

## Mines et carrières triasico-liasiques de la région de Mohammedia: Inventaire, valorisation et étude d'impact environnemental

### [ The triassic and liassic mines and quarries of Mohammedia area: Inventory, valuation and environmental impact ]

*K. Farki<sup>1</sup>, G. Zahour<sup>1</sup>, Z. Baroudi<sup>1</sup>, S. Alikouss<sup>1</sup>, Y. Zerhouni<sup>1</sup>, H. El Hadi<sup>1</sup>, and M. Darhnani<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Laboratoire de Géologie Appliquée, Géomatique et Environnement,  
Université Hassan II- Casablanca, Faculté des Sciences Ben M'Sik, Casablanca, Morocco

<sup>2</sup>Laboratoire de Dynamique des Bassins Sédimentaires et Corrélations Géologiques,  
Université Hassan II- Casablanca, Faculté des Sciences Ben M'Sik, Casablanca, Morocco

---

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** Along the valley of Oued Mellah and Oued N'fifikh Triassic-Liassic flush a serie rests unconformably on a micaceous sandstones-Cambro-Ordovician basement. The Triassic serie begin with training ferruginous silty sandstones, conglomerate, which succeeds by lower red shales passing basalt flows. These formations are overlain by upper red shales and gypsiferous licks. The whole is capped by Neogene limestones.

Mineral deposits such as salt, clay, gypsum and iron, are genetically related to detrital formations of Liassic and Triassic age. The origins of the mineralization will be discussed. The use of some sites such as quarries clay raises many problems that affect both safety and public health and the quality of the environment and landscape. Redevelopment projects have been proposed.

**KEYWORDS:** Mines and quarries, Trias, Lias, rehabilitation.

**RESUME:** Le long de la vallée de l'Oued Mellah et l'Oued N'Fifikh affleure une série triasico-liasique qui repose en discordance sur un socle grès-micacé cambro-ordovicien et qui est coiffé par des calcaires du Néogène. La série triasique commence par une formation silto-grès-conglomératique ferrugineuse, qui se succède par des argilites rouges inférieures passant à des coulées basaltiques. Ces formations sont surmontées par des argilites rouges supérieures salifères et gypsifères d'âge liasique probable.

Des gîtes minéraux comme le sel, l'argile, le gypse et le fer, sont génétiquement liés aux formations détritiques d'âge triasique et liasique. Les origines de ces minéralisations seront discutées. L'exploitation de certains sites notamment les carrières d'argiles soulève de nombreux problèmes qui portent atteinte aussi bien à la sécurité et la santé publique qu'à la qualité de l'environnement et du paysage. Des projets de réaménagement ont été proposés.

**MOTS-CLEFS:** Mines et carrières, Trias, Lias, rehabilitation.

## 1 INTRODUCTION

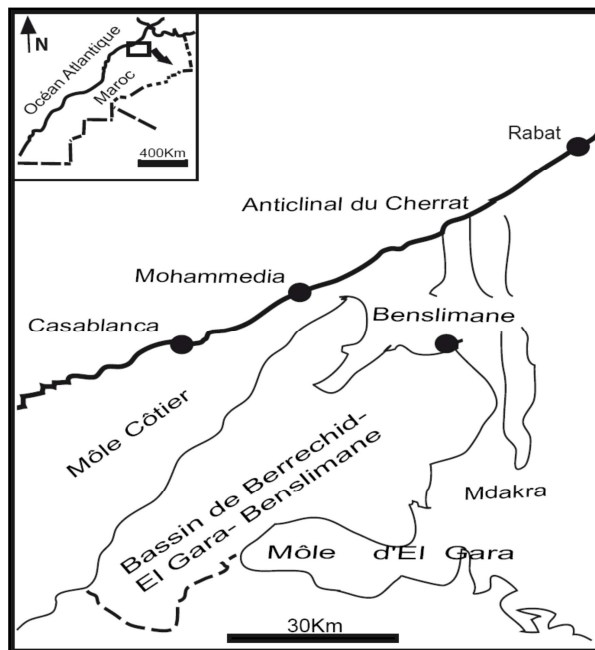
A la surface de la région de Mohammedia (Maroc) affleure une série de bourrelets dunaires creusés par l'écoulement des deux principaux Oueds de la région à savoir l'Oued N'Fifikh et l'Oued Mellah. Des dépressions locales « Daya » sont rencontrées dans différents endroits du secteur.

La transplantation continue de la population rurale et urbaine engendrée par le développement industriel lui a permis d'avoir une infrastructure importante. Ceci nécessite un besoin énorme en matériaux de constructions et minerais, ce qui conduit à l'ouverture de nombreuses carrières et mines dans la région pour répondre à ces besoins.

Ces différentes carrières et mines, portent atteinte à l'environnement et à la sécurité publique. Ainsi, la richesse agricole et hydraulique de Mohammedia semble désormais menacée. Le développement durable et environnemental impose que tous ces sites doivent subir une réhabilitation après l'exploitation.

## 2 CADRE GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE DE LA RÉGION DE MOHAMMEDIA

La région de Mohammedia, objet de cette étude, appartient au bassin de Berrechid-El Gara-Benslimane (Fig. 1). Ce dernier, se situe à l'Est de Casablanca et s'étend depuis le sud des villes de Mohammedia et Benslimane, sur une bande de direction NE-SW, d'une longueur d'une cinquantaine de Km et d'une largeur d'une trentaine de Km.



**Fig. 1: Situation géographique du Bassin de Berrechid-El Gara-Benslimane**

Le bassin de Berrechid-El Gara-Ben Slimane (Fig. 1) occupe la partie NW de la Meseta nord-occidentale, et il est étroitement lié à la marge continentale ouest marocaine. Cette liaison se traduit par sa proximité et son parallélisme à l'Atlantique, et par la réactivité d'anciennes failles subméridiennes [1], créant ainsi une vaste dépression peu profonde qui semble relever d'une structure en demi-grabens de direction NNE-SSW à NE-SW, dont la disposition hérite les directions des structures majeures hercyniennes [2]. L'ouverture et le remplissage de ces rifts encaissés dans les reliefs paléozoïques de la Meseta nord-occidentale, étaient contrôlés par des failles normales synsédimentaires et des failles bordières majeures qui sont manifestement liées à la réactivation d'accidents sub-méridiens hérités.

Le long des Oued Mellah et N'Fifikh affleurent des formations triasico-liasiques (Fig. 2) qui renferment des substances utiles variées (Fer, Gypse, Sel et Argiles). Elles recouvrent en discordance le socle grès-micacé cambro-ordovicien et sont coiffés par des calcaires néogènes. Le Trias montre à la base des roches argilo-grès-conglomératiques localement ferrugineuses, lesquelles sont surmontées par laves basiques [3], [4], [5], [6], [7], [8]. Les basaltes sont surmontés par des siltites et argilites supérieures évaporitiques d'âge vraisemblablement liasique [9].

Il convient de noter qu'à l'échelle de la Meseta, les datations radiométriques des laves basaltiques mésozoïques ont donné des âges qui correspondraient au Trias supérieur (180-200 Ma) [10], ce qui concorde parfaitement avec ce nouveau résultat.

Ce travail consiste à établir l'inventaire, la valorisation des ressources minérales de la région de Mohammedia, de soulever les problèmes liés à l'exploitation de certains sites classés et leurs impacts environnementaux notamment les carrières d'argiles, et de proposer des solutions de réhabilitation de ces sites pour un meilleur développement durable.

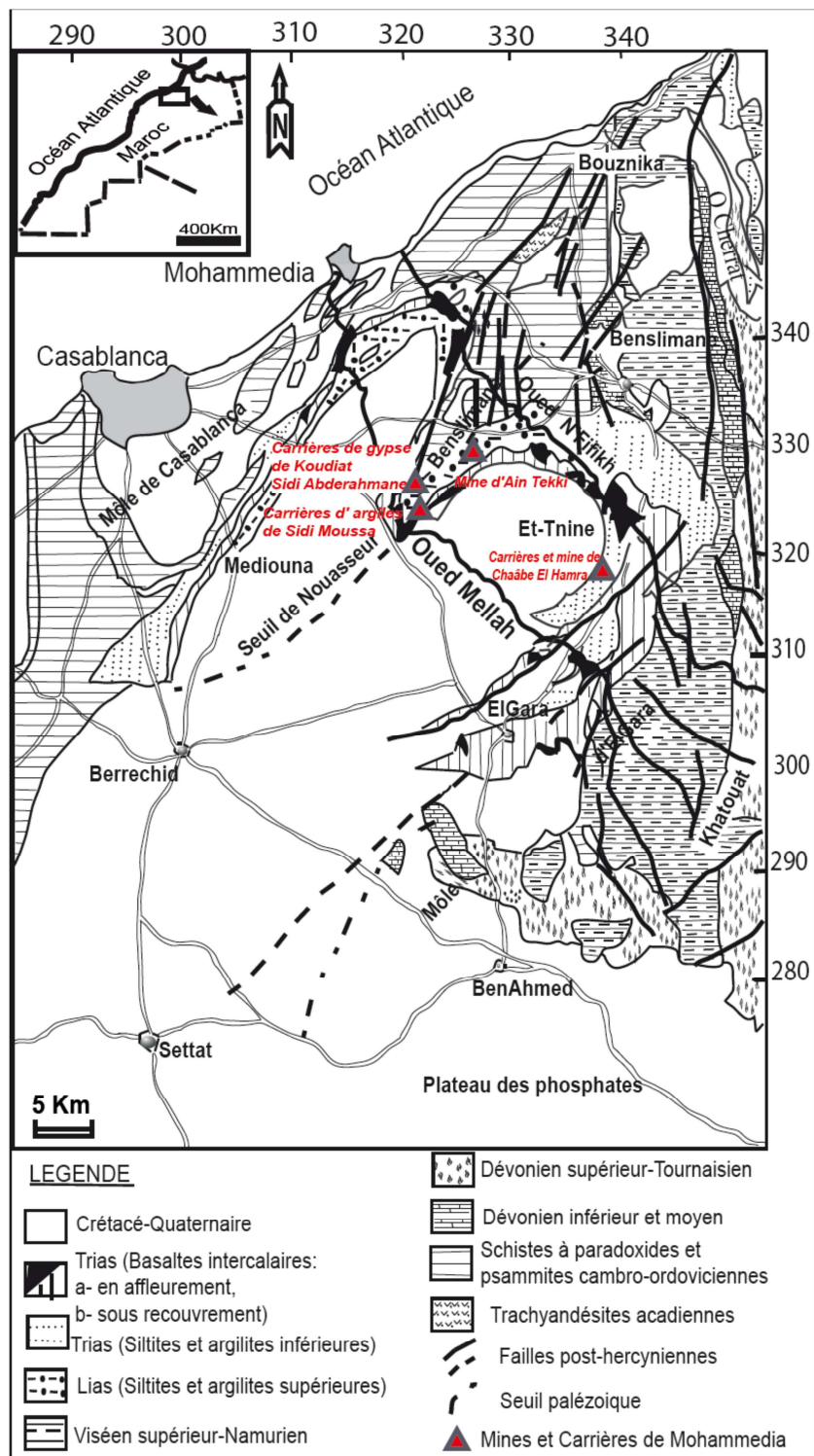


Fig. 2: Schéma géologique et traits structuraux de la région étudiée et implantation des mines et carrières

