

Un serpent de mer : le problème de la datation des «Couches rouges» du Haut Atlas marocain : le point de la situation

Autor(en): **Montbaron, Michel**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Actes de la Société jurassienne d'émulation**

Band (Jahr): **91 (1988)**

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-549978>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Un serpent de mer: le problème de la datation des «Couches rouges» du Haut Atlas marocain.

Le point de la situation

par Michel Monbaron¹

Résumé

Après un bref aperçu historique, il est rendu compte de deux études récentes et de leurs implications stratigraphiques. La première porte sur la définition et la répartition spatiale de deux séquences de «Couches rouges», caractérisées par des assemblages minéralogiques particuliers: une séquence inférieure à plagioclase et chlorite et une séquence supérieure à feldspath potassique et kaolinite. La seconde étude évoque la découverte des premiers restes de mammifères mésozoïques africains, dans des niveaux riches en invertébrés marins. Ces recherches s'inscrivent dans le cadre de la mise au point de critères plus précis permettant de mieux dater les «Couches rouges» haut-atlasiques.

1. INTRODUCTION

La datation des formations réputées continentales, témoins du comblement de la Fosse atlasique à partir du Jurassique moyen (DU DRESNAY 1979), a toujours posé problème et a fait l'objet de nombreuses controverses. A plusieurs reprises, des chercheurs ont tenté de clarifier le débat en proposant des solutions originales. Citons notamment deux études, brièvement commentées au chapitre 2: les *Discussions stratigraphiques* de DU DRESNAY (1969) relatives à l'âge des bois fossiles mésozoïques du Maroc et l'article de JENNY & al. (1981), qui analyse l'ensemble des arguments en présence au début de notre décennie. Depuis cette dernière étude, de nouveaux pas ont été franchis et nous pensons qu'il est utile de refaire le point de la situation.

¹ Dr ès Sciences, géologue, professeur à la Faculté des Sciences de l'Université, CH - 1700 Fribourg.

Dans ce but, nous allons d'abord brosser un bref *historique* de la question, en nous basant exclusivement sur les points saillants (nous renonçons délibérément à effectuer une analyse exhaustive de toutes les études publiées à ce sujet, mais il va de soi que la présente synthèse tente de les intégrer toutes, en prenant en compte l'essentiel de leurs conclusions). Nous présenterons ensuite quelques *faits nouveaux*, à la découverte desquels le signataire de cette note a été associé par ses récents travaux. Nous en tirerons quelques *conclusions* et tracerons pour terminer quelques *axes de réflexion*, d'ordre méthodologique et épistémologique, qui sous-tendent ce genre de débat.

