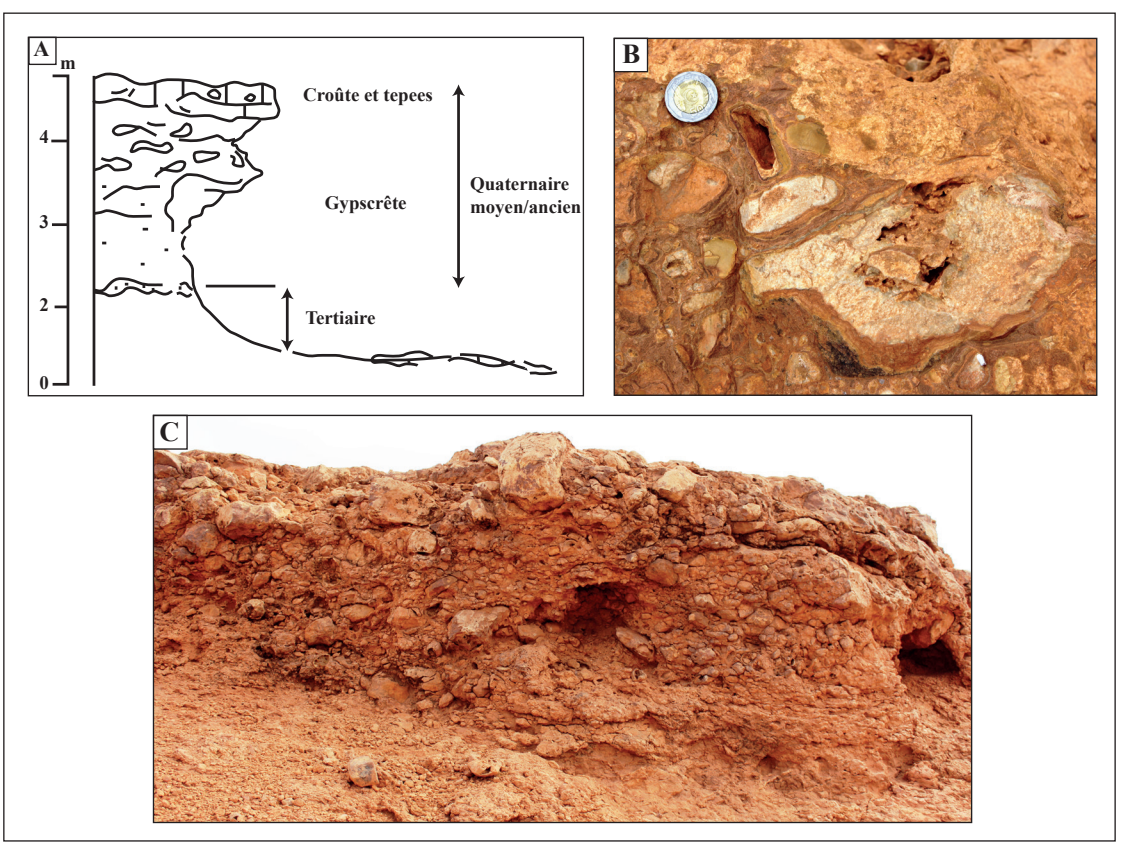


Fig. 12 - A) Coupe de Lalmaya nord ; **B)** Détails de la terrasse du Quaternaire ancien à onchoides ; **C)** Glacis du Quaternaire ancien.

A) Cross-section of Northern Lalmaya; B) Details of the Early Quaternary terrace with pisoliths; C) Early Quaternary glacis.

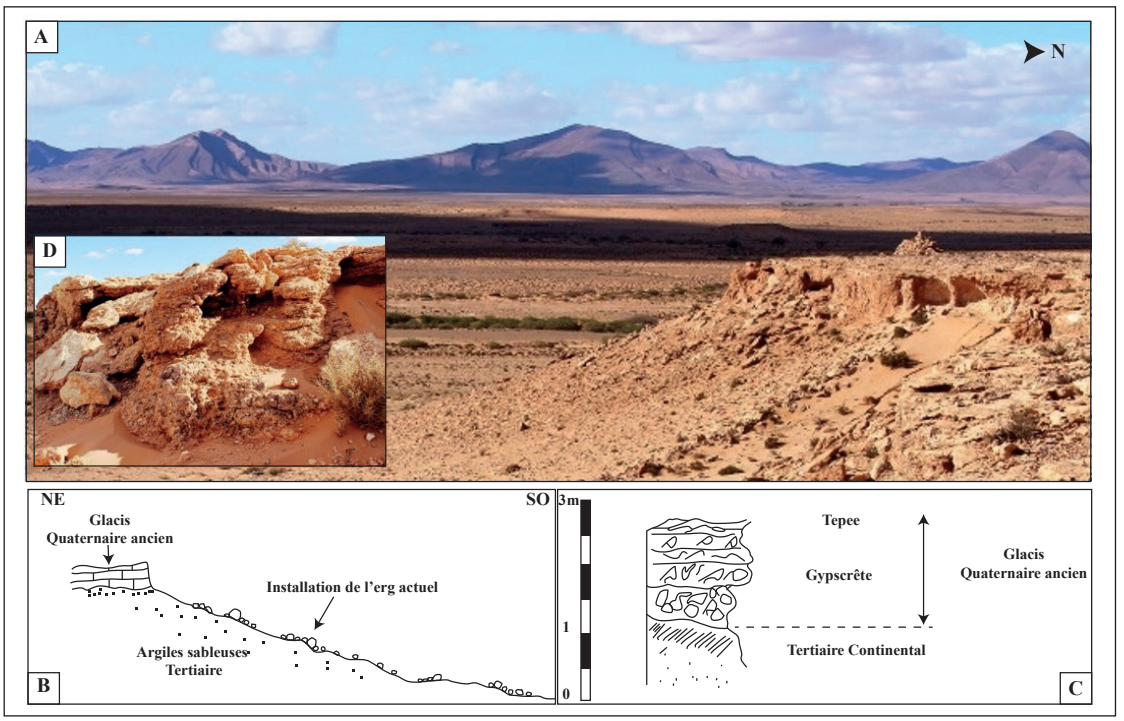


Fig. 13 - A) Vue d'ensemble de la coupe d'Oued Besbassa ; **B)** Coupe lithologique et **C)** Log stratigraphique du Quaternaire de l'Oued Besbassa ; **D)** Glacis, Quaternaire ancien.

A) Overall view of the Oued Besbassa cross section; B) Cross-section and C) Stratigraphic log of the Quaternary of the Oued Besbassa; D) Glacis, Early Quaternary.

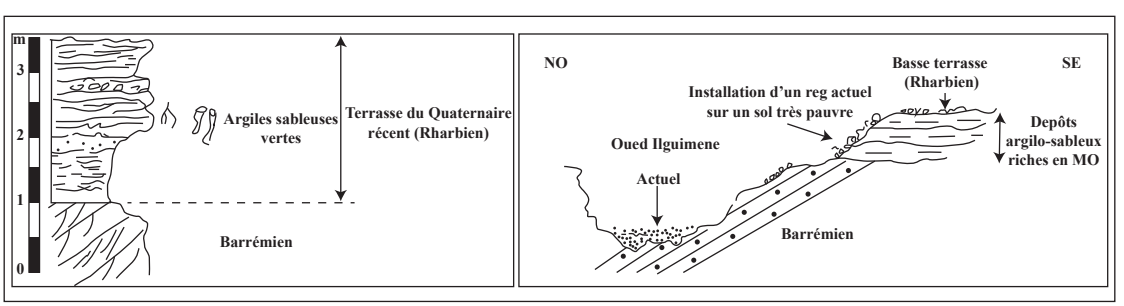


Fig. 14 - Log stratigraphique et coupe du Quaternaire de l'Oued Ilguimene.

Stratigraphic log and cross-section of the Oued Ilguimene Quaternary.

4- Le Quaternaire récent d'Oued Mebzoug

Le Quaternaire d'Oued Mebzoug est un glacis peu épais (0,50 cm), une gypscrête à nombreuses vacuoles de dissolution (ph. 5) coiffant des argiles grises.

VI- LE QUATERNAIRE DE LA ZONE DE TRANSITION À LALMAYA

1- Le Quaternaire de Lalmaya sud

La région de Lalmaya se situe sur le revers sud de la chaîne de l'Atlas, au passage vers le

domaine saharien (ph. 6). Cette zone de transition est un couloir d'accidents, l'Accident Sud Atlasique. Sa position explique les épaisseurs de ce Quaternaire (40 m environ).

La coupe présentée (Lal.4, fig.15A) est la plus complète. Elle montre 3 ensembles étagés de haut en bas :

- un Quaternaire ancien ; l'essentiel de la coupe avec plus de 30 m d'épaisseur ;
- un Quaternaire moyen (4 m) ;
- un Quaternaire récent (2 m).