### 3 MINES ET CARRIÈRES DE LA RÉGION DE MOHAMMEDIA

#### 3.1 INTRODUCTION

De nombreuses minéralisations (Fig. 2) sont associées aux formations détritiques triasiques et liasiques de Mohammédia (sel, gypse, fer, argiles). Les sites du fer et du gypse sont abandonnés, alors que ceux du sel et des argiles sont encore exploitation. Ces gisements figurent principalement tout au long de l'Oued N'Fifikh et de l'Oued Mellah. On peut citer, entre autres :

- La mine de fer de Chaâba El Hamra (Oued N'Fifikh) ;
- Les évaporites qui regroupent la mine de sel d'Ain Tekki (Ain Tekki) et les galeries de Gypse de Koudiat Sidi Abderrahmane (Oued Mellah) ;
- Les carrières d'argiles de Chaâba El Hamra (Oued N'Fifikh) et de Sidi Moussa Ben Ali (Oued Mellah).

La succession lithologique rencontrée au niveau de ces oueds, comprend un socle cambro-ordovicien grès-micacé et une couverture constituée successivement de la base vers le sommet :

- Trias : il comprend plusieurs ensembles lithologiques :

i) Un ensemble silto-grès-conglomératique minéralisé en fer (Chaâba El Hamra) ;

ii) Des siltites et argilites inférieures où est implantée la carrière d'argile de Chaâba El Hamra ;

iii) Des épanchements basaltiques très altérées, de coloration verdâtre qui se caractérisent par la présence de vacuoles. La structure vacuolaire de ces basaltes a favorisé un remplissage secondaire, de nature calcique, quartzitique ferrugineuse, certainement lié à un hydrothermalisme tardi-magmatique.

- Lias : il est constitué successivement par :

i) Des siltites et argilites supérieures liasiques qui renferment le sel gemme d'Ain Tekki et les gisements abandonnés de gypse et carrières d'argiles de Koudiat Sidi Abderrahmane ;

ii) Des marnes à gypse du Crétacé qui affleurent uniquement à Ain Tekki. Elles sont vertes, à passées anhydritiques gris verdâtres et d'argilites brunes gypsifères à la base. Au sommet, ces marnes deviennent plus fines et présentent des couleurs rouges brunes et bariolées. Leur épaisseur est inférieure à 40m.

- Néogène : il s'agit de calcaires transgressifs, de couleur blanche, sa base est soulignée par des des niveaux conglomératiques. Ces derniers, de nature quartzitique et gréseuse, sont légèrement imbriqués. La matrice est carbonatée et abondante. La formation carbonatée est discordante sur la série liasique.

#### 3.2 INDICES FERRIFERES TRIASIQUES DE L'OUED N'FIFIKH

##### 3.2.1 ETUDE GEOLOGIQUE

Les minéralisations ferrifères de Chaâba El Hamra (Fig. 2, 3, 4) sont encaissées dans la série silto-grès-conglomératique du Trias. La coupe réalisée au niveau de Chaâba El Hamra (Fig. 2, 3, 4) montre de la base vers le sommet :

- Des schistes micacés du Cambro-ordovicien, recouverts en discordance angulaire par les formations triasiques;

- Un ensemble silto-grès-conglomératique d'environ 20 m de puissance, il contient la minéralisation ferrifère de Chaâba El Hamra [5], [7]. Ils sont constitués par :

- Des conglomérats polygéniques, de couleur rougeâtre de 10m d'épaisseur. Ils sont constitués d'éléments anguleux hétérométriques ( $d < 5\text{cm}$ ) et représentés essentiellement par des fragments de psammites du cambro-ordovicien sous-jacent. Ces éléments sont jointifs et baignent dans une matrice carbonatée. Les éléments figurés présentent un granoclassement positif. Ces conglomérats sont ferrugineux et recoupés par des filonets sub-verticaux d'hématites d'épaisseur comprise entre 0.5 et 10cm et de direction NS à N30°. Les niveaux conglomératiques sont orientés N50° et présentent un pendage faible de 5° vers le NW ;

- Une alternance des niveaux hématitisés inframétriques de siltites et de grès (10 m).



- Des siltites et argilites inférieures : elles sont rougeâtres avec une puissance d'environ 40 mètres d'âge vraisemblablement triasique. Cette série est actuellement exploitée pour la fabrication des céramiques «carrières de Chaâba El Hamra» [6], [7] ;
- Des successions de basaltes vacuolaires très altérés (< 20m) de couleur gris-vert sur patine. Les vacuoles sont remplies tardivement de quartz et/ou de calcite. Ils sont parcourus par de nombreux filonets de quartz et/ou calcite. Ces roches volcaniques sont attribuées au Trias.
- Des calcaires blanchâtres d'âge probablement Néogène décrit ci-dessus.

L'ensemble des formations ci-dessus est recoupé par la faille verticale de Chaâba El Hamra et présente une direction NS à N 25 et un faible pendage de l'ordre de 10 à 15° vers l'Ouest à WNW.

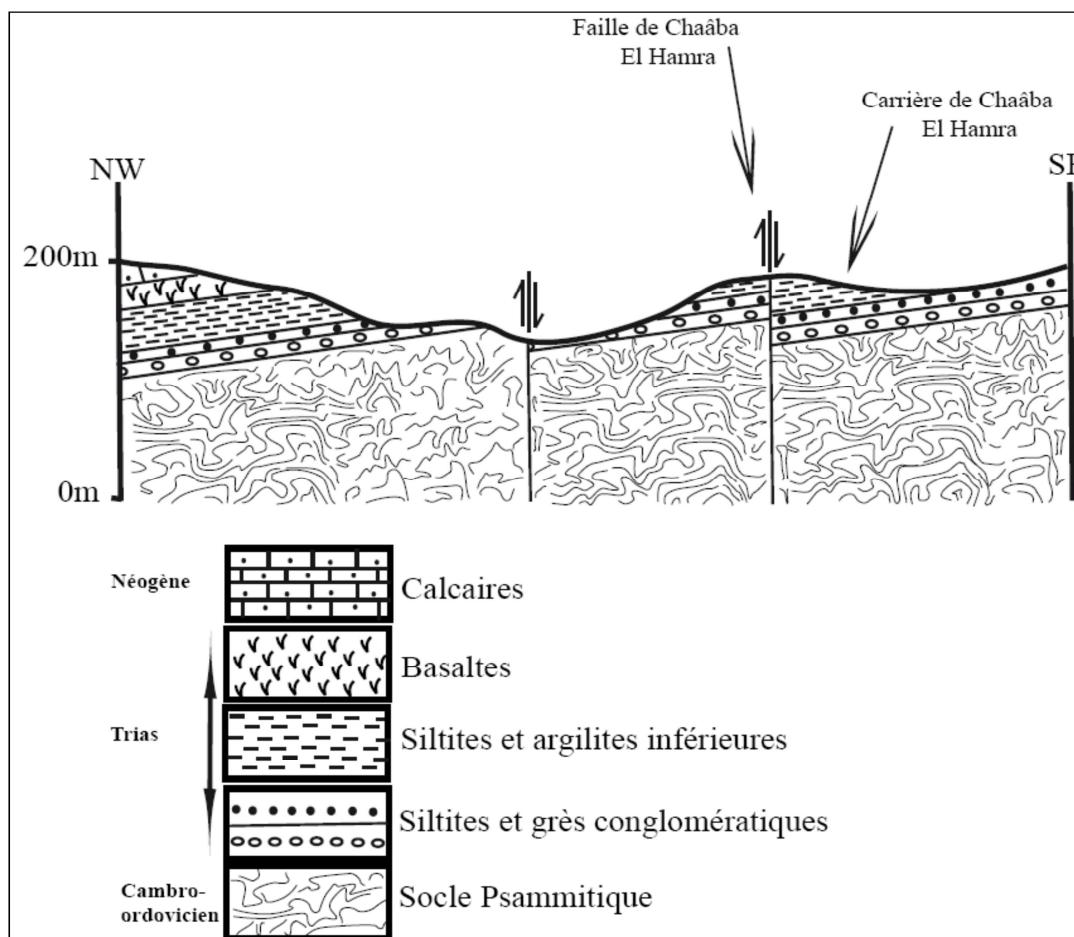


Fig. 3 : Coupe géologique dans le secteur de Chaâba El Hamra [7]