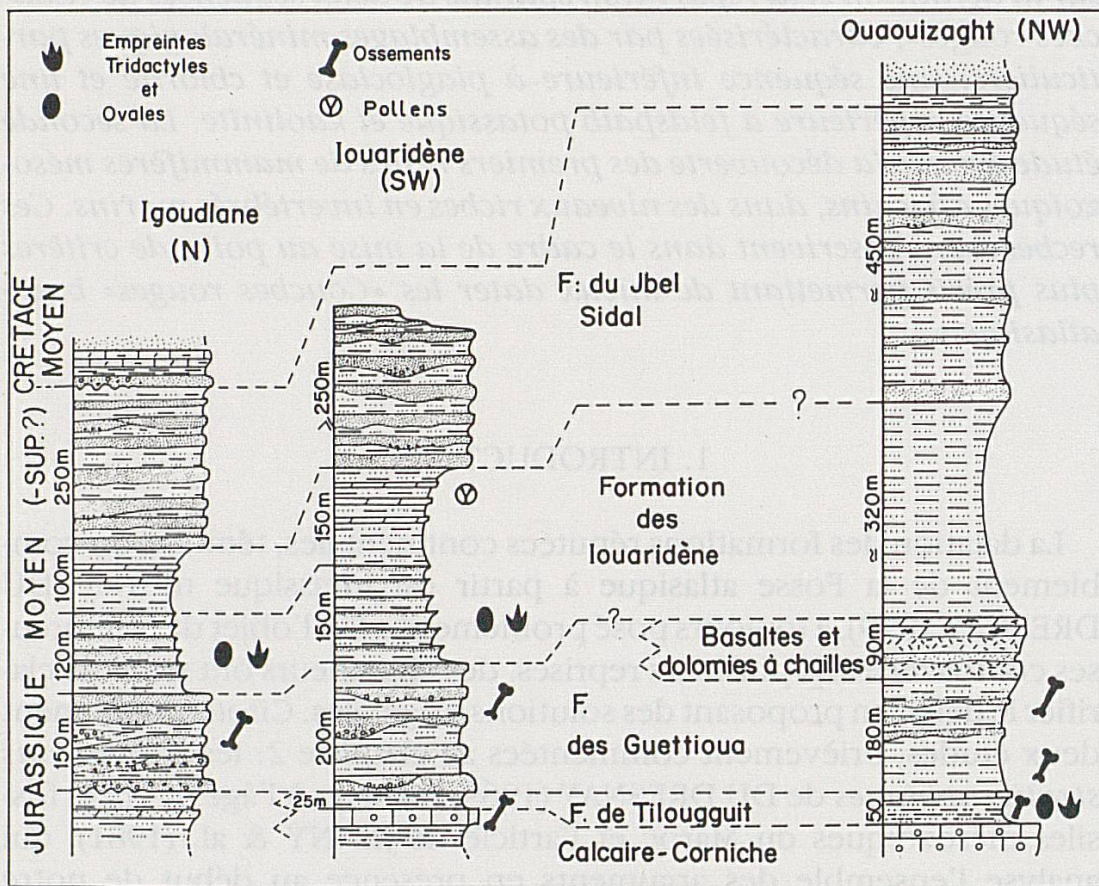


Figure 1 – Les formations lithostratigraphiques dites «Couches rouges» du Haut Atlas central, telles qu'elles ont été définies en 1981 entre Demnat et Beni Mellal. Tiré de JENNY & al. 1981, figure 1 simplifiée.