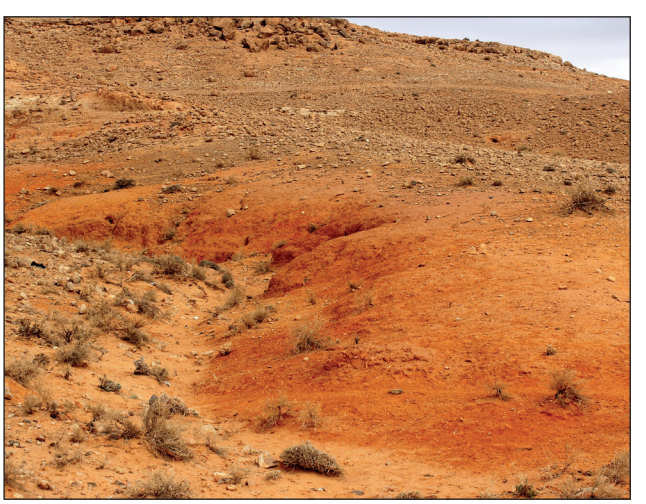
2- Le Quaternaire ancien

Dans ce Quaternaire ancien, les dépôts sont continentaux. Les séquences strato-décroissantes associent dans une même évolution des argiles sableuses gypseuses, des calcaires lacustres fins, silicifiés, à terriers et de nombreuses perforations (ph. 7A).

La séquence basale (8 m) comporte essentiellement des sables rouges fins (dépôts éoliens, un épisode dunaire) à marmorisations et tubulures (fig. 15B). Ils se chargent en marnes et matière organique avant un banc calcaire décimétrique à terriers (ph. 7B).



Ph. 5- Glacis du Quaternaire récent.
Recent Quaternary glacis.



Ph. 6- Vue d'ensemble.
General view.

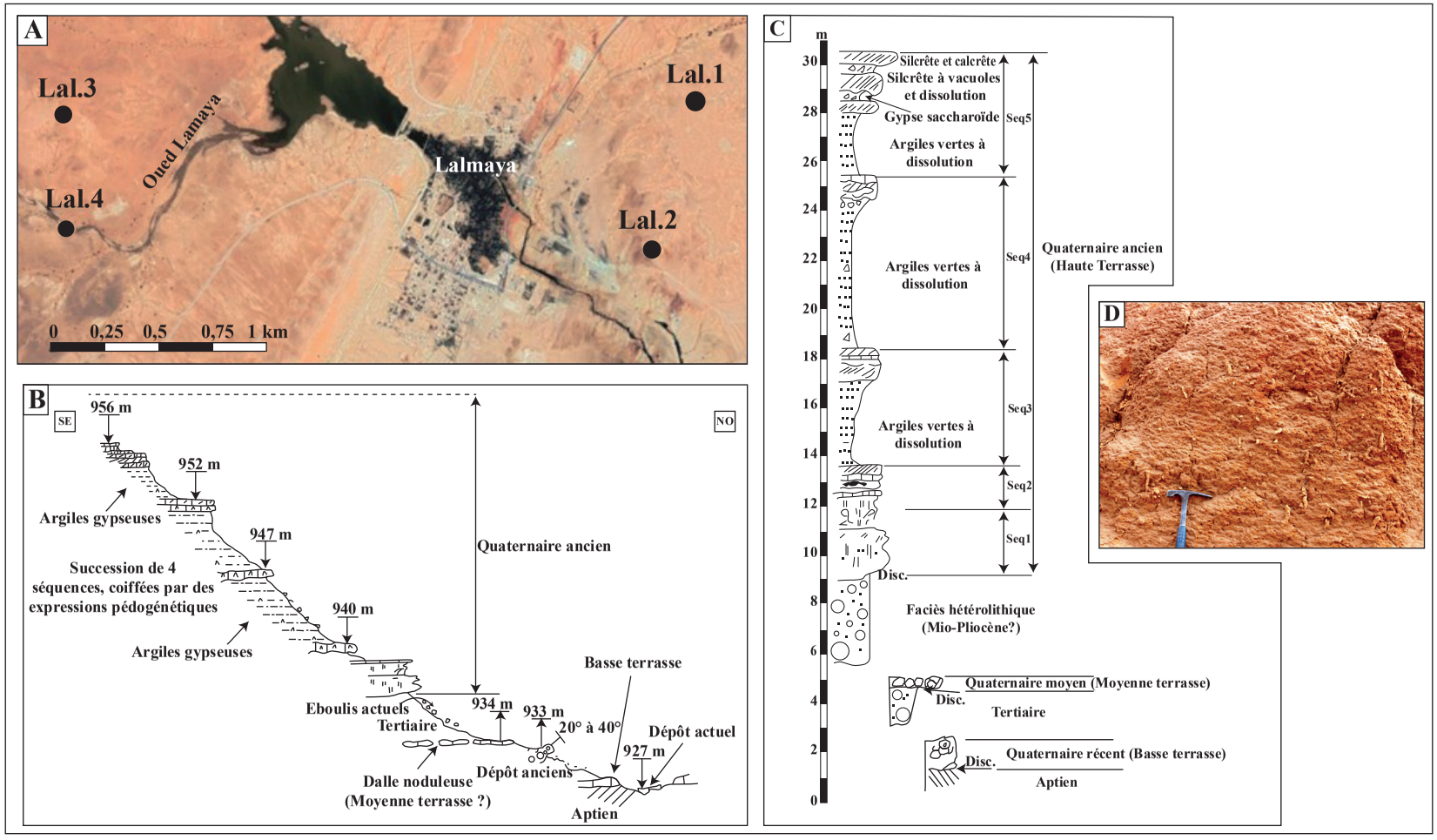
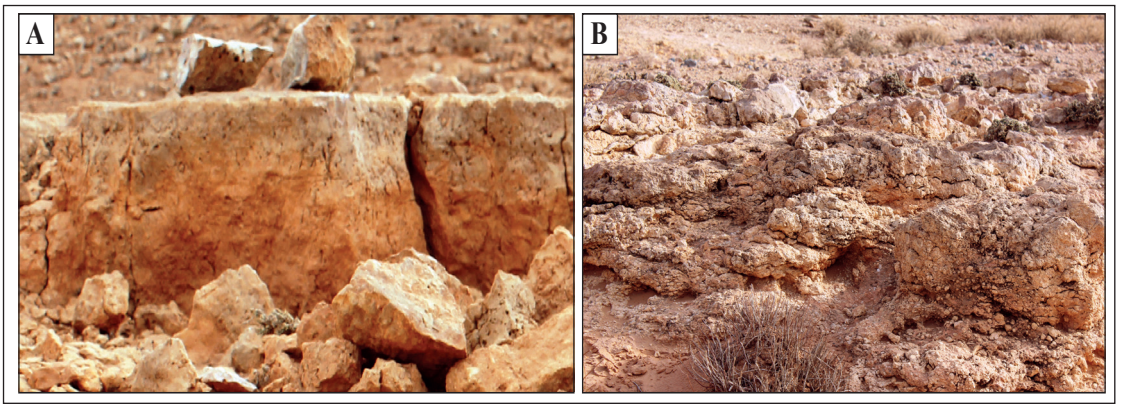


Fig. 15 - A) Localisation des principales coupes ; **B)** et **C)** Coupe lithologique et log stratigraphique du Quaternaire de la zone de transition (Lal.2) ; **D)** Base de la coupe, dépôts éoliens à nombreuses tubulures (manchons carbonatés développés autour des racines).

A) Location of the main sections. B) and C) Cross-section and stratigraphic log of the Quaternary in the transition zone (Lal.2). D) Base of the cross-section, eolian deposits with numerous tubules (carbonate coating developed around roots).



Ph. 7 - A) Sommet de séquence de base, calcaire fin à terriers, perforations et nodulisations ;
B) Quaternaire ancien, calcrête sommitale.

A) Top of the base sequence; fine limestone with burrows, perforations and nodulations.
B) Old Quaternary, summit calcrete.