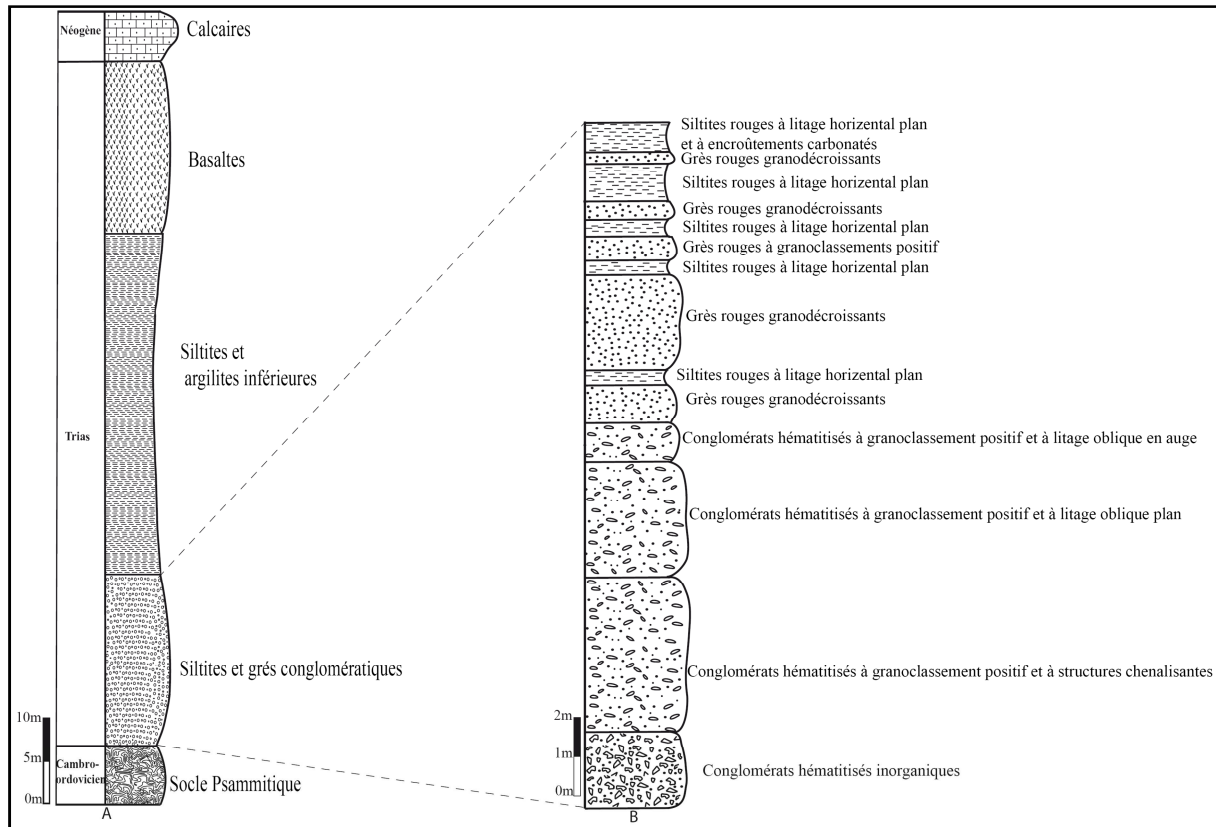


Fig. 4: A : Colonne lithostratigraphique de Chaâba El Hamra, B : Formation silto-grèso-conglomératique ferrugineuse [7]

### 3.2.2 DESCRIPTION DES FACIES FERRUGINEUX DE CHAABA EL HAMRA

L'analyse détaillée des corps minéralisés permet de mettre en évidence deux types de minéralisations ferrifères associés à cette formation :

- Une minéralisation ferrifère granulaire (Photo. 1A et B) : Il s'agit d'une minéralisation disséminée, de substitution, dont les oxydes de fer envahissent progressivement aussi bien les éléments figurés que le ciment des faciès détritiques de la série silto-grèso-conglomératique triasique.
- Une minéralisation hydrothermale (photo. 2) : Elle correspond à des filonets discontinus (photo. 2A) d'extension métrique et d'épaisseur centimétrique à décimétrique. Ils remplissent les directions NS à NNE-SSW conforme à la structuration locale et régionale matérialisées par la faille de Chaâba El Hamra de direction NS à NNE.

Au niveau des filonets (Photo. 2), l'hématite peut montrer deux types de faciès, massive (photo. 2B) ou concrétionnée (ou mamelonnée) (photo. 2C). Certains filonets exhibent deux faciès hématitiques, l'un massif tapissant les épontes et l'autre concrétionné au cœur (Fig. 5).

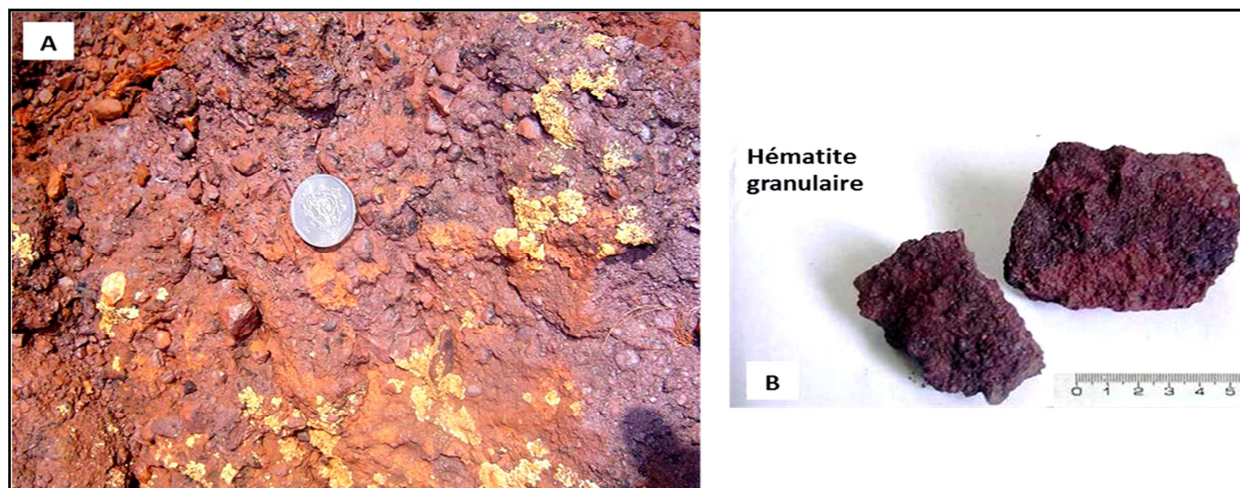


Photo. 1 : Photo d'hématite granulaire (A : Formation silto- grès-conglomératique hématitisée, B : Minéralisation ferrifère granulaire)

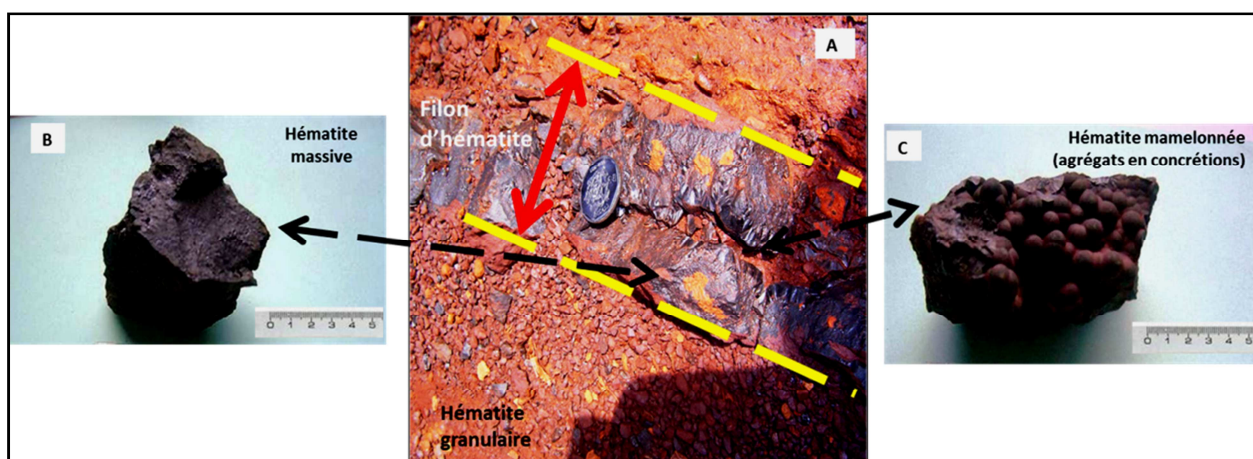


Photo. 2: Différents faciès de minéralisation ferrifère filonienne de Chaâba El Hamra A : Filon d'hématite, B : Hématite massive, C : Hématite concrétionnée)

### 3.2.3 ORIGINE ET MISE EN PLACE DE LA MINERALISATION

Sur le terrain, la relation spatiale entre les deux types de minéralisation montre que les filons d'hématites recoupent les hématites granulaires (Photo. 2A). Ces minéralisations ferrugineuses pourraient donc être le résultat de deux ensembles métallogéniques différents mis en place en deux phases.

La minéralisation granulaire correspondrait à une phase précoce probablement diagénétique représentée essentiellement par de l'hématite granulaire. Elle est liée à l'évolution sédimentaire, tectonique et paléogéographique du Trias. Les formations silto-grès-conglomératiques qui encaissent la minéralisation caractérisent un milieu fluviatile torrentiel qui devient de plus en plus calme [7]. Elles traduisent l'arrivée de grandes masses alluviales déposées. Ces alluviaux sont transportés après érosion des formations paléozoïques avoisinantes. La minéralisation ferrifère granulaire proviendrait vraisemblablement de l'érosion et du lessivage des formations paléozoïques en l'occurrence les grès ferrugineux de l'Ordovicien [11] et/ou dans les basaltes ordoviciens de la Meseta occidentale en l'occurrence ceux de l'Oued Ghebbar, comme en témoigne la présence de fragments de roches volcaniques basiques dans cet ensemble.