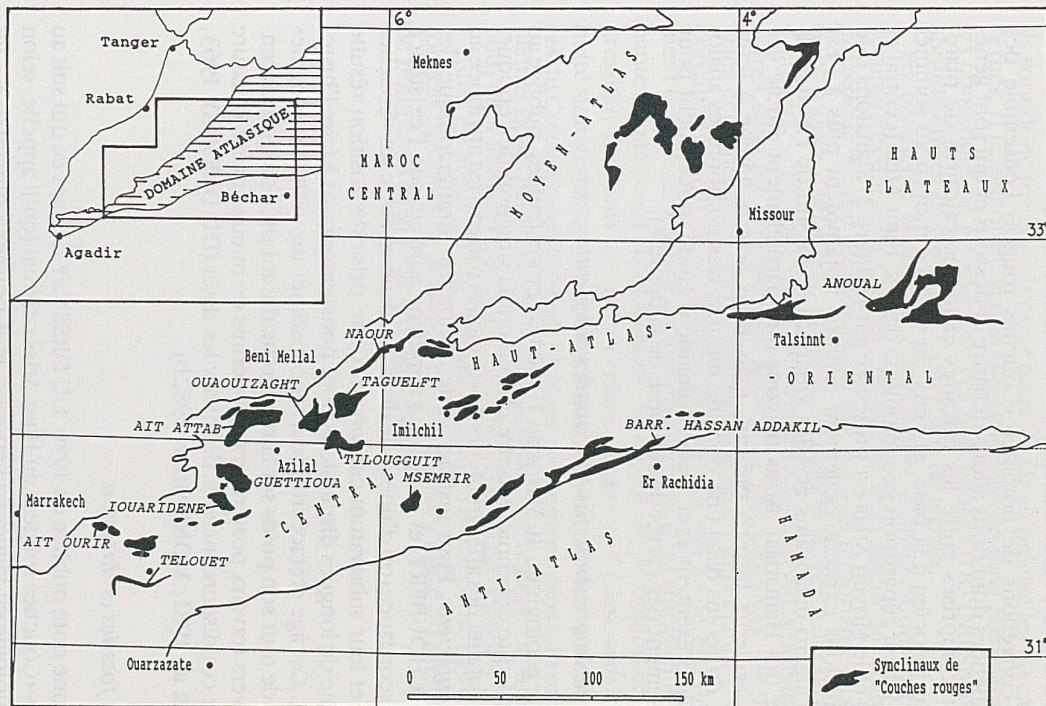


Figure 2 - Répartition géographique des synclinaux résiduels de «Couches rouges» dans le domaine atlasique et situation des principaux lieux mentionnés dans le texte.

2. BREF HISTORIQUE

2.1 *Les «Couches rouges» du Haut Atlas marocain*

Nous convenons de nommer «Couches rouges» l'ensemble des séries rubéfiées dont nous allons débattre ci-dessous et qui sont généralement comprises entre les calcaires et marno-calcaires de plate-forme du Bajocien à la base, et ceux du Crétacé moyen au sommet (figure 1). Leur répartition géographique dans le Haut Atlas (central et oriental) et le Moyen Atlas est présentée sur la figure 2. Signalons que ces formations existent également ailleurs, notamment plus à l'Est (confins algéro-marocains et Atlas saharien) et au Sud de l'Anti-Atlas (bordure des Hamadas). Nous n'avons que partiellement étudié ces derniers secteurs jusqu'à présent, mais nous serons amené à tenir compte, du moins dans une certaine mesure, des nombreuses analogies qu'ils présentent avec notre domaine d'étude (notamment pour l'établissement des cartes de synthèse de la figure 4).

2.2 *Etat de la question dans les années cinquante*

La carte géologique du Maroc au 1:500.000 en six feuilles, publiée au cours de ladite décennie, montre clairement la situation de l'époque. La quasi-totalité des affleurements de «Couches rouges» est attribuée au *Crétacé inférieur*. Pour justifier cette attribution stratigraphique, les auteurs (CHOUBERT et collab.) s'appuient surtout sur l'existence d'une discordance (ou d'une série de discordances) entre les «Couches rouges» et leur substratum carbonaté. Cette prise de position résulte elle-même de longues discussions dont nous renonçons à faire l'historique ici. Cet âge crétacé inférieur va constituer un véritable «dogme» et peser de tout son poids sur la recherche durant près de trois décennies. Divers travaux postérieurs ont permis de mieux cerner la nature réelle de ces discordances et de mieux les dater (DU DRESNAY 1963; JENNY & al. 1981; MONBARON 1982b).

2.3 *Bois fossiles et datation*

Dans une note publiée en 1956, DU DRESNAY déclare ce qui suit au sujet des «Couches rouges» du Haut Atlas oriental (qu'il appelle, selon la terminologie en vigueur à l'époque, le «Complexe rutilant»): «... les seuls éléments paléontologiques utilisables pour dater ces formations sont les échantillons de bois fossiles...» (p. 25). Ces restes végétaux se

rencontrent en effet partout et en très grande quantité dans les «Couches rouges». Mais l'auteur constate bientôt que les bois sont de «mauvais» fossiles, trop ubiquistes et d'extension stratigraphique trop large. Ils sont donc inadéquats pour dater de façon précise les niveaux concernés. Il le démontre magistralement dans un long commentaire sur les conditions de gisement de ces bois fossiles (DU DRESNAY 1969), aboutissement de patientes recherches de terrain.