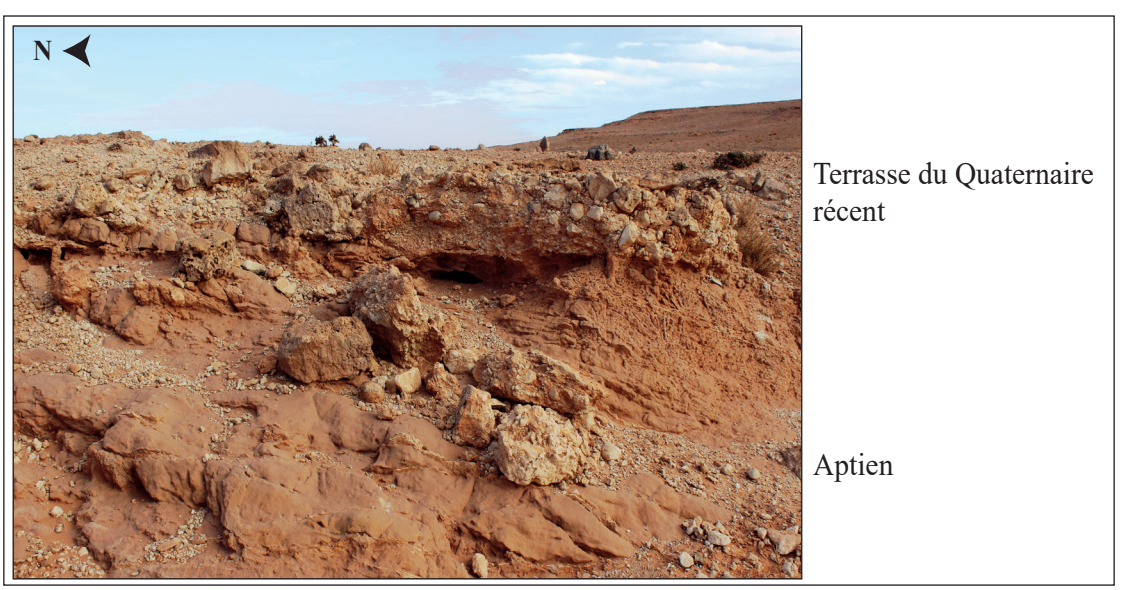
Dans les séquences suivantes, les argiles vertes s'enrichissent progressivement en gypse jusqu'à donner des croûtes.

Ces séquences, exceptée la première, un dépôt éolien, traduisent un environnement lacustre sporadiquement confiné en sebkha, sous un climat aride et chaud.

Le Quaternaire moyen est représenté par une calcrête métrique plus ou moins silicifiée.

3- Le Quaternaire récent

En discordance angulaire sur de l'Aptien, le Quaternaire récent constitue la basse terrasse de 1 m d'épaisseur (ph. 8). C'est un conglomérat à galets et blocs dans une matrice sablo-argileuse, rouge.



Ph. 8 - Terrasse du Quaternaire récent.

Recent Quaternary terrace.

VII- LE QUATERNAIRE AU SUD DE L'ATLAS SAHARIEN CENTRAL ET DES CONFINS NORD SAHARIENS

Le Pays des Daïas et le Pays des Gours

Au sud de l'Atlas, c'est le domaine saharien caractérisé par une topographie relativement plane, légèrement pentée vers le Sud, drainant les rares eaux de surface.

C'est un vaste glacis du Quaternaire récent, un encroûtement calcaire. Sa monotonie est ponctuée de daïas. C'est le pays des daïas.

Ces cuvettes, dont le diamètre varie de 100 m à quelques kilomètres (fig.16A), abritent sur fond argilo-sableux et tapis herbacé une végétation à acacias, des pistachiers de l'Atlas dont certains centenaires impressionnent par leur taille (fig.16A).

Des buttes témoins montrent, sur fond de Tertiaire gréseux rouge, 4 à 5 m, un Quaternaire moyen. Associant des encroûtements pluriels et variés (calcrête, silcrête, gypscrête), son évolution est ponctuée de paléoregs à cailloutis.

À l'ouest, le pays des Gours est dominé par des dépôts argileux rouges, profondément erodés par le réseau fluviatile en de larges vallées, à l'exemple de celle de l'Oued Méhaiguène-Zergoun (ph. 9).

Trois coupes renseignent sur le Quaternaire de ce domaine saharien : Boutrefkine, Oued Méhaiguène et Oued Benmoussi.

Les 2 premières seraient du Quaternaire ancien, la suivante un Quaternaire moyen.

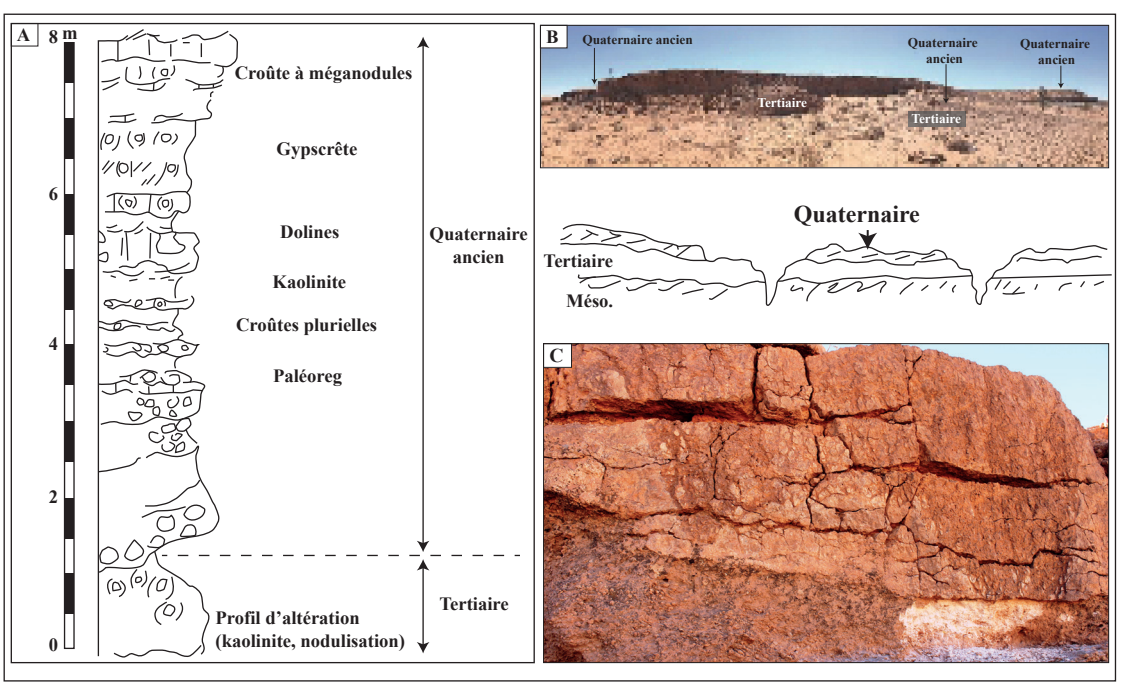


Fig. 16 - A) Log stratigraphique du Quaternaire du Dj. Boutrefkine ;
B) Vue d'ensemble ; **C)** Quaternaire ancien, premier ensemble ; noter le niveau blanchâtre, les stratifications obliques à la base et la nodulisation intense.

A) Stratigraphic log of the Quaternary of the Dj. Boutrefkine;
B) General view; C) Early Quaternary, first set; note the whitish level, oblique stratifications at the base and intense nodulation.



Ph. 9 - Oued Méhaiguène-Zergoun.
Mehaiguène-Zergoun Oued.

1- Le Quaternaire ancien de Boutrefkine

La coupe du Djebel Boutrefkine (fig.17), à l'est de la carte au 1/500 000 de Laghouat, montre des dépôts en lanières attribués au Quaternaire ancien, en discordance sur du Tertiaire Continental. Ils ravinent un paléosol rouge à intense nodulisation et niveaux blanchâtres, de la kaolinite probablement.

Ce Quaternaire, d'une épaisseur de 8 m, associe 3 ensembles (fig.16) :

- un premier de 5 m, des glacis à galets, strato décroissants ponctués de niveaux à galets décimétriques (20 cm), des paléoregs dans les 2 derniers mètres, des croûtes plurielles apparaissent dans une évolution strato-croissante. Le dernier niveau, induré et massif, montre des dolines que coiffent des tepees (fig.16B) ;

- le second ensemble, peu épais (3 m) est initié par un intervalle blanchâtre à grands pisoïdes et oncolithes (50 cm de diamètre) et des croûtes. Des tepees clôturent l'ensemble (fig.17).