Le second épisode tardif, est du type filonien. Il est contrôlé par les failles qui sont orientées parallèlement aux structures tectoniques régionales tardi-hercyniennes, de direction subméridienne à NNE-SSW. L'analyse détaillée des corps minéralisés permet de mettre en évidence une relation entre les phases tectoniques cassantes et les minéralisations filoniennes. Il est

probable que ces dernières ont précipité au cours d'une phase extensive E-W à NW-SE apparemment d'âge fini à post-triasique. Le scénario probable du dépôt de la minéralisation, se présenterait comme suit :

- Une première génération d'hématite massive développée dans un contexte extensif au niveau des filons subméridiens à NNE-SSW. Elle marque des zones à ouverture relativement constantes ;
- Une deuxième venue, liée également à la phase extensive, responsable de l'ouverture des filons permettant ainsi le dépôt de l'hématite mamelonnée. Cette phase permet la remontée des fluides profonds vers la couverture à travers les failles, lors de l'ouverture du système, lessivant les grès micacés cambro-ordoviciens ferrifères de la région.

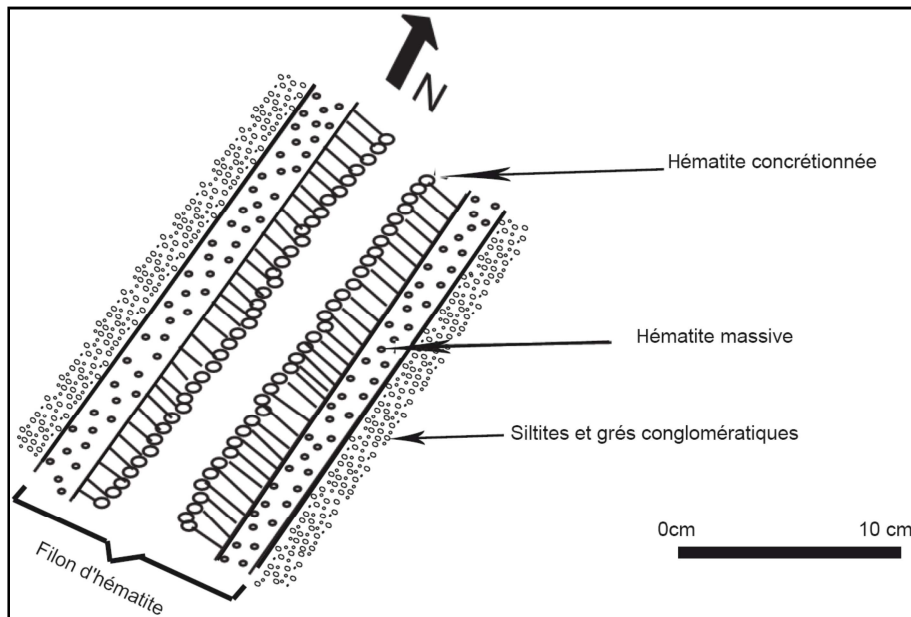


Fig. 5: Schéma de remplissage filonien par l'hématite massive et concrétionnée

### 3.3 EVAPORITES

#### 3.3.1 MINE DE SEL D'AIN TEKKI

##### 3.3.1.1 ETUDE GÉOLOGIQUE

La mine de sel d'Ain Tekki est située à 12 km au Sud-Est de la ville de Mohammedia et à 23 km de la ville de Casablanca (Fig. 2) dans le village d'Ain Tekki. Elle représente la plus grande mine de sel gemme au Maroc et elle est exploitée par la Société de Sel de Mohammedia « S.S.M. ». Cette mine est en activité depuis mars 1974. Le sel (ph. 3 a) est encaissé dans les argillites liasiques qui s'étendent sur 80 km, de Berrechid à Mohammedia.

La coupe réalisée au niveau d'Ain Tekki (Fig. 6), permet d'établir la succession lithologique suivante [12] :

- Basaltes triasiques : ils correspondent au même faciès que celui décrit à Oued N'Fifikh et Oued Mellah et sont formés d'une succession de coulées à sommet de laves vacuolaires généralement massives, altérés et fracturés ;
- siltites et argillites supérieures salifères liasiques : cette série est exploitée par la Mine de Sel de Mohammedia. Elle est représentée par des argillites riches en anhydrites (6m), sel gemme (60m), sel pélitique (50m) et des siltites et argillites supérieures (100m). La mine renferme plusieurs types de sel, cette différenciation est liée à la couleur et le degré de pureté. On peut distinguer quatre types de sel : sel lité, polygonal, moucheté et pur ;
- marnes à gypse du Crétacé : il s'agit de roches vertes à passées anhydritiques gris verdâtres et d'argillites brune gypsifères à la base, devenant plus fines, de couleur rouge brune et bariolées au sommet. Leur épaisseur est de l'ordre de 40m ;
- calcaires du Néogène : c'est l'équivalent à ceux décrits précédemment à l'Oued N'Fifikh et l'Oued Mellah.



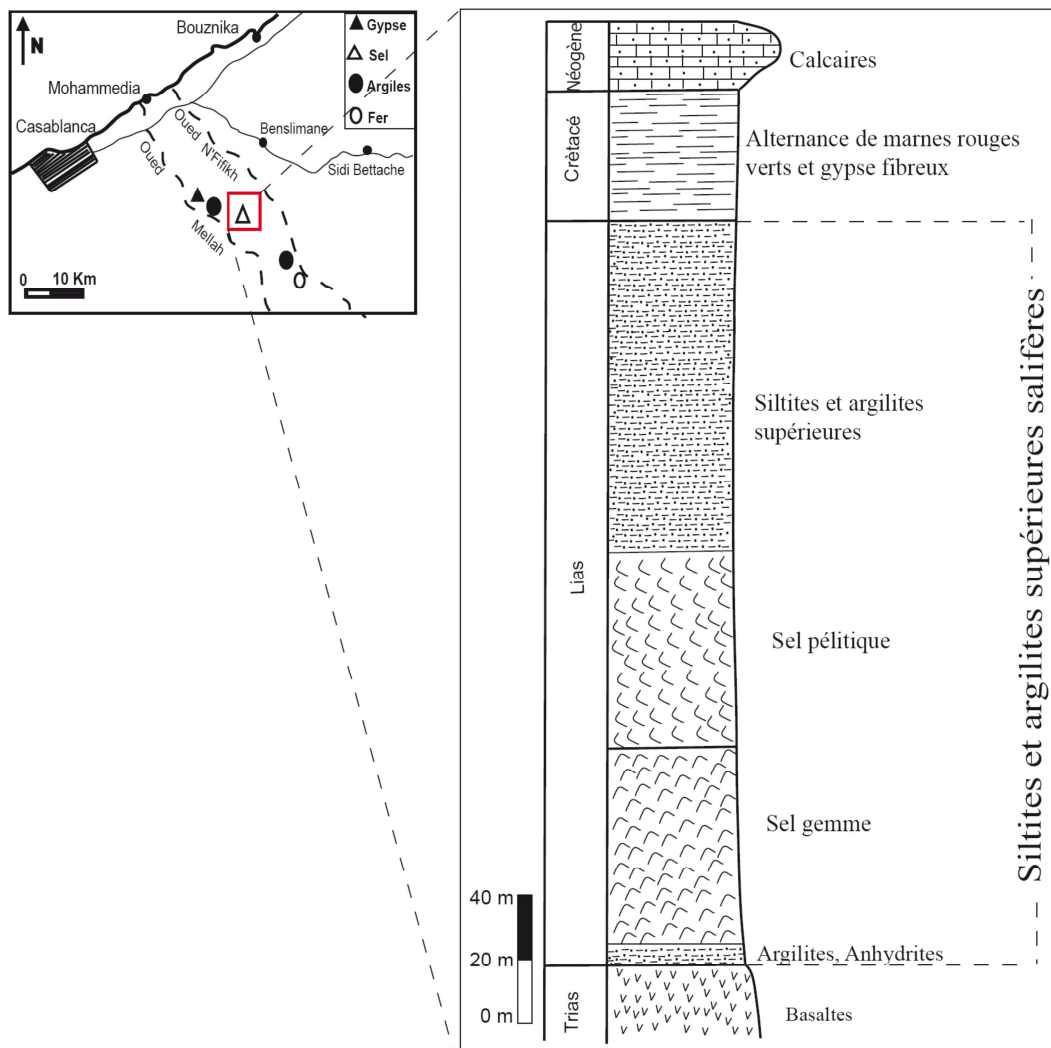


Fig. 6: Colonne lithostratigraphique d'Ain Tekki

### 3.3.1.2 ENVIRONNEMENT DE DEPOT ET PROCESSUS DE GENESE

Les faciès rencontrés dans les faciès évaporitiques du bassin de Berrechid-El Gara-Benslimane sont formés par du sel pélitique, lité et clastique [12]. Ces dépôts sont marqués par leur précipitation en couches laminées, dans un milieu de dépôt hypersalé et de faible profondeur.

Les évaporites prenaient naissance dans les sous bassins de Médiouna-Sidi Larbi, Berrechid-El Gara et Benslimane suite à la circulation de saumures dans ces zones subsidentes, qui sont séparées les unes des autres par des niveaux hauts et stériles (Fig. 7).

En outre, l'étude géochimique de ces dépôts [13], [14] a montré leur origine marine à laquelle contribuaient des sources continentales, ce qui laisse supposer que ces faciès typiquement laminés, suggèrent une sédimentation à partir de saumures dont la chimie change périodiquement. En fait, ils sont régis par l'alternance des phases de dessalure et de phases de concentration des saumures, dépendant directement du budget hydrologique sous contrôle climatique.