En revanche, la somme considérable d'observations pertinentes accumulées durant ses recherches permet à cet auteur de prouver l'âge *jurassique moyen* (Bathonien) d'une portion importante des formations rouges «crétacées», notamment dans le Moyen Atlas (Formation d'El Mers – DU DRESNAY 1963) et dans le Haut Atlas oriental (entre autres dans les synclinaux d'Anoual – DU DRESNAY 1969, 1977). Dans cette dernière région, l'auteur souligne l'importance d'une discordance au sein du «Complexe rutilant», ce qui lui permet de confirmer l'existence, à la base de cette formation, d'un «Jurassique à dominante saumâtre ou continentale». Au-dessus des «Conglomérats transgressifs», il définit un «Infra-Crétacé rouge», qui passe sans discontinuité stratigraphique apparente aux marnes gypseuses, puis aux calcaires du Crétacé moyen (figure 3). Nous reviendrons plus loin sur les problèmes posés par les «Couches rouges» de cette région, à la lumière des nouvelles données que nous y avons récoltées (cf. chapitre 3).

Ainsi, en prouvant l'âge jurassique moyen d'une partie des «Couches rouges» du domaine atlasique, DU DRESNAY a porté un premier coup de boutoir au dogme de leur âge crétacé.

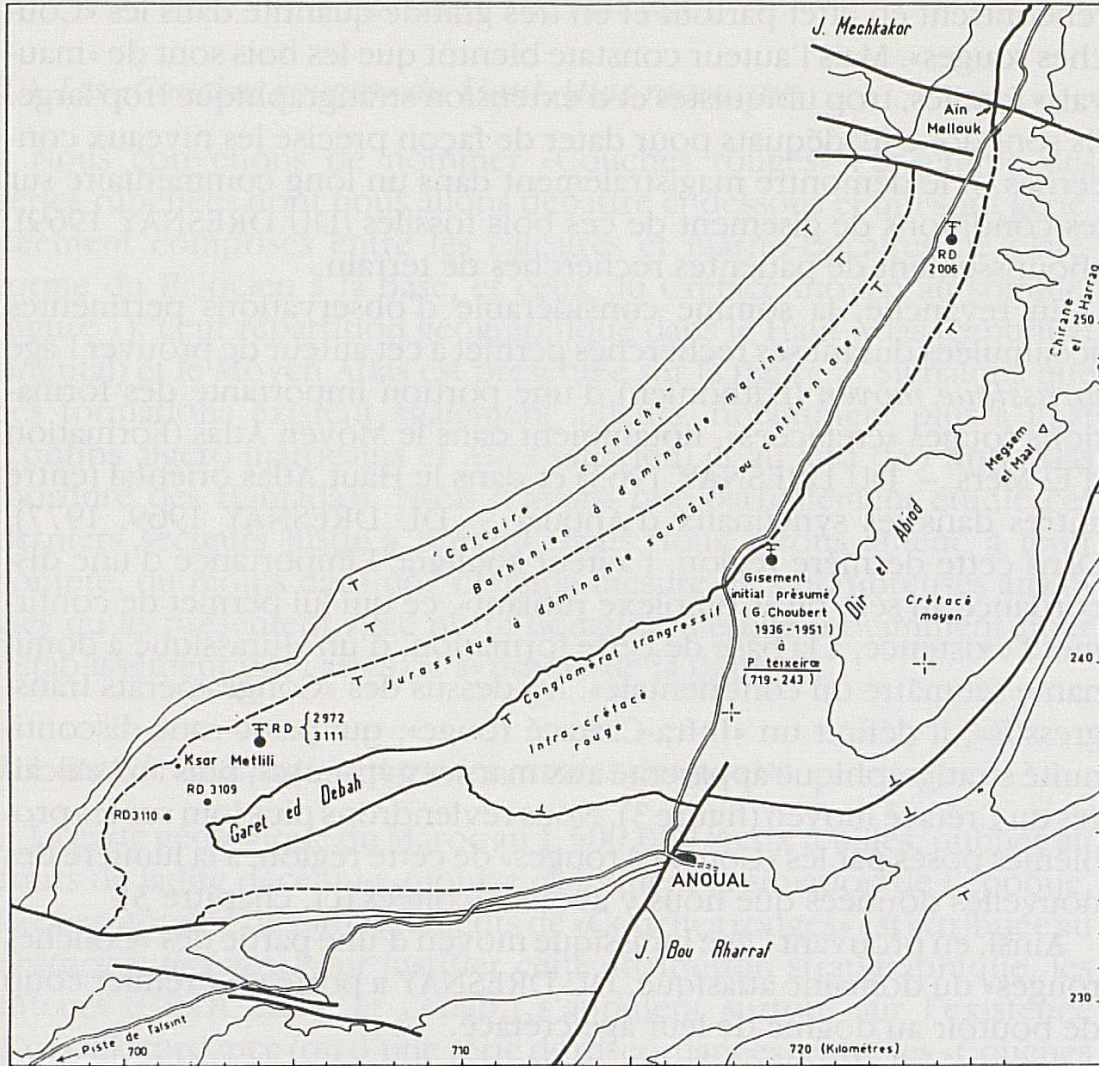


Figure 3 – Carte géologique du synclinal d'Anoual (Garet ed Debah - Dir el Abiod). Tirée de DU DRESNAY (1969, figure 10, p. 151). L'auteur y situe divers gisement de bois fossiles. C'est dans le «Jurassique à dominante saumâtre ou continentale» et le «Conglomérat transgressif» qu'a été levée la coupe de la figure 6.

2.4 Dinosauriens du Haut Atlas central

Après le Moyen Atlas et le Haut Atlas oriental, c'est au tour du Haut Atlas central (Atlas de Demnate, d'Azilal, de Beni Mellal) de faire l'objet d'études détaillées, dès la fin des années soixante-dix. On y découvre alors d'importants restes de Dinosauriens dans les «Couches rouges» (MONBARON & TAQUET 1981 ; MONBARON 1983). Mais leur datation