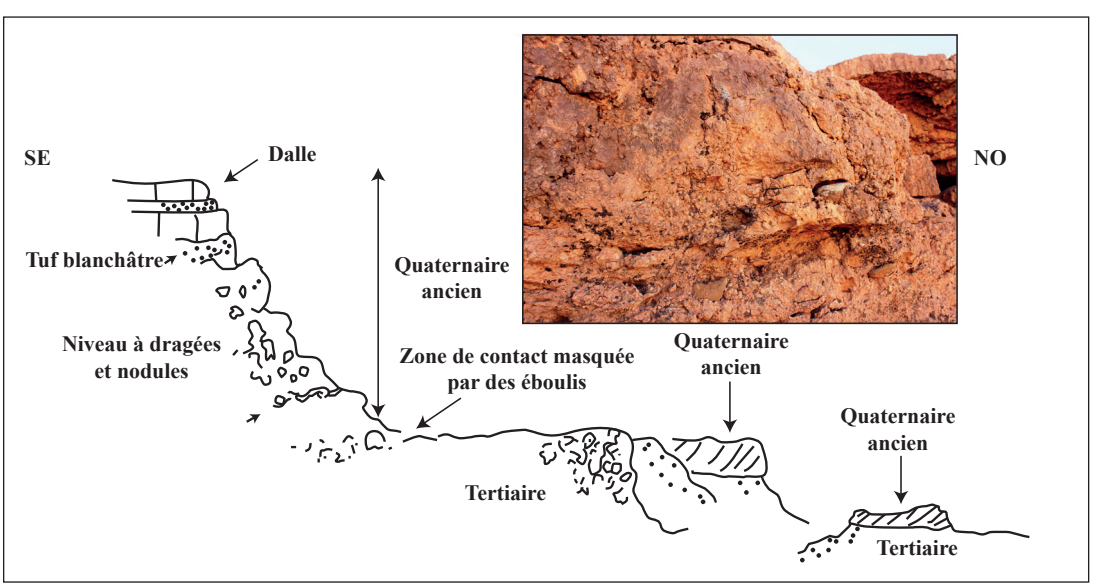


Fig. 17 - Coupe du Quaternaire du Dj. Boutrefkine. Photographie : niveau à tepees clôturant l'ensemble.
Cross-section of the Dj. Boutrefkine. Photograph: tepee level at the end of the section.

2- Le Quaternaire ancien d'Oued Méhaiguène

Une coupe réalisée au niveau de l'Oued Méhaiguène montre au-dessus d'un Tertiaire Continental rouge à chenaux gréso-conglomératiques, un Quaternaire probablement ancien (ph.10).

C'est un encroûtement calcaire de 7 m d'épaisseur, dominé par des pisoïdes, oncolithes et stromatolithes (20 cm à 1 m de diamètre, fig.18). Ils proviennent d'un encroûtement par des stromatolithes intégrant dans leur développement le matériel détritique des paléoregs. A la base, ils sont de petite taille, 20 à 50 cm de diamètre, dans une matrice argilo-sableuse plus ou moins carbonatée. Ils augmentent de diamètre dans une coalescence jusqu'à donner dans les deux derniers mètres un ensemble compact coiffé de tepees.



Ph. 10- Le Quaternaire ancien d'Oued Méhaiguène. Vue d'ensemble.
Early Quaternary of Oued Mehaiguene. General view.

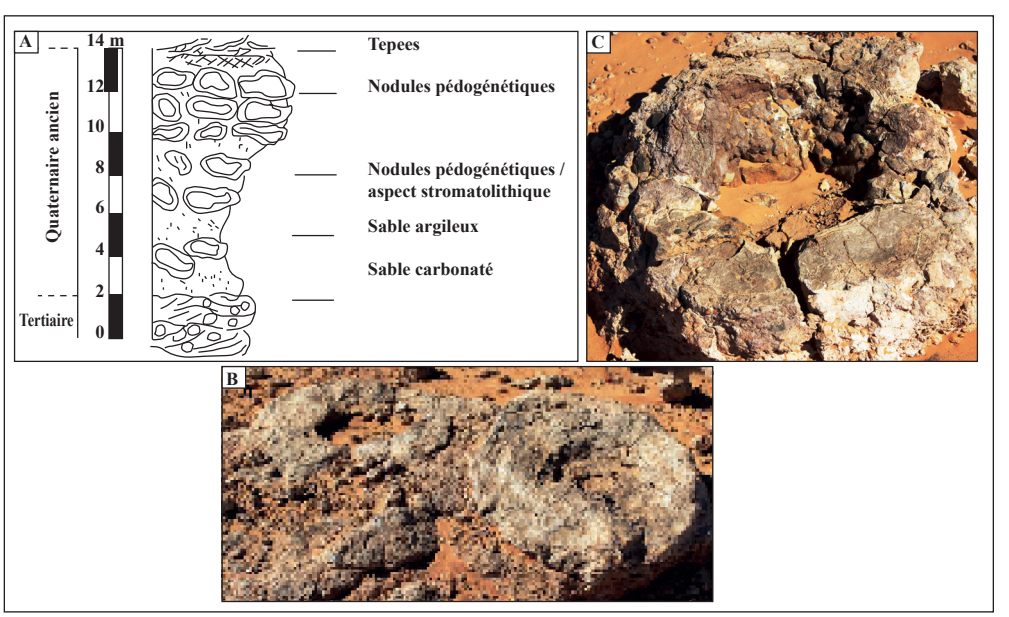


Fig. 18 - A) Coupe lithologique de l'Oued Méhaiguène ; **B)** Ooides de grande taille ; **C)** Détail.
A) Lithological cross-section of Oued Mehaiguene; B) Large-sized ooids; C) Detail.

3- Le Quaternaire moyen d'Oued Ben Moussi

Au-dessus d'un Tertiaire Continental à sables rouges et galets, le Quaternaire attribué au Quaternaire moyen est un encroûtement complexe (gypscrête, calcaire, silcrête) de 5 m d'épaisseur (ph. 11).

À sa base, les galets centimétriques sont encroûtés.

Il associe des nodules pédologiques à de nombreuses cavités de dissolution.

Ce Quaternaire moyen correspond ici à un vaste glacis. Des surfaces à tepees rythment cette évolution et la clôturent.



Ph. 11- Oued Ben Moussi. Vue d'ensemble.
Ben Moussi Oued. General view.

VIII- LE CAS PARTICULIER DES REMBLAIEMENTS DE TYPE EL HAOUITA AU QUATERNAIRE RECENT

La coupe d'El Haouita

La région d'El Haouita, au SE du Djebel Amour est dominée par un synclinal à flancs redressés et fond plat, perché à plus de 1000 m, celui de Dakhlet El Haouita (fig.19).

Cette structure, orientée SO-NE (Herkat, 1982), d'âge crétacé inférieur, correspond à un petit bassin versant de 19,5 km de long et 7,5 km de large (~150 km^2 de surface).

Il est drainé par de petits talwegs qui confluent dans l'Oued El Haouita au niveau de l'ouverture de ce synclinal, une cluse sur un décrochement, d'où il s'est frayé un chemin relativement étroit.

L'Oued El Haouita est au Quaternaire récent le siège (ph.12) de dépôts sableux éoliens pour l'essentiel, peu épais (une dizaine de mètres) et assez particuliers : les remblaiements de type El Haouita.

Ces remblaiements furent reconnus en 1965 par Estorges au site éponyme, puis décrits dans un travail collectif (Estorges *et al.,*1969) comme



Fig. 19- Localisation de la région d'El Haouita (extrait de la carte topographique au 1/200 000).
Location of the El Haouita region (excerpt from the 1/200 000 topographic map).



Ph. 12- Site d'El Haouita. Vue d'ensemble.
El Haouita site. General view.

des ensablements dunaires d'origine climato-sédimentaire, empâtant les foums d'oueds.

Ils occupent la partie la plus basse de la cuvette et se poursuivent au-delà du foum sur 2 km.

Bien qu'ils encadrent l'oued actuel, ils ne peuvent être assimilés à une terrasse : ils se terminent brusquement par un talus raide d'une dizaine de mètres de hauteur, coiffé par un banc de grès.

La coupe levée (fig. 20), située en aval de la cluse en rive droite, est la plus complète, offrant les meilleures conditions d'observation.

Sa base, masquée par une terrasse alluviale actuelle, correspond latéralement à une discordance angulaire sur les grès de l'Albien inférieur.

Elle montre sur les 10 m qui la constituent, un matériel uniforme du sable éolien fin ocre jaune.

Cette sédimentation est ponctuée de périodes de stabilité, au cours desquelles se sont développés des sols (fig. 20A).

Le membre 1, d'une épaisseur de 6 m, est initié par des sables fins légèrement remaniés par le vent. Au sommet, sa limite est un niveau induré d'une cinquantaine de centimètres avec 2 à 3 paléosols à traces de racines et marmorisations ocre jaune qui s'y relaient (fig. 20B).

La fin du membre associe des tepees, des perforations et des polygones de dessiccation.