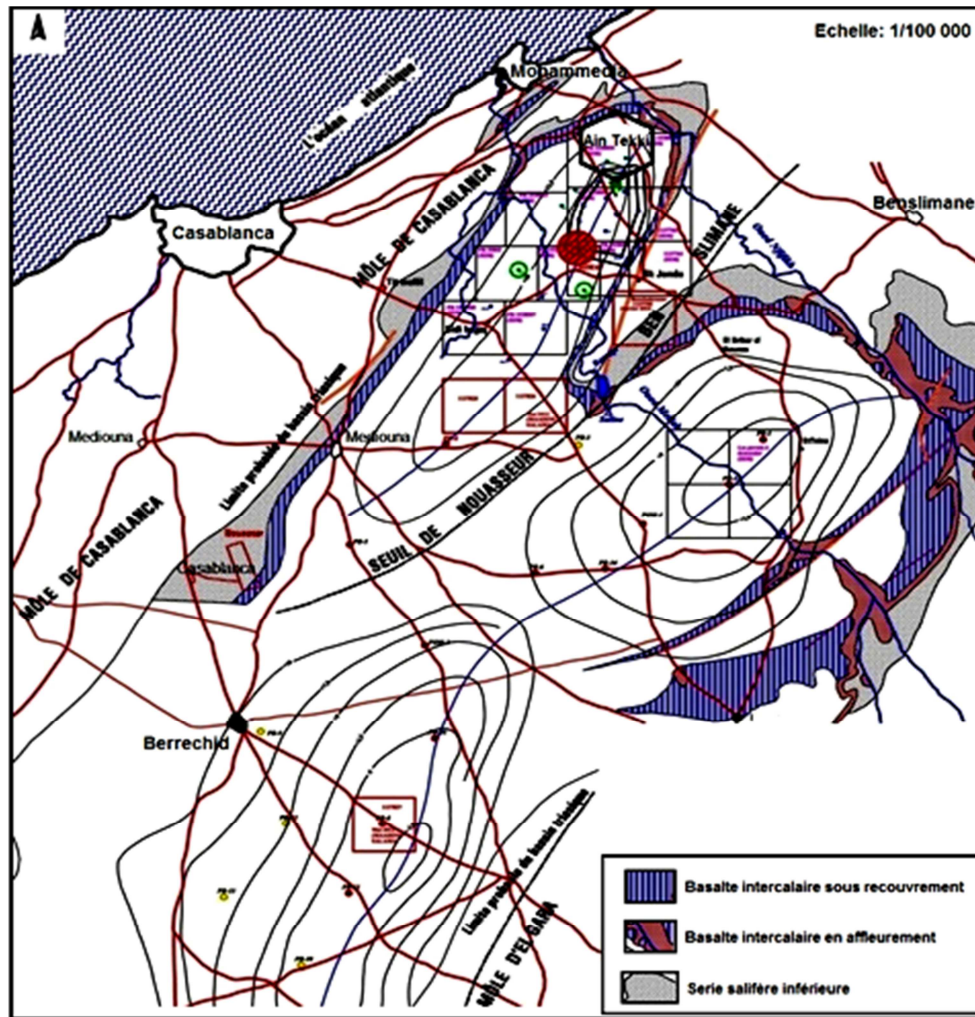


Fig. 7: Bassin triasico-liasique de Berrechid-Benslimane-El Gara

Les couches rouges évaporitiques du début du Mésozoïque sont formées au cours du rifting triasico-liasique du Pangea. Elles affleurent sur une grande partie du Nord du Maroc et forment le remplissage sédimentaire de plusieurs bassins partiellement démembrés par l'orogénèse alpine. Ces bassins, dont la paléo-latitude du début du Jurassique, étaient centrés autour de 23°N et ont connu des périodes d'aridité marquées par la formation de faciès désertiques et évaporitiques (principalement du sel) [15], [16].

Les associations de faciès rencontrés dans les dépôts évaporitiques à la base du Mésozoïque révèlent quatre grands types d'environnements : Sebkhia côtière, lac salé pérenne (plus ou moins isolé de la mer), lac salé éphémère et vasière salée [15], [16].

La teneur en Bore des argilites évaporitiques est de l'ordre de 300 ppm suggère une origine marine et l'existence d'une association de grains de pollens témoignant d'une influence continentale [14].

L'étude de la géométrie des dépôts et l'analyse de ces faciès dans les bassins d'Argana, Essaouira, Khémisset, Berrechid, Boufekrane et Prérif, montrent que globalement la tranche d'eau est restée peu profonde voire nulle pendant la sédimentation [15], [16]. Nous admettons que dans le cas des dépôts évaporitiques du début du Mésozoïque, le confinement semble être plutôt d'origine hydrochimique alors que le piégeage du sel serait lié localement aux rejeux des failles héritées au cours de l'ouverture de l'Atlantique Central.

L'ensemble de ces faciès possède donc des caractères sédimentologiques et hydrodynamiques qui nous permettent de les associer à un système de dépression à saumures libres.

### 3.3.2 GALERIE DE GYPSE DE KOUDIAT SIDI ABDERAHMANE

#### 3.3.2.1 APERÇU GEOLOGIQUE

Les anciennes exploitations de gypse (ph. 3 b : A) sont encaissés et intercalés dans les siltites et argilites liasiques de l'Oued Mellah. La succession lithologique du secteur de Sidi Abderrahmane (Fig. 2) montre de la base vers le sommet [6], [7] (Fig. 2, 8 A et B) (Ph. 3b) :

- Des basaltes triasiques montrent une couleur verte et un degré d'altération très avancé. La structure vacuolaire de ces basaltes a favorisé un remplissage secondaire (quartz/calcite) certainement liés à un hydrothermalisme tardi-magmatique ;
- Des siltites et argilites évaporitiques supérieures ( $\approx 50\text{m}$ ) du Lias, il s'agit d'une alternance d'argilites rouges, grès fins, marnes grises à bleues, siltites rouges, gypses et anhydrites (faciès silteux et argileux évaporitiques). Le gypse fibreux (Ph. 3b : B, C) se présente sous forme laminé est scindé en deux unités lithologiques ; (i) unité inférieure formée de petits faisceaux millimétriques à centimétriques et (ii) unité supérieure formée de grands faisceaux centimétriques à décimétriques recoupées par des filons subverticaux. Signalons au passage que ces formations ont été attribuées au Trias [3].

Les études micropaléontologiques récentes effectuées sur ces argilites suprabasaltiques ont permis de mettre en évidence une association des kystes de dinoflagellés dominée par deux genres : *Nannoceratopsis*, et *Pareodinia* et les espèces *Ctenodinium sellwoodii*, *Bradleyella adela*, *Mancodinium semitabulatum*, *Nannoceratopsis pellucida* et *Pareodinia ceratophora* qui caractérisent l'intervalle de temps Toarcien supérieur-Bajocien inférieur [9] ;

- calcaires du Néogène : c'est l'équivalent à ceux décrits précédemment.



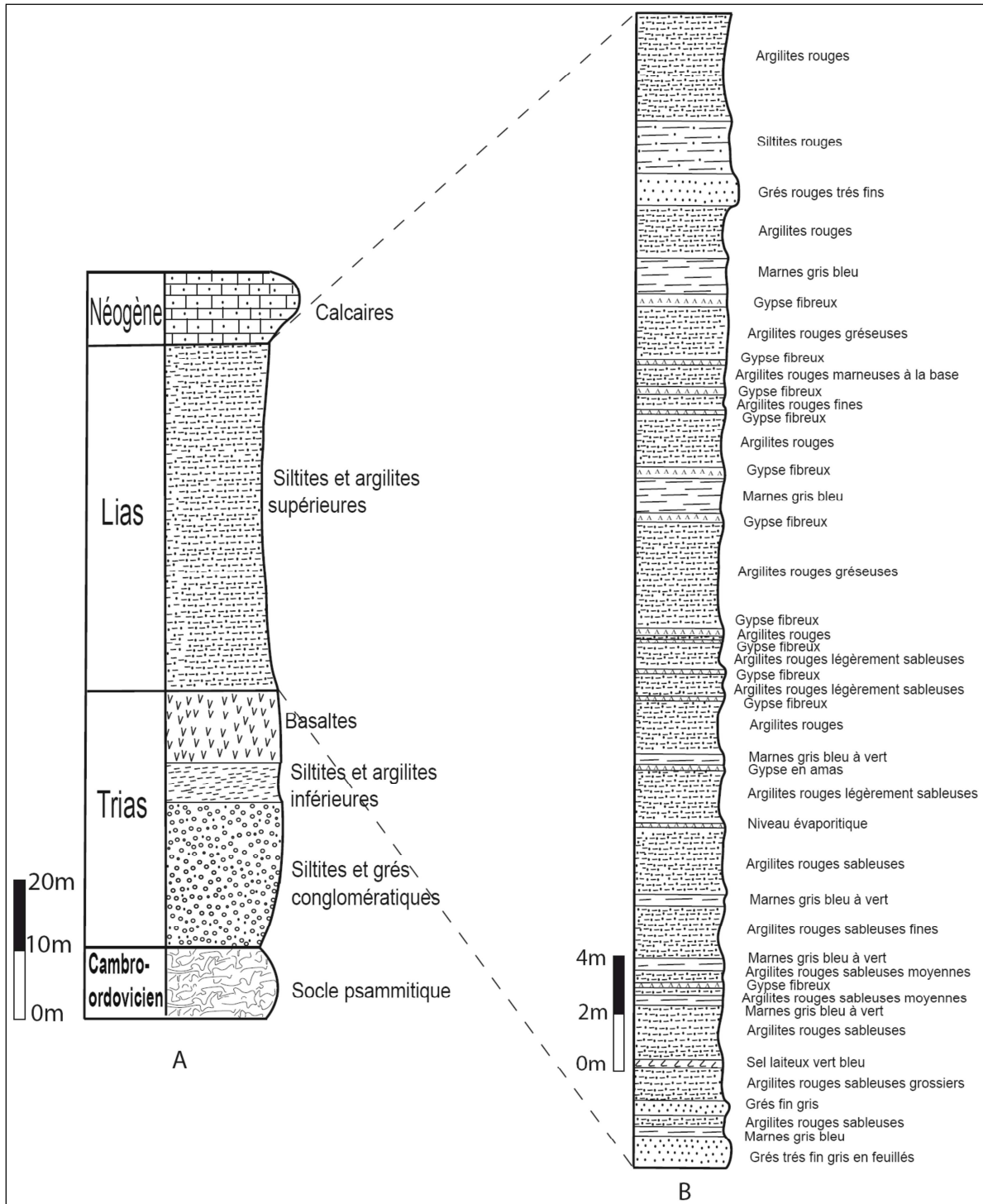


Fig. 8: A : Les différentes unités lithologique de l’Oued Mellah, B : Succession lithologique de Koudiat Sidi Abderahmane

3.3.2.2 DONNEES SEDIMENTOLOGIQUES ET INTERPRETATION DU MILIEU

Le détail de la formation des siltites et argilites supérieures au niveau de Koudiat Sidi Abderahmane (Fig. 8 B) montre des intercalations de niveaux (20 à 50 cm) gypsifères. Le niveau de sel lité qui alterne avec des passées argileux brunâtres, présente des figures diagénétiques en chevrons, formées de cristaux en pyramides creuses appelé « hopper crystals » qui prennent naissance à l’interface saumure-aire et s’associent en « rafts » [17].