pose problème: sont-ils infra-crétacés, comme l'indique la carte au 1:500.000, ou plutôt jurassiques, comme semble le suggérer l'archaïsme des caractères anatomiques des fossiles découverts?

Les géologues travaillant dans ces régions accumulent alors les observations tectoniques, sédimentologiques, stratigraphiques, paléontologiques relatives à ces formations et parviennent à élaborer une synthèse allant dans le même sens que celle de DU DRESNAY (1969) commentée plus haut. Selon cette étude (JENNY & al. 1981, cf. figure 1 ci-dessus), l'ensemble des «Couches rouges» du Haut Atlas central date du *Jurassique moyen*, plus précisément du Bathonien, comme l'attestent de très nombreux faits de terrain. Ces couches rubéfiées médio-jurassiques sont constituées de quatre formations lithologiques distinctes (de bas en haut: formations de Tilougguit, des Guettoua, d'Iouaridene, du Jbel Sidal). Les études démontrent en outre que ces séries rubéfiées sont contemporaines de mouvements tectoniques importants (MONBARON 1981; 1982a; JENNY 1984), accompagnés d'intrusions basiques et de coulées basaltiques dans les «Couches rouges». Cette vision des choses est celle qui prévaut *actuellement*, puisque la toute récente carte géologique du Maroc au 1:1.000.000, qui relaie celle au 1:500.000 des années cinquante, restitue pour ces régions les conclusions qui viennent d'être exposées.

L'ancien dogme a donc vécu! Il est désormais remplacé par un nouveau dogme: la majeure partie des «Couches rouges» situées sous la transgression marine du Crétacé moyen date du Jurassique moyen! A son tour, cette idée va imposer à la recherche toute l'inertie des certitudes qu'elle véhicule!