Le membre 2, moins épais (4 m), réplique le précédent dans un même matériel. La fin est un

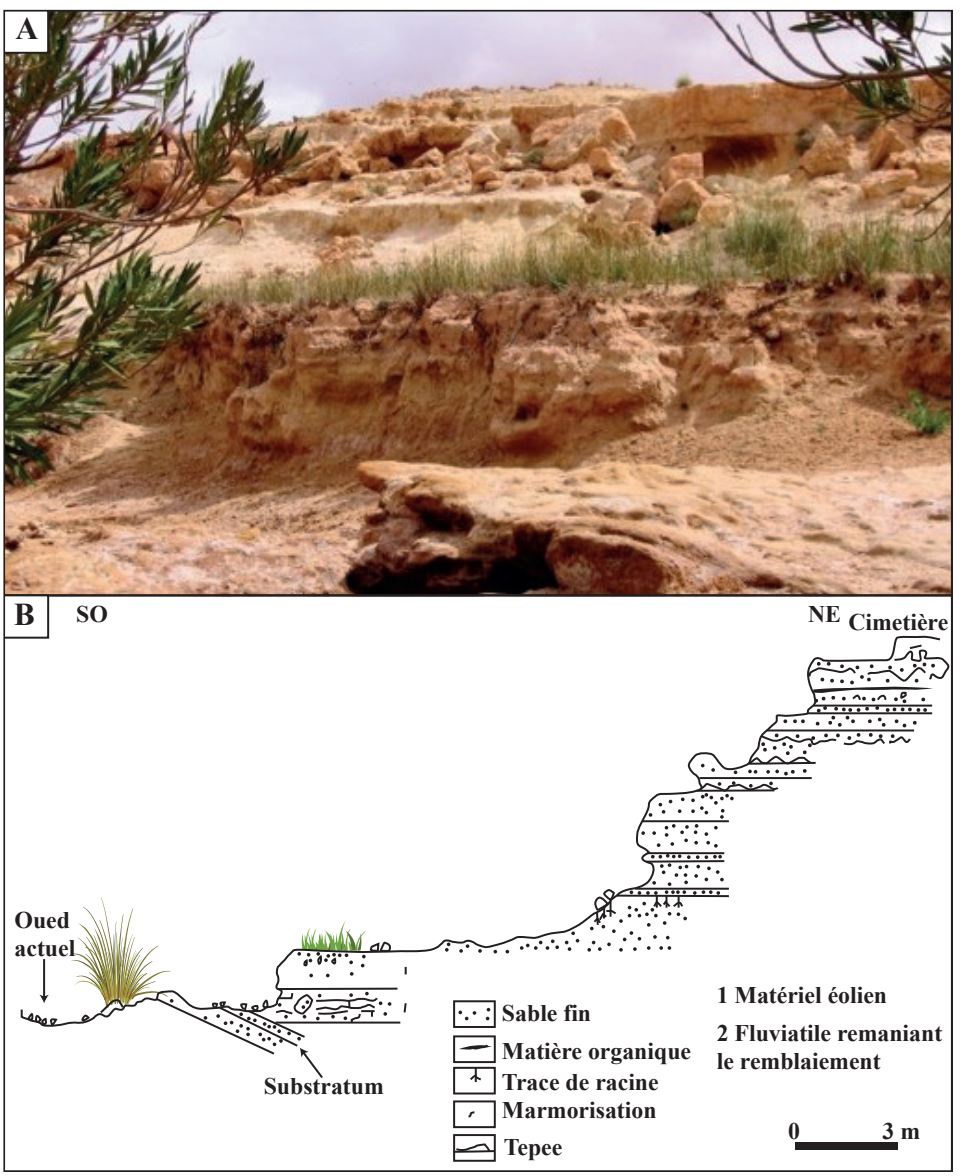


Fig. 20- A) Vue générale de la coupe ; 1. Le substratum de grès albiens ; 2 : Terrasse quaternaire ; 3 : Remblaiement. **B)** Coupe de référence du remblaiement à El Haouita (Nedjari *et al.*, 2023).

A) General view of the cross-section; 1. Albian sandstone bedrock. 2: Quaternary terrace. 3: fill. B) Reference cross-section of the fill at El Haouita (Nedjari et al., 2023).

niveau induré difforme d'une vingtaine de centimètres à tepees (fig. 20B).

IX- LE QUATERNAIRE RÉCENT DE LA BORDURE OUEST DU DIAPIR DE KHENG EL MELAH

La coupe de Kheng El Melah

À quelque 120 km à l'ouest de la ville de Laghouat, en bordure de la route qui mène de Tadjrouna à Sidi Tifour, le diapir de Kheng El Melah est une intrusion de sel triasique dans des séries du Jurassique supérieur qu'elle redresse (fig. 21A).

C'est un dôme dont la base ovale s'étire sur 2,5 km en direction E-O et environ 1 km en N-S.

Ce diapir est composé essentiellement de sel gemme.

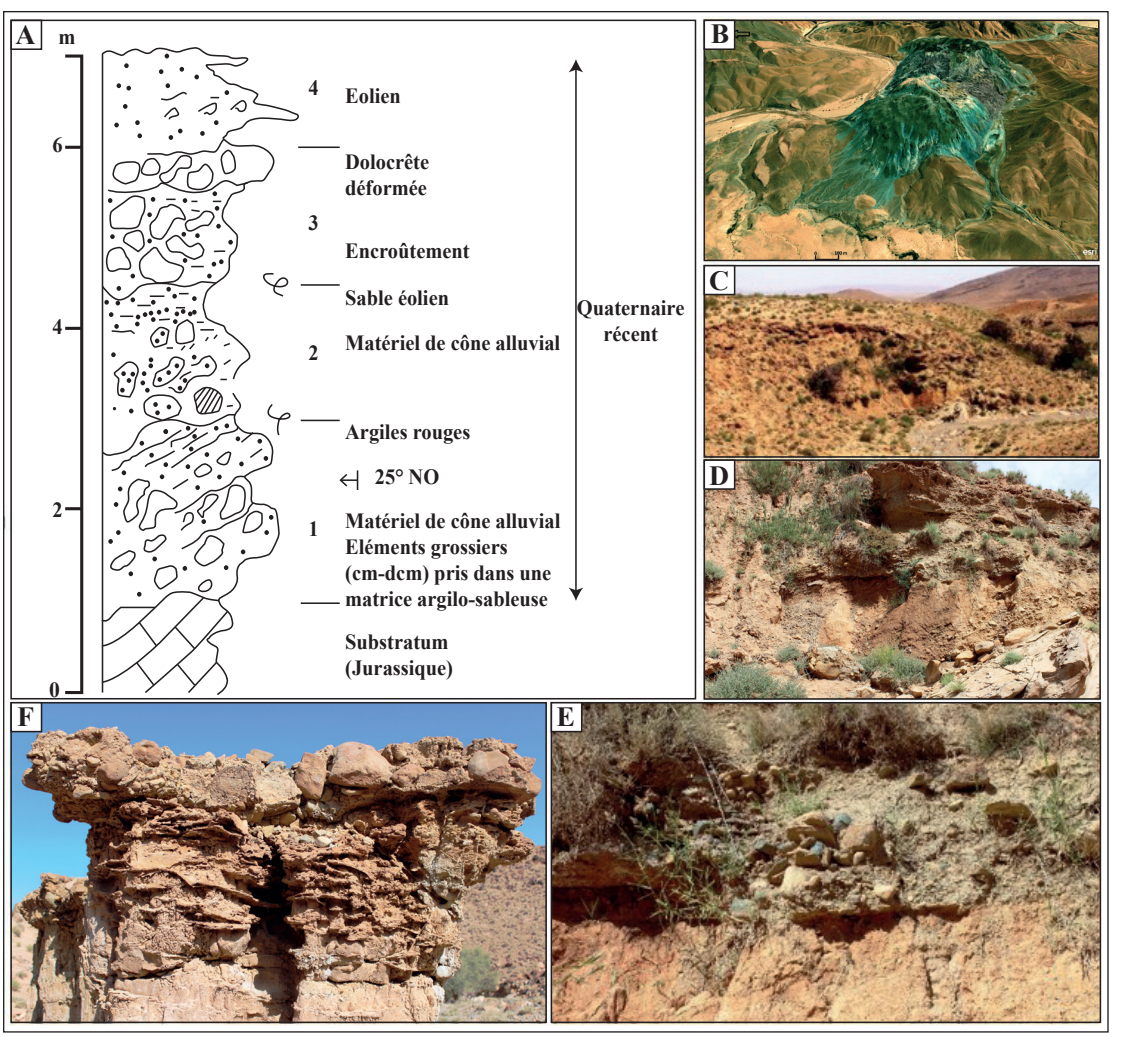


Fig. 21- A) Coupe du Quaternaire récent du Kheng El Melah ; **B)** Image satellite du diapir de Kheng El Melah**. C)** Vue d'ensemble du site ; **D)** Détail de la coupe du Quaternaire récent ; **E)** Membre 2 ; **F)** Fin du membre 2 avec des encroûtements pluriels de type gypscrête.

A) Recent Quaternary cross-section of the Kheng El Melah ; B) Google image of the Kheng el Melah diapir; C) Overall view of the site; D) Detail of the Recent Quaternary cross-section; E) Member 2; F) End of Member 2 with plural gypscrete-type encrustations.