La présence des sédiments sableux et argileux caractérisent des boues côtières. L'existence de marnes indique une invasion marine sous un climat aride. Ces faciès caractérisent un milieu de dépression à saumures libres qui envahissent un milieu de marais côtier. Les dépôts de gypses laminaires d'épaisseur millimétrique à centimétrique indique la présence d'une faible tranche d'eau hypersaline dans un environnement aride [16]. Ces dépôts gypsifères témoignent, d'une part, des périodes de sécheresses prolongées, et d'autre part, d'une activité tectonique de distension synsédimentaire.



*Photos. 3 : Photographies des dépôts évaporitiques de Mohammedia (a: Sel gemme d'Ain Tekki ; b : Gypse de Koudiat Sidi Abderahmane. A : Galerie de gypse de Koudiat Sidi Abderahmane à l'Oued Mellah ; B : Gypse laminaire ; C : Gypse fibreux*

### 3.4 CARRIÈRES D'ARGILES DE MOHAMMEDIA

#### 3.4.1 CARRIÈRES ETUDE GEOLOGIQUE

Parmi les nombreuses carrières d'argiles implantées le long de l'Oued Mellah (Fig. 9) se trouve les carrières d'argiles de Sidi Moussa Ben Ali (Ph. 4) où on exploite des argiles liasiques. Ces argilites sont exploitées pour la fabrication de la céramique et des tuiles.

La série des argiles liasiques au niveau de Sidi Moussa Ben Ali est constituée d'une alternance des argiles fines et des grès fins rougeâtres. La formation totalise une puissance d'environ de 50m, dans le détail, elle montre du bas vers le haut (Fig. 9) :

- Des grès fin gris épaisse de 4 m ;
- Des niveaux argileux rouges de 6 m de puissance ;
- Des alternances de 13 m de puissance entre des niveaux des grès rouges très fins (1 à 2 m) et des niveaux argileux rouges très fins (2,5 à 3 m) ;
- Un niveau d'environ 10 m d'épaisseur formé des argiles rouges très fines ;
- Un terme métrique de grès ;
- Un niveau de 8 m d'épaisseur d'argiles rouges très fines.

Par ailleurs, de nombreuses carrières d'argiles sont situées le long de l'Oued N'Fifikh, parmi lesquelles on trouve les carrières de Chaâba El Hamra (Fig. 10) (Ph. 4), où on exploite l'argile triasique pour la fabrication des briques et tuiles [6].

La formation argileuse inférieure au niveau de la carrière d'argile de Chaâba El Hamra montre des intercalations des niveaux métriques (1 à 4 m) des grès très fins grisâtres avec des niveaux métriques (2,5 à 10m) des argiles rouges. Cette formation totalise environ 40m d'épaisseur. Elle montre la succession lithologique suivante (Fig. 10) :

- Des grès fins de 4 m de puissance ;
- Un niveau de 6 m d'épaisseur de siltites ;
- Une alternance d'environ 13 mètres de siltites et de grès ;
- Des siltites rouges ( $\leq 10$ m) ;
- Des grès fins de couleur gris ;
- et enfin un niveau d'environ 8 m d'argilites rouges.



*Photo. 4 : Carrières d'argiles de Sidi Moussa Ben Ali à l'Oued Mellah*

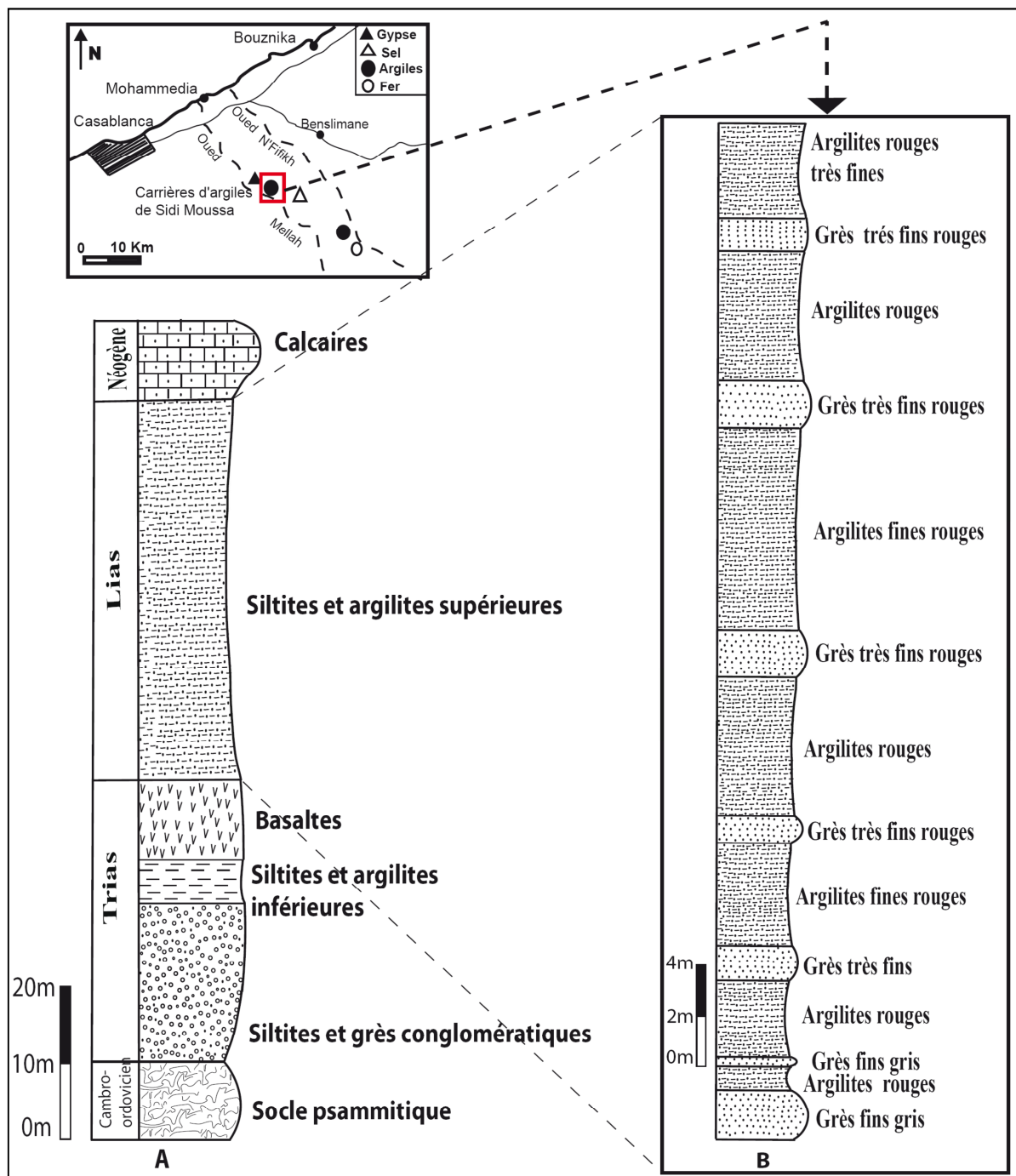


Fig. 9 : A : Les différentes unités lithologiques de l'Oued Mellah ; B : succession lithologique des argilites et siltites triasiques de la carrière de Sidi Moussa



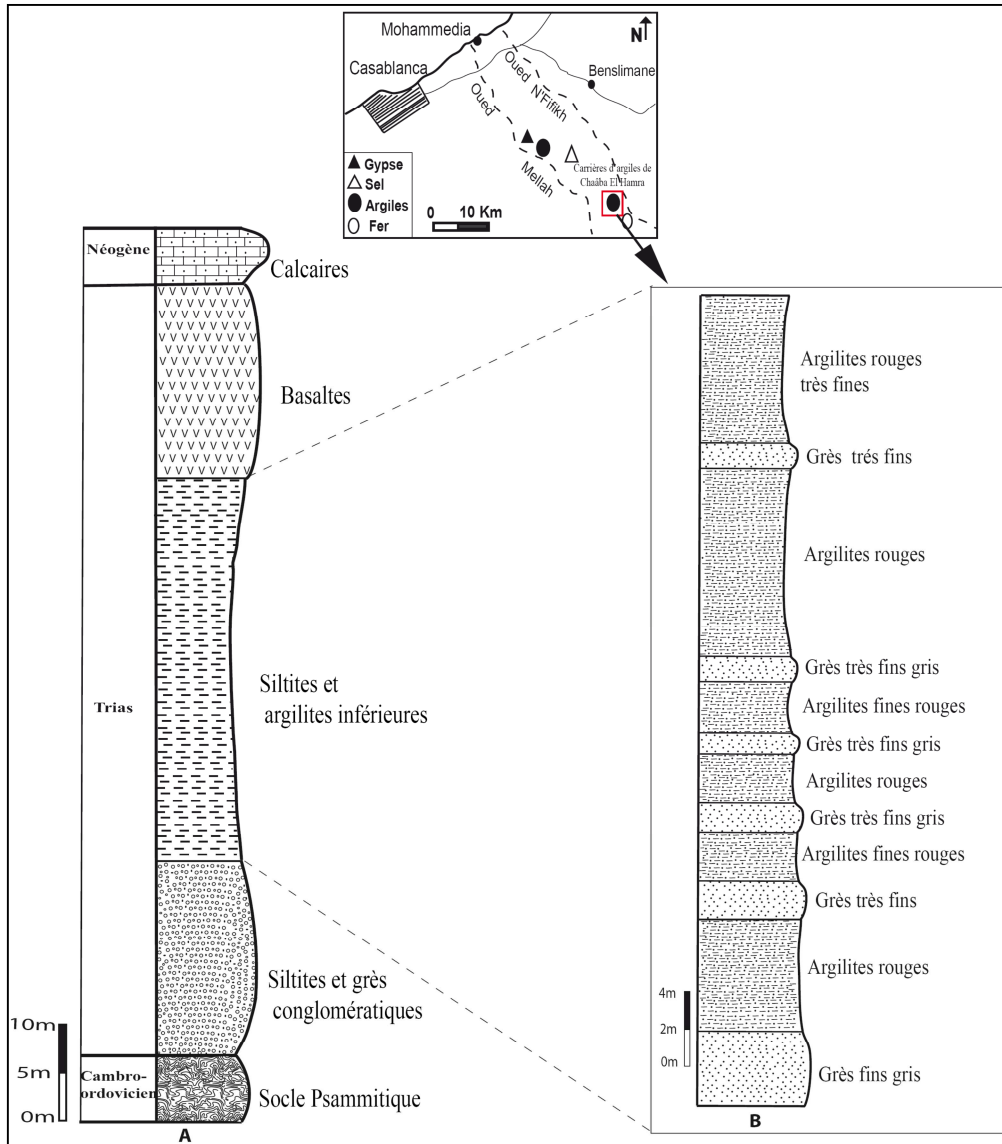


Fig. 10: A : Colonne lithostratigraphique de Chaâba El Hamra [7]; B : succession lithologique des argilites et siltites triasiques de la carrière de Chaâba El Hamra