3. ÉTUDES RÉCENTES

Dans ce chapitre, nous allons rendre brièvement compte d'études très récentes sur les «Couches rouges», auxquelles a participé l'auteur de cette note. Les résultats sont soit en voie de publication, soit encore incomplets et, par conséquent, appelés à se préciser dans les années qui viennent. Les premières conclusions sont toutefois suffisamment intéressantes pour être mises en exergue et intégrées, voire confrontées, à ce qui précède.

Quittant le secteur restreint de l'Atlas de Beni Mellal (MONBARON 1985), nous avons étendu dès 1983 nos recherches à l'ensemble des synclinaux de «Couches rouges» du Haut Atlas, dans l'intention de

mieux préciser les corrélations stratigraphiques latérales entre les différents bassins. Rappelons que ceux-ci ne renferment plus que les maigres résidus d'une couverture continue de sédiments détritiques rouges qui a recouvert *l'ensemble des Atlas*, avant d'être démantelée par l'érosion consécutive aux «phases atlasiques» de la tectogenèse (dès le milieu du Tertiaire).

3.1 Séquences sédimentaires

Dans une note en cours de publication (MONBARON, KÜBLER & ZWEIDLER, sous presse), nous rendons compte de l'étude roentgéographique d'échantillons provenant d'une vingtaine de coupes stratigraphiques, levées dans les «Couches rouges» des principaux synclinaux du Haut Atlas (figure 2).

Nous nous y consacrons à l'examen des fractions les plus fines de ces sédiments, qui en constituent le *ciment*. Ces éléments très fins offrent plus de chance d'illustrer *l'ambiance générale* du milieu de sédimentation. Ils sont plus ubiquistes et mieux à même de se répandre sur l'ensemble de l'aire de sédimentation (et sont par conséquent très utiles pour la caractériser en un moment précis de son histoire), alors que les apports plus grossiers restent circonscrits à un espace relativement restreint et proche de leur source (alluvial fan, delta).

Pour définir les associations minéralogiques constituant ce ciment, les préparations orientées des minéraux ayant 2 et 16 μg ont été analysées au diffractomètre à rayons X. Après dépouillement des diagrammes et traitement statistique des données obtenues, nous avons pu séparer nos échantillons en *deux séquences sédimentaires bien distinctes* (séquences A et B):

- les échantillons appartenant à la *séquence A* présentent tous une association minéralogique comprenant: plagioclase - chlorite - mica (+ quartz);
- les échantillons appartenant à la *séquence B* présentent tous une association minéralogique comprenant: feldspath potassique - mica - kaolinite (+ quartz).

Ces différences, nettement inscrites dans les microfractions, n'apparaissent pas du tout macroscopiquement et sont donc *inobservables sur le terrain*. Mais en replaçant les échantillons en succession stratigraphique, puis en reportant sur la carte la répartition géographique de ces deux séquences, on constate notamment que:

– les échantillons d'une même coupe stratigraphique appartiennent:

- soit *tous* à la séquence A
- soit *tous* à la séquence B
- soit, plus rarement, à A *et* B, cette dernière séquence étant alors toujours située au-dessus de A;

– la séquence A (figure 4 en haut) est *seule représentée* dans plusieurs synclinaux du centre du Haut Atlas, notamment dans les synclinaux «classiques» de Aït Iouaridene, des Guettioua, de Taguelft, de Msemrir, etc. Dans ces régions, le Crétacé moyen marin n'est jamais présent;

– la séquence B (figure 4 en bas) est *seule représentée* dans le Haut Atlas oriental (notamment dans les synclinaux de la région d'Anoual, cf. ci-dessus 2.3 et plus loin 3.2), ainsi que sur la bordure méridionale du Haut Atlas (région d'Er Rachidia) et dans l'Ouest du domaine étudié (région de Telouet et des cuvettes d'Aït Ourir). Les sédiments marins du Crétacé moyen surmontent *toujours* cette série rouge;

– dans le synclinal de Ouauizaght, ainsi qu'à Naour et aux Aït Attab, la séquence B est nettement *superposée* à la séquence A.