Dans son ascension, il a entrainé en désordre : argiles violines, silts, grès fins, dolomies et roches magmatiques vertes de type ophite.

Ce Quaternaire (ép. : 8m), en raison de sa position topographique, est attribué au Quaternaire récent.

Son substratum est un ensemble gréseux jurassique fracturé, disloqué par l'activité du diapir. Les couches plongent de 40° vers le NNO.

À l'analyse, ce Quaternaire montre 4 membres (fig. 21), des décharges initiées par un ravinement et limitées par une période de stabilité à l'origine de la mise en place de matériel éolien, et d'un développement de croûtes gypseuses.

Ce sont des dépôts de cônes dont le matériel (blocs, galets, argiles, sels, ophites, grès et dolomies) provient pour l'essentiel du diapir, du matériel entrainé dans son ascension et de l'encaissant jurassique.

Le membre 1 (3 m) associe des galets et des blocs dans une matrice argilo-sableuse. Ce sable est fin, un matériel éolien. Des argiles rouges plus ou moins marmorisées sableuses, en forment la suite. Ce membre est basculé de 25° vers le NO en raison d'une reprise de l'activité du diapir.

Le second membre (1,50 m) ravine profondément le précédent. Ce cône se singularise par des roches vertes, des ophites en blocs et des galets. L'activité du diapir a généré un nouveau profil topographique et la remontée en surface des roches vertes, une reprise de la sédimentation. La partie supérieure est formée d'argiles sableuses ocre. De l'éolien clôture ce membre.

Le membre 3 (1,50 m) correspond à un changement de régime avec des nappes gravitaires. Le matériel demeure inchangé : blocs et galets, argiles sableuses. La fin correspond à une période de stabilité au cours de laquelle se développent des encroûtements (dolocrête, gypscrête).

L'analyse de ce Quaternaire récent montre qu'il a enregistré une activité permanente du diapir au cours de cette période. Elle se manifeste par un basculement du membre 1 et à la création de nouvelles pentes topographiques à l'origine du ravinement et des décharges. Le mouvement le plus important s'est produit à la fin du membre 1 qui se retrouve basculé puis érodé.

Sur le plan de la dynamique sédimentaire, les séquences dans une cyclicité comportent :

- un ravinement initiateur ;
- une période de sédimentation où le matériel livré par le diapir évolue avec le temps en fonction de ce qui est ramené en surface ;
- une période de stabilité au cours de laquelle se développent des encroûtements, des paléosols.

Ces observations pourraient éventuellement trouver une explication dans un diapirisme actif et permanent au cours du Pléistocène, se poursuivant à l'Holocène.

Cet évènement serait-il l'expression d'une tectonique quaternaire discrète dans l'Atlas saharien central en raison de son éloignement de la marge nord très active (Meghraoui *et al.,* 2021 ; Bagdi-Issaad, 2021) mais amplifiée ici par le diapirisme qu'elle induit ?

À priori, ceci n'est pas à exclure car les dépôts quaternaires de la région peuvent renfermer des expressions même très discrètes liées au régime transpressif engendré par le

rapprochement des plaques africaine et eurasiatique, notamment pour le Quaternaire ancien. Dans ce dernier, Kazi Tani (1986) signale une phase tectonique dans la région.

Par ailleurs, argumentant dans le même sens :

- Bettahar *et al.* (1996) décrivent dans la région d'El Kohol (Brézina, El Bayadh) une phase de déformation par réactivation de failles, qu'ils attribuent au Plio-Quaternaire.

- Harbi *et al.* (2010) et Yelles-Chaouch *et al.* (2022) rapportent une activité sismique récente dans l'Atlas saharien : Djelfa (2006, Mw=5,1), El Abiod Sidi Cheikh (2009, Md= 5,0), Aflou (2012, Md= 4,9) et Biskra (2016, Mw= 5,2).

Au Maroc, entres autres, sur la bordure nord du Haut Atlas, un jeu décrochant dextre récent génère un chevauchement engageant localement les alluvions quaternaires (Morel *et al.,* 2000).

Des observations récentes (Nedjari *et al.,* 2024a) viennent corroborer cela.

C'est l'ouverture :

- de petits bassins intra-montagneux au Quaternaire récent, tels que la cuvette de Foum Reded ;

- de « bassins de type avant-pays » à l'exemple de celui de Lalmaya, très subsident au cours du Quaternaire ancien avec ses 30 m de dépôts (subsidence tectonique).

Néanmoins, l'origine des déformations quaternaires autour des diapirs de l'Atlas saharien reste à affiner à l'échelle de toute la chaîne.

X- LE QUATERNAIRE AUTOUR DU COMPLEXE TRIASIQUE D'EL KHODOR (EL BAYADH)

La coupe d'El Khodor

Autour du grand complexe diapirique d'El Khodor, dans la localité d'Ain El Orak (figs. 22A, B, C), les dépôts du Quaternaire sont pour l'essentiel des encroûtements peu épais, métriques et déformés.

Plus en détail, les niveaux ayant été observés autour d'El Khodor sont une croûte calcaire (cc) ainsi que des dépôts du Quaternaire récent et de l'Actuel.

Autour de ces diapirs, les dépôts du Quaternaire récent sont posés sur le Trias (fig. 22D, E, F). Ces derniers semblent plissés sous l'effet des mouvements verticaux en relation avec l'ascension du diapir.

Les dépôts holocènes qui recouvrent le Trias sont également perturbés et fortement enrichis en évaporites, leur donnant un aspect plus consolidé (fig. 22G, H).

CONCLUSION

Ces quelques conclusions sont déduites du levé d'une trentaine de coupes dans l'Atlas saharien central et ses confins nord sahariens. Il est par ailleurs, à signaler qu'une série de datations a été entreprise, mais hélas non concluantes en raison du caractère recristallisé des échantillons récoltés.

Ainsi, en l'absence de datations, à l'exception de celle d'El Haouita, le Quaternaire est subdivisé en trois (Quaternaire ancien, Quaternaire moyen et Quaternaire récent), en fonction de sa position topographique.

Il en ressort :

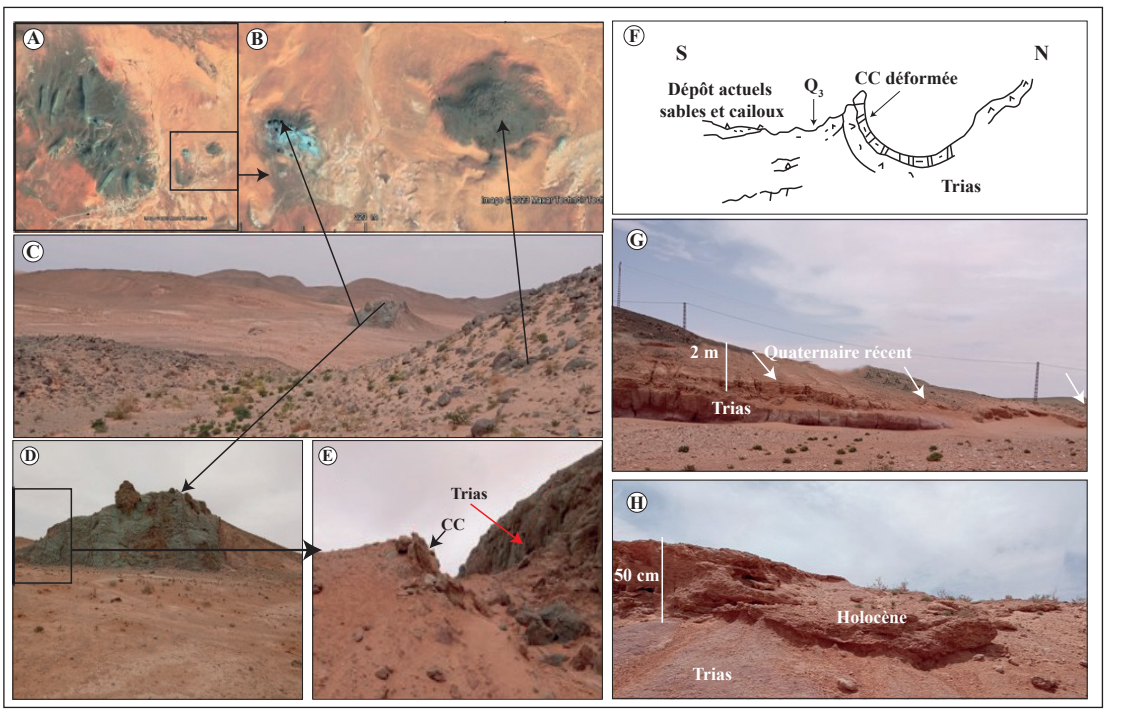


Fig. 22- A et **B)** Image Google Earth ; **C)** Photographie montrant le complexe diapirique d'El Khodor ; **D)** Détail : le Tertiaire sous forme de diapir appartenant au complexe d'El Khodor ; **E)** Au contact des diapirs, **F)** La croûte calcaire (cc) se trouve déformée considérablement ; **G)** Quaternaire récent au contact du Trias ; **H)** Détails des dépôts holocènes au contact du Trias.