*Photo. 5: Carrière d'argile de Chaâba El Hamra*

### **3.4.2 ENVIRONNEMENT DE DEPOT**

L'alternance des siltites et d'argilites rougeâtre à fines laminations horizontales, correspond au faciès Fl [18] qui est un dépôt d'accrétion verticale caractéristique d'un écoulement laminaire de très faible énergie.

La présence de grès interstratifiés indique qu'ils se sont formés par un écoulement en nappes (sheet flood) à l'extérieur et au contrebas des chenaux distributeurs mineurs pendant les périodes de crue.

## **4 ENJEUX SOCIO-ÉCONOMIQUES ET IMPACT ENVIRONNEMENTAUX DES SITES**

### **4.1 ENJEUX SOCIO-ECONOMIQUES**

L'industrie minière marocaine a énormément contribué et contribue toujours à l'évolution de l'économie nationale à la fois par ses effets directs sur la production et les exportations du pays et par ses effets indirects sur l'emploi, sur l'infrastructure socioéconomiques de base et sur le développement technique.

En effet, le secteur minier constitue un facteur non négligeable de développement. Il recèle des potentialités et des richesses indéniables et constitue une clé de voûte pour la résorption du problème de chômage, et contribue fortement à la création d'une valeur ajoutée nationale, à consolider les réserves en devises, à tisser des relations économiques et commerciales privilégiées avec les pays développés et même à créer des opportunités de partenariat avec d'autres pays émergents.

Ce domaine participe à hauteur de 6 % au PIB marocain en 2012 et mobilise des investissements de plus de 4 milliards de DH (355 840 000 €). De plus, le secteur exerce un effet d'entraînement important sur d'autres secteurs économiques et sur le développement régional. La diversité et la valeur des substances minières exploitées (phosphates, métaux de base, métaux précieux, substances utiles) ont permis au secteur minier marocain de jouer un rôle important dans l'économie nationale à la fois par ses effets directs sur la valeur et le volume des exportations (en moyenne 30% en valeur et 80% en volume en 2013) et par ses effets induits relatifs à l'emploi (40.000 personnes en moyenne annuelle), aux infrastructures économiques et sociales de base et au développement régional, rural, technique et technologique en général [19].

Parmi les installations classées on peut citer les carrières d'argiles. Celles-ci sont au nombre de 127, représentant 7% du total des carrières exploitées au Maroc dont 239 sites sont implantées dans la région de Chaouia-Ouardigha représentant 13%. Dans cette région, on dénombre 46 carrières d'argiles déclarées, parmi lesquelles trois se trouvent dans la région de Mohammedia [20].

#### 4.2 IMPACT ENVIRONNEMENTAL DES CARRIÈRES: CAS DE CHAABA EL HAMRA

Les carrières d'argiles sont considérées comme des sites d'industrie extractive. La création de ces projets exige une étude d'impact sur l'environnement. Celle-ci est instaurée par la loi marocaine 12/03.

Selon l'article 5 de cette loi, l'étude d'impact sur l'environnement a pour objet d'évaluer et atténuer les effets directs et indirects, temporaires et permanents du projet sur l'environnement. En effet, Avant d'ouvrir une nouvelle carrière, l'exploitant est tenu d'effectuer systématiquement une étude d'impact sur le milieu naturel.

La biodiversité fait partie des critères de sélection : si l'ouverture ou l'extension d'une carrière risque de menacer un site naturel riche en espèces rares ou protégées, des mesures spéciales sont retenues, afin de sauvegarder cette richesse. Celles-ci peuvent aller jusqu'à la fermeture d'une partie du site et son classement volontaire en réserve naturelle. Cependant l'interdiction simple d'exploiter est prise dans le cas où l'étude d'impact préliminaire démontre l'existence d'un écosystème sensible, impossible à restaurer après la fermeture du site, malgré ces mesures de précaution. On assiste dans certains cas à des dépassements.

Bien que l'exploitation des carrières d'argiles de Chaâba El Hamra ait apporté des bénéfices économiques, elles ont eu lieu dans de nombreux cas un impact négatif sur l'environnement, souvent en raison de l'absence de prise en compte des mesures de protection. On dénombre plusieurs risques dans ces carrières :

##### *a) Poussière*

L'extraction de l'argile triasique de Chaâba El Hamra ainsi que son transport entraîne de grandes vagues de poussière. Cette poussière est très dangereuse pour les êtres vivants (réduction de la qualité de l'air). Dans certains cas elle peut causer des maladies respiratoires permanentes comme la silicose pour les ouvriers des carrières et les populations avoisinantes. De plus, la présence de cette poussière sur les feuilles influence la photosynthèse et peut même l'arrêter. Ces poussières, plus difficiles à mesurer, peuvent être maîtrisées de différentes manières : arrosage des pistes d'accès, stockage des matériaux...

##### *b) Impact sur le paysage*

L'activité extractive dans la région de Chaâba El Hamra a créé des falaises de plus de 40 mètres de dénivellation, ces falaises peuvent couter la vie à l'homme ainsi qu'aux animaux, surtout que l'activité quasi exclusive des habitants de ce secteur, est l'élevage et l'agriculture.

Cependant, l'exploitation non raisonnable qui consiste à un profit instantané détruit et modifie le paysage, ainsi la possibilité de réaménager la carrière après sa fermeture en terre agricole est éliminée. Sans oublier la destruction des habitats écologiques provoquée par la destruction du couvert végétal et par les changements de régime des eaux de surface et souterraines locales.

Des perturbations et des modifications du paysage visuel sont causées par le mauvais tracé et la mauvaise conception d'exploitation, par le stockage non contrôlé de la couche de terre arable et des rejets.

##### *c) Impact sur l'eau*

Le lac apparu par l'activité extractive de l'argile dans certaines carrières de Chaâba El Hamra est en contact direct avec plusieurs sources de pollution dont les huiles des engins. La pollution de ce lac menace la nappe phréatique de toute la région de Mohammedia, d'où l'intérêt pressant de le protéger.

##### *d) Impact des bruits*

Les engins de transport et d'extraction sont l'unique source de la nuisance sonore dans le secteur de Chaâba El Hamra. De plus, le passage de camions ne sera pas sans effet sur la population avoisinante de la carrière à raison d'un passage toutes les 10 minutes environ. Ces bruits sont d'autant plus ressentis par la population ainsi que la faune locale car ces carrières se trouvent dans une zone rurale relativement calme. Ces nuisances font fuir la faune sauvage et peuvent même les pousser à migrer vers d'autres endroits.

#### 5 PROJETS DE RÉHABILITATION DES CARRIÈRES DE MOHAMMEDIA : CAS DES CARRIÈRES D'ARGILES DE CHAÂBA EL HAMRA

La réhabilitation des terrains exploités a pour objectif de compenser les impacts négatifs de l'exploitation sur le milieu naturel. Elle vise, en plus, à réintégrer le site dans son environnement par le choix du type d'intervention à faire et par le choix des espèces à planter. C'est dans ce but qu'une concertation entre tous les acteurs socioéconomiques et les autorités compétentes, s'avère indispensable pour résoudre et réussir le réaménagement des sites dégradés.



## 5.1 AVANT LA FERMETURE DES CARRIERES

Pour limiter l'action des poussières, l'exploitant de la carrière est tenu à : Arroser les pistes d'accès; bâcher les véhicules; installer un système de lavage des roues en sortie de site; implanter des arbres dans les bordures de la carrière; protéger le site contre les chutes au niveau falaises.

De plus, le carrier doit veiller sur la protection du lac des sources de pollution comme les huiles des engins.

D'autre part, le coût de réaménagement sera très élevé si l'exploitant de la carrière attend jusqu'à la fin de l'exploitation. Il est préférable de réaménager partiellement le site en même temps que l'exploitation. Il est fortement recommandé que l'exploitation se fasse par étapes :

### a. Aménagement agricole

Cette méthode consiste à donner à la coordination entre l'exploitation et le réaménagement une grande priorité. Dès la fin de l'exploitation de chaque tranche (1 ou 2 ha), le réaménagement est mis en œuvre. Les avantages de cette technique est de réduire au maximum l'altération de la terre végétale décapée par des stockages temporaires et aussi pour réduire le coût de réaménagement.

### b. Reboisement

Cette méthode comprend l'implantation d'arbres et des plantes. Elle consiste à faire un reboisement après la fin de l'extraction. Le reboisement permet donc d'installer un maximum et une diversité d'arbre et plantes, ceci favorisera le développement de la faune.

## 5.2 APRES LA FERMETURE DES CARRIERES

Nous proposons dans ce qui suit plusieurs solutions et plans de réhabilitation de ces carrières pour valoriser les sites et atténuer les impacts négatifs sur l'environnement et le paysage.