Un certain nombre de constatations très importantes découlent de cette analyse:

I. Les «Couches rouges» **ne sont pas un ensemble si homogène qu'il y paraît de prime abord**. Elles comprennent deux séquences majeures distinctes (A et B) qu'il convient d'analyser séparément.

II. Là où les séquences coexistent, **B surmonte toujours A**, ce qui permet de les dater relativement. Toutefois, aucune discordance, angulaire ou autre, n'est visible sur le terrain. La «discordance» est d'ordre minéralogique et seulement déterminable par analyse pétrographique fine.

III. La séquence A ne s'est apparemment déposée **qu'au centre du Haut Atlas**, dans une sorte de golfe ouvert vers la Téthys au NE (figure 4a). Elle correspond au groupe de formations de Tilougguit, des Guettioua, d'Iouaridene et du Jbel Sidal *des localités-types* (JENNY & al. 1981). Elle contient de nombreux Vertébrés fossiles, entre autres de gros Dinosauriens, ainsi que des bois silicifiés. Autre caractère assez constant: l'interstratification en son sein de coulées basaltiques. Son âge est *jurassique moyen* (plus précisément bathonien), pour les raisons déjà évoquées plus haut (cf. 2.4).

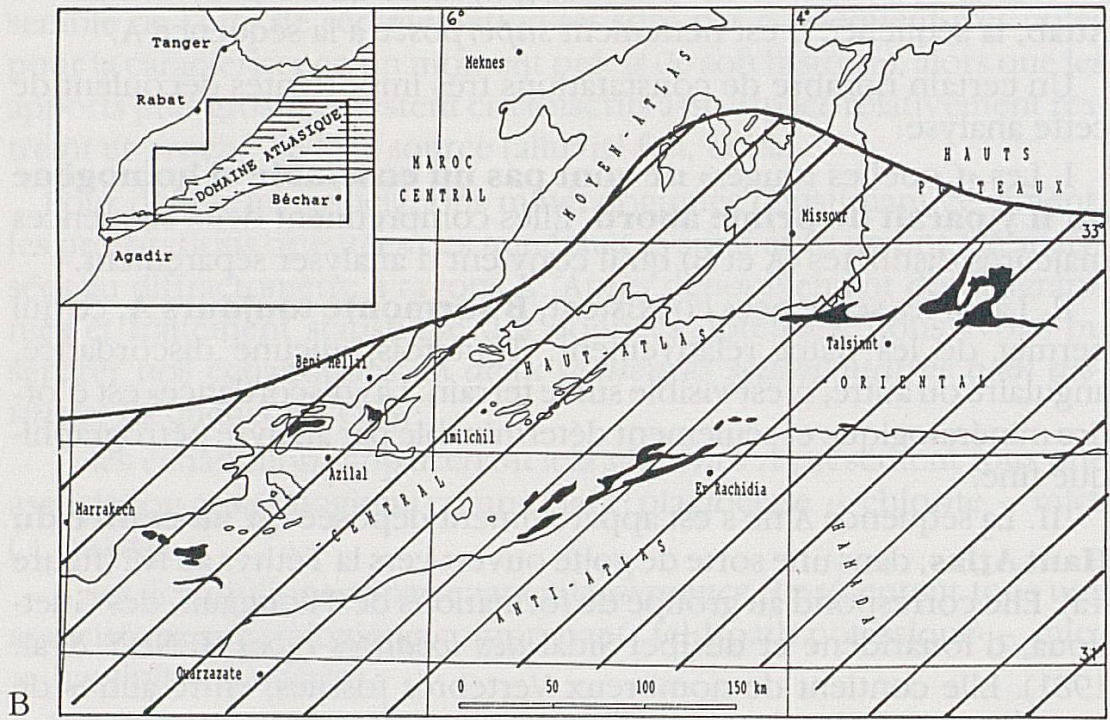