A and B) Google Earth images; C) Photograph showing the El Khodor diapir complex; D) Detail: the Tertiary in the form of a diapir belonging to the El Khodor complex E) Contact with diapirs; F) The calcrete (cc) is considerably deformed; G) Recent Quaternary at the Triassic contact; H) Details of Holocene deposits at the Triassic contact.

Tabl. II - Corrélation des épaisseurs (en m) des dépôts quaternaires en fonction de leurs situations à la chaîne. **P.M.N. :** Piedmont nord ; **B.I.M. :** Bassins intra-montagneux ; **P.M.S. :** Piedmont sud ; **Z.Tr. :** Zone de transition ; **D.S. :** Domaine saharien.

Correlation of Quaternary deposit thicknesses (in meters) according to their location in the chain. P.M.N : Northern piedmont; B.I.M : Intra-mountain basins; P.M.S : Southern piedmont; Z.Tr : Transition zone; D.S : Saharan domain.

	P.M.N.	B.I.M.	P.M.S.	Z.Tr.	D.S.
Quaternaire récent	5	15	4	2	1
Quaternaire moyen	4		2	2	5
Quaternaire ancien	20		6	30	8
Total (m)	30	15	12	34	14

- sur le plan de la dynamique sédimentaire : il est mis en œuvre essentiellement des processus pédo-géochimiques dominés par des encroûtements souvent pluriels dans leur nature (gypscrête, calcrête, silcrête parfois) dans une ambiance aride et de passivité relative. Cela est particulièrement vrai pour les confins nord sahariens.

La dynamique active, mettant en place des corps sédimentaires, reste associée aux zones actives :

- celles de l'Accident Sud Atlasique contrôlées par des accidents actifs (cas de Lalmaya) ;
- aux piedmonts nord en raison d'une meilleure humidité à l'origine du fluviatile et de plaines en régime lacustre ;
- aux petits bassins de type « intra-montagneux » actifs et subsidents au Quaternaire récent ;
- les épaisseurs des dépôts quaternaires sont la conséquence des situations et des processus mis en œuvre.

Dans l'ensemble, elles restent modestes, légèrement supérieures à la dizaine de mètres, comparées à celles du Tell, avec 400 m dans le Chelif, 100 m dans le Hodna (Meghraoui *et al.,* 2021), 300 m dans la Mitidja (données de forages ANRH). Soulignant que ces épaisseurs telliennes sont celles enregistrées au sein des synclinaux subsidents. Sur les marges des bassins souvent déformées, plissées et soulevées, les épaisseurs des dépôts quaternaires sont métriques à décamétriques.

Le taux de sédimentation avoisine les 0,004 mm par an, un chiffre comparable à celui des zones cratoniques stables, dominées par des phases passives. Les processus ne sont pas continus mais ponctués de moments de stabilités à paléosols, paléoregs etc., inscrits dans les séquences.

Le schéma d'ensemble

Dans une organisation N-S, dominée par une chaîne de montagne large d'une cinquantaine de kilomètres, le schéma d'ensemble montre (figs. 23, 4) :

- Des piedmonts nord, des glacis peu épais dans un paysage de plaines argileuses à rares chenaux sableux. Elles évoluent en lac puis sebkha. Une légère humidité permet localement l'installation de marécages à matière organique et gastéropodes. La proximité de l'Accident Nord Atlasique est à l'origine parfois d'épaisseurs relativement importantes (30 m).

- Au cœur de la chaîne, sur des accidents, se mettent en place de petits bassins intra- montagneux au cours du Quaternaire récent. Ce sont des cuvettes fermées en régime lacustre, alimentées en sable éolien, évoluant en sebkha (épaisse croûte gypseuse en fin de formation).

- Au sud des reliefs, les piedmonts sud correspondent à des glacis peu épais encroûtés (gypscrête, calcrête), à l'avant desquels peuvent se développer en plaine des faciès argilo-silteux, de l'éolien.

- Dans la zone de transition active et subsidente, la sédimentation est fine, celle d'une plaine argileuse se confinant. Des terrasses conglomératiques clôturent le cycle. Ce couloir (Accident Sud Atlasique) est une limite avec le domaine saharien stable, dominé par des processus pédo-géochimiques, des glacis à méga ooides et paléoregs.

- Un évènement à signaler : l'arrivée massive de l'éolien au Quaternaire récent, bloqué par les reliefs.

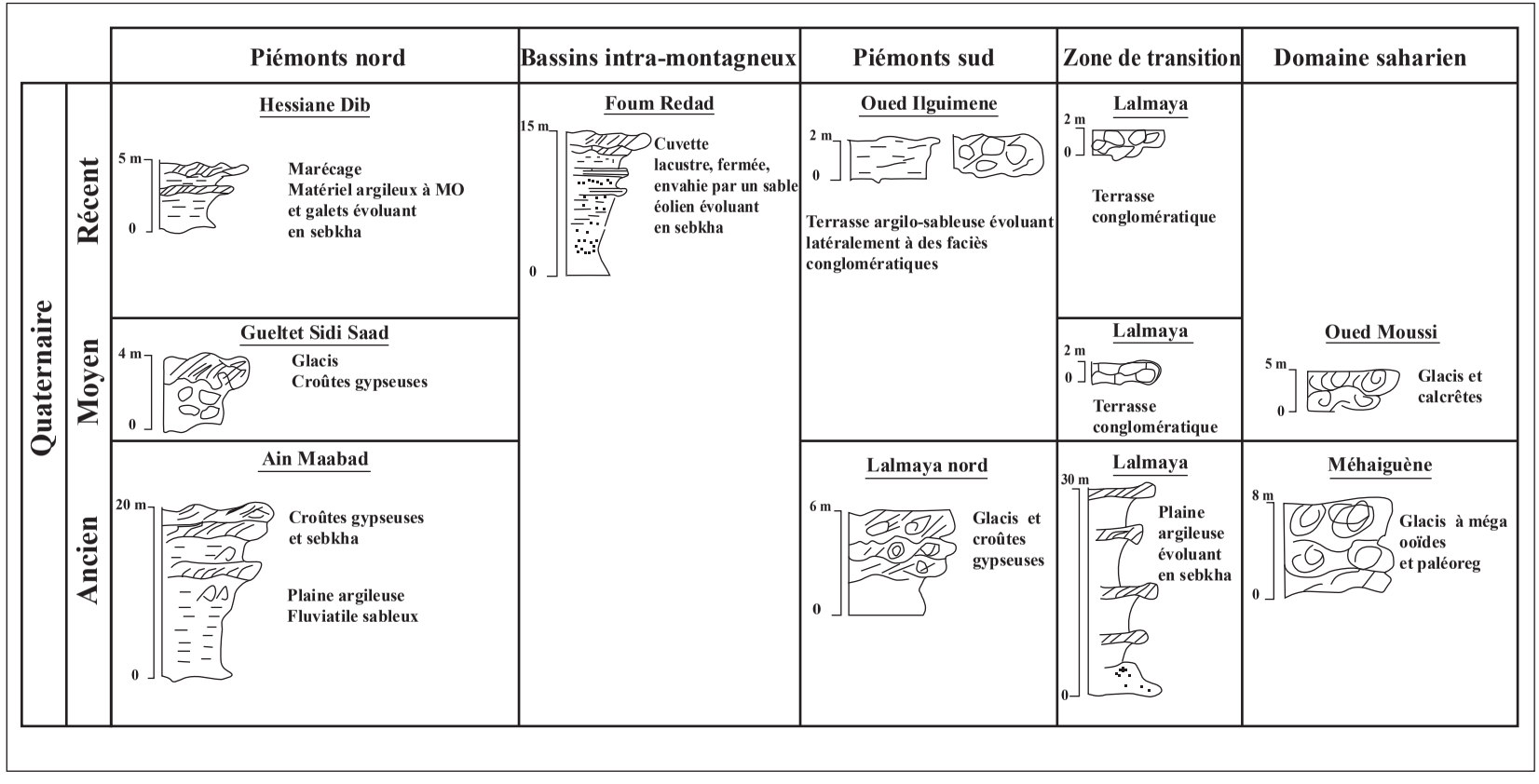


Fig. 23- Quaternaire de l'Atlas saharien central, synthèse des observations

Quaternary of the central Saharan Atlas, summary of observations.