### a. Création d'une zone humide

Après la fermeture de la carrière de Chaâba El Hamra, il serait judicieux de penser à créer une zone humide semblable à celle créée au parc national de la ville d'Ifrane. Ce parc constitue un pôle touristique de prédilection pour les randonneurs et les pêcheurs qui pratiquent ce sport dans une ambiance sereine en espérant que le site de Chaâba El Hamra le sera un jour.

Le site est favorable géographiquement pour créer une zone humide vue que :

- La carrière possède un lac d'eau douce permanent (Photo. 4);
- La région de Mohammedia possède une faune très diversifiée dont la présence de quelques espèces rares (Marmaronette marbrée, Mouette pygmée, Spatule blanche...).

### b. Création d'un club de pêche

Les passionnés de la pêche à ligne à Casablanca doivent se déplacer actuellement très loin pour pratiquer leurs sports alors que la création d'un club de pêche dans la carrière de Chaâba El Hamra réduira certainement la distance et représentera un produit similaire.

De plus, le lac de la carrière de Chaâba El Hamra est d'une grande superficie ce qui favorise la pisciculture et rend le projet très prometteur.

### c. Création d'une zone de chasse

La région de Mohammedia possède une faune chassable très riche dont les plus populaires sont la perdrix et le sanglier. L'aménagement de la carrière de Chaâba El Hamra ne nécessitera pas énormément de moyens et de fonds vue que la région est favorable pour le développement d'une faune chassable (présence de l'eau, végétation et relief). Or, la région de Mohammedia souffre de la chasse informelle, il est nécessaire de créer une zone de chasse tel la carrière de Chaâba El Hamra.

### d. Création d'un club de golf

Un des projets de réaménagement proposé pour les carrières de Chaâba El Hamra est celui de créer un club de golf. Selon les spécialistes de tourisme, la combinaison de voyage et de golf depuis plusieurs années fait rage à travers le monde.

Donc, la création d'un club de golf à une vingtaine de kilomètres de la capitale économique du Maroc et pas loin de la capitale administrative (100 km) est un projet idéal pour l'investissement.

#### e. Création d'un hippodrome

Au Maroc, les passionnés par les courses de chevaux se chiffrent au million et ne cessent d'augmenter d'un jour à l'autre. La reconversion de la carrière de Chaâba El Hamra en un hippodrome abritant les courses de chevaux et un club d'équestre est un projet certainement gagnant.

## 6 CONCLUSION

Le bassin de l'Oued N'Fifikh et de l'Oued Mellah (région de Mohammedia) est constitué par une couverture volcano-détritique triasique. Cette dernière comprend successivement un ensemble silto-grès-conglomératique de base localement ferrugineux (Oued N'Fifikh), des argilites inférieures et des basaltes. Ces formations sont suivies par des siltites et argilites évaporitiques d'âge liasique. Cette série, qui repose sur un socle grès-micacé cambro-ordovicien, est coiffée par des calcaires du Néogène.

Les formations triasico-liasiques de la région de Mohammedia regorgent une richesse minérale très importante (sel, argile, gypse, fer...). La formation de l'hématite massive et concrétionnée a été interprétée comme étant le produit d'érosion et de lessivage des formations ferrifères d'âge plus ancien en l'occurrence les grès ferrugineux cambro-ordovicien de Benslimane. Les minéralisations ferrifères sont d'âge triasiques peuvent être soit d'origine hydrothermale qui témoigne d'une tectonique extensive responsable de l'ouverture des structures faillées et la précipitation de la minéralisation filonienne, soit diagénétique caractérisée par le dépôt d'hématite massive et d'hématite en concrétion.

Les évaporites sont associées aux dépôts détritiques des siltites et argilites supérieures liasiques. On les rencontre dans la mine de sel d'Ain Tekki et sont formés de sel pélimitique, lité et clastique. Les données géochimiques et palynologiques indiquent un milieu marin à influence continental.

Et les autres dépôts évaporitiques sont représentés par du gypse laminaire d'épaisseur millimétrique à centimétrique, à Koudiat Sidi Abderahmane, qui indique la présence d'une faible tranche d'eau hypersaline sous un climat aride. Ces dépôts gypsifères témoignent, d'une part, des périodes de sécheresses prolongées, et d'autre part, d'une activité tectonique de distension synsédimentaire.

La richesse en argiles qu'a connu la série triasico-liasique de Mohammedia est très importante. Certaines exploitations, notamment les carrières d'argiles, bien qu'elles représentent une part importante du chiffre d'affaire récolté de l'exploitation des sites miniers au Maroc, elles engendrent cependant des impacts négatifs sur le paysage et l'environnement. De nombreux projets de réaménagement peuvent être proposés dont le reboisement ou le retour à une terre agricole ou encore la création d'une zone humide...Les carrières sont donc des sites très sensibles. Les carriers doivent améliorer l'exploitation dont dépend la pérennité de leurs activités.

## REFERENCES

- [1] **Laville, E & Piqué, A. (1991)** - La distension crustale atlantique au Maroc au début du Mésozoïque: le jeu des structures hercyniennes. Bull. Soc. Géol. France, 162, p.1161-1171.
- [2] **Lyazidi, A. (2004)** - Evolution géodynamique du bassin triasique de Berrechid-El Gara-Benslimane (Meseta Nord occidental Maroc) : Dynamique sédimentaire, géométrie des dépôts et évolution structurale. Thèse doc. Université Mohamed V, Rabat-Agdal.
- [3] **Hamid, W. (2003)** - Contribution à l'étude tectono-volcanique et sédimentologique du bassin permien et triasique de l'Oued N'Fifikh (Meseta nord occidentale, Maroc). Mémoire de DESA, Université Hassan II Mohammedia, Casablanca (FSBM): 77 p.
- [4] **Zahour, G., Hamid, W., Baroudi, Z & Youbi, N. (2004)** - Etude tectono-volcanologique des basaltes triasiques du bassin de l'Oued N'Fifikh (Meseta côtière septentrionale, Maroc). In: 4ème reunion du Groupe du Permien et du Trias (Fès, juin 03, 2004) :32p.
- [5] **Farki, K. (2009)** - Minéralisations ferrifères associées aux formations triasiques de l'Oued N'Fifikh (Meseta occidentale). Mémoire de Master, Université Hassan II Mohammedia, Casablanca (FSBM): 64 p.
- [6] **Zahour, G., Farki, K & Belkhattab, H. (2010)** - Carrières de Mohammedia : impact environnemental et perspectives de réhabilitation. In : 4ème édition du colloque international: argiles et environnement (Oujda, Novembre 26-28, 2010): 7-8.

- [7] **Farki, K., Zahour, G., Zerhouni, Y. & Hamid, W. (2012)** - Contribution à la compréhension de l'évolution sédimentaire et tectono-volcanique de la série Triasico-Liasique de l'oued Nfifikh (Meseta côtière, Maroc) Ann. Soc. Géol. Du Nord. T. 19(2ème série), Octobre 2012, p.1-12.
- [8] **Farki, K. & Zahour, G. (2012)** - Proceeding book "Contribution to the understanding of the sedimentary and tectono-volcanological evolution of Oued Mellah (Coast Meseta, Morocco) "colloque international conference of SIG- Users, Taza GIS-Days, 23-24 May, P 568-572.
- [9] **Hssaida, T., Zahour, G., Oumalch, F., Youssfi, Z., Chahidi, S. & Habid, A. (2012)** - Nouvelles datations des argilites post basaltiques du bassin de l'Oued Mellah (Meseta occidentale, Maroc). Notes et mémoires du Service Géologique du Maroc, vol. 575 Num. ISSN 034-9789. Novembre 2012, P 131-137.
- [10] **Medina, F. (1996)** - Le Permien et le Trias du Maroc : Etat des connaissances. Ed. Pumag, Marrakech : 139-153.
- [11] **Alikouss S., Zahour G., Zerhouni Y., Chtaini A., Baroudi Z., Samir M. (2006)**.- Minéralisations ferrifères associées aux dépôts triasiques du bassin de l'Oued N'Fifikh (Meseta cõtire- Maroc). 1st international conference for Mining : Exploration, Exploitation and environmental impact. 20- 21 April 2006. Bouznika, Maroc.
- [12] **Darhnani, M. (2013)** - Les mines de sel: cas de la mine de sel de Mohammedia. Mémoire de Master, Université Hassan II Mohammedia, Casablanca (FSBM): 74 p.
- [13] **Peretsman, G.S. (1985)** - A geochemical and petrographic analysis of early Mesozoic evaporites from Morocco: Implications for the history of the North Atlantic rift. Thesis, Univ. Of Oregon, Eugene, OR, 82 p.
- [14] **Holser, W.T., Clement, G. P., Jansa, L. F & Wade, J.A. (1988)** - Evaporites deposits of the north Atlantic rift. In:W. Manspeizer (editor), Triassic-Jurassic rifting. Continental breakup and the origin of the Atlantic Ocean and passive margins, Elsevier, Amsterdam, p. 525-556.
- [15] **Et-Touhami, M. (1994)** - Le Trias évaporitique du bassin de Khémisset (Maroc central). Géométrie des dépôts, évolution sédimentaire et géochimique. Notes et Mém. Serv. Géol., Maroc, 373, 211p.
- [16] **Et-Touhami, M & Olsen, P.(1994)** - Les dépôts évaporitiques marocains du début du Mésozoïque : vue synthétique. Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University, NYC (USA).
- [17] **Shearman D. J. (1978)**. - Evaporites of coastal sabkhas. - In Dean, W. E. & Schreiber, BC: Marine evaporites. S. EP. M. Short Course notes no.4. p 6- 42.
- [18] **Miall A. D. (1978)** - Fluvial Sedimentology. Canadian Society of Petroleum Geologists, Calgary, Memoir 5: 578-586.
- [19] **Ministère de l'Economie et des Finances, (2008)**- Tableau de bord sectoriel de l'économie marocaine.
- [20] **Ministère de l'Equipement du Transport, (2012)**- Inventaire national des carrières, Direction des Affaires Administratives et Juridiques, Octobre.