BIBLIOGRAPHIE

Abed, S. 1982. Lithostratigraphie et sédimentologie du Jurassique moyen et supérieur du Djebel Amour (Atlas saharien central, Algérie). *Thèse de Doctorat, Université de Pau et des Pays de l'Adour, Pau (France)*, 242 p.

Ait Ouali, R. 1992. Etude des stades diagénètiques des séries carbonatées du Jurassique terminal des Monts des Aurès et des Oulad Nail. *Thèse de Doctorat, Université de Pau et des Pays de l'Adour, Pau (France)*, 251 p.

Amara, A. et Haddouche, A.-E.-K. 1979. Existence d'un remblaiement Type El Haouita à Boussada (Algerie). Evolution géomorphologique de la région. *Libyca XXVI-XXVII*, pp. 25-36.

Amara, A. et Ferhat, N. 1986. Signification climatique des remblaiements type El Haouita. *Colloque Paléoécologie des régions subsahariennes, Béni Abbès,* 20 au 30 Octobre, pp. 41-51.

Amara, A., Aumassip, G., Ferhat, N. et Haddouche, A.-E.-K. 2002 . Les remblaiements type El Haouita, un exemple de sédimentation ponctuelle en zone désertique. 1er séminaire national de stratigraphie. *Mémoire du Service Géologique de l'Algérie, 11, ORGM*.

Bagdi-Issaad, S. 2021. Géomorphologie tectonique des pli-failles quaternaires du Tell Atlas (Nord de l'Algérie). Modélisation et caractéristiques seismogènes. *Thèse de Doctorat, Université de Strasbourg*, 309 p.

Bettahar, A. 2009. Les accidents majeurs de l'Atlas Saharien Central et les structures associées. *Thèse de Doctorat, USTHB,* 175 p.

Bettahar, A., Habani, H. et Medaouri, M. 1996. Analyse structurale d'un tronçon de l'accident sud atlasique El Kohol (Brézina) Atlas saharien occidental (Algérie). *Bulletin du Service Géologique de l'Algérie*, *vol. 8*, n°1, pp. 81-94.

Boulton, S.-J., Stokes, M., Vandevelde, J. and Mather, A. 2016. When did the Moroccan High Atlas Mountains get high? Constraints on neo-and active tectonics from fluvial geomorphology and palaeoaltimetry. Proceedings of the 7th International INQUA Meeting on Paleoseismology, Active Tectonics and Archeoseismology (J.P. Mc Calpin & C. Gruetzner, eds.).

Boulton, S.-J., Van De Velde, J.-H. and Grimes, S.-T. 2019. Palaeoenvironmental and tectonic significance of Miocene lacustrine and palustrine carbonates (Ait Kandoula Formation) in the Ouarzazate Foreland Basin, Morocco. *Sedimentary Geology*, *383*, pp. 195-215.

Estorges, P. 1963. Remarques sur les croûtes du Piémont saharien. Manuscrit retenu par l'auteur. 6 p.

Estorges, P. 1965. La bordure saharienne du Djebel Amour, étude morphologique. *Trav. Inst. Rech. Sah., t XXIV*, 16 p.

Estorges, P., Aumassip, G. et Dagorne, A., 1969. El Haouita, un exemple de remblaiement fini-Wurmien. *Lybica. XVII*, pp. 53-92.

Estorges, P. 1978. Résumés manuscrits relatifs à un projet d'étude sur le Piémont du Djebel Amour. *Communication.* 53 p.

Galmier, D.1970. Photogéologie de la région d'Ain Sefra (Algérie). *Thèse Sci. Paris*, 320 p.

Guillemot, J. 1984. Notice explicative de la carte géologique de Laghouat à 1/200 000. Inédite. IAP. Alger.

Hachour, K. 2012. Étude stratigraphique et structurale de la région d'El Abiodh Sidi Cheikh; géométrie et cinématique de l'accident sud atlasique (Atlas Saharien Occidental). *Thèse de Magistère, USTHB*, 103 p.

Haddouche, A.-E.-K. 2001. Données nouvelles sur les remblaiements type El Haouita. L'homme du Maghreb et son environnement depuis 100 000 ans. Colloque intern. Maghnia Algérie, 27-30 Novembre 1989. pp. 45-54.

Harbi, A., Peresan, A. and Panza, G.-F., 2010. Seismicity of Eastern Algeria: a revised and extended earthquake catalogue. *Natural hazards*, *54*, pp. 725-747.

Herkat, M. 1982. Lithostratigraphie et sédimentologie des formations carbonatées du Jurassique supérieur des monts des Ouled Naïl et de la terminaison orientale du Djebel Amour (Atlas saharien). *Thèse Doctorat, Univ. Pau*. 387 p.

Herkat, M. 1992. Manifestations diapiriques du Trias dans les séries du Crétacé inférieur de l'Atlas Saharien et des Aurès. *Bull. Serv. Géol. de l'Algérie*. *vol. 3*, n° 1, pp. 15 - 27.

Kazi Tani, N. 1986. Evolution géodynamique de la bordure Nord Africaine. Le domaine intra plaque Nord Algérie. Approche mégaséquentielle. *Thèse Es Sciences, Univ. Pau. (Algérie)*. 2 vol., 870 p.

Kulke, H. 1972. Le rocher de sel de Djelfa (Atlas saharien algérien). Géologie et morphologie . *Bull. Soc. Hist. de l'Afr. du Nord*, pp. 81-134.

Meddah, A. 1998. Etude géologique des appareils diapiriques de l'Atlas saharien occidental (Monts des Ksour). Essai de synthèse sur les diapirs atlasiques. *Thèse de Magistère, USTHB*, 174 p.

Meddah, A. 2010. La province magmatique de l'atlantique central (CAMP) dans le bassin des ksour (atlas saharien occidental, Algérie). *Thèse de Doctorat. Université d'Oran*, 144 p.

Meghraoui, M. 1988. Géologie des zones sismiques du Nord de l'Algérie : paléosismologie, tectonique active et synthèse sismotectonique. *Thèse d'État, Université Paris-11*, 356 p.

Meghraoui, M., Morel, J.-L., Andrieux, J., et Dahmani, M. 1996. Tectonique plio-quaternaire de la chaîne tello-rifaine et de la mer d'Alboran ; une zone complexe de convergence continent-continent. *Bulletin de la Société Géologique de France*, *167* (1), pp. 141-157.

Meghraoui, M., Maouche, S., Chaid-Saoudi, Y., Bagdi-Issaad, S. etb Nedjari, A. 2021. Les caractéristiques du Quaternaire du nord de l'Algérie : apport de la tectonique active, géomorphologie, paléontologie, préhistoire, paléo-climatologie et paléomagnétisme. *Mémoire du Service Géologique de l'Algérie*, *n° 22*, pp. 11-54.

Morel, J.-L., Zouine, E.-M., Andrieux, J. et Faure-Muret, A. 2000. Déformations néogènes et quaternaires de la bordure nord haut atlasique (Maroc) : rôle du socle et conséquences structurales. *Journal of African Earth Sciences*, *Vol. 30*, N° 1, pp.119-131.

Nedjari, A. 2023. Algérie, patrimoine géologique. *Edition de l'Agence du Service Géologique de l'Algérie*, 270 p.

Nedjari, A., Merabet, S. et Chettih, M. 2022. Les remblaiements de type El Haouita revisités (Quaternaire récent, Atlas Saharien Central) : Organisation séquentielle, mécanismes de mises en place, signification

climatique, corrélations avec les cycles de Milankovitch. *Bulletin du Service Géologique de l'Algérie*, *vol.31*, n°1, pp. 99-126.

Nedjari, A., Bagdi-Issaad, S., Chettih, M., Sadi, M., Serkhane, A., Djeddi, R. et Chirak, S. 2024. Les diapirs de l'Atlas Saharien Central (Algérie du Nord), une activité permanente au Quaternaire. *Bulletin du Service Géologique de l'Algérie*.

Perthuisot, V. et Rouvier, H. 1992. Les diapirs du Maghreb central et oriental : des appareils variés, résultant d'une évolution structural et pétrographique complexe. *Bull. Soc. Géol. France*, pp. 751-760.

Sébrier, M., Siame, L., Zouine, E.-M., Winter, T., Missenard, Y. and Leturmy, P. 2006. Active tectonics in the moroccan high atlas. *Comptes Rendus Geoscience*, *338* (1-2), pp. 65-79.

Yelles-Chaouche, A., Aidi, C., Beldjoudi, H., Abacha, I., Chami, A., Boulahia, O., Mohammedi, Y., Chimouni, R., Kherroubi, A., Alilli, A. and Bendjama, H., 2022. The recent seismicity of northern Algeria : the 2006–2020 catalogue. *Mediterranean Geoscience Reviews*, *4* (4), pp. 407-426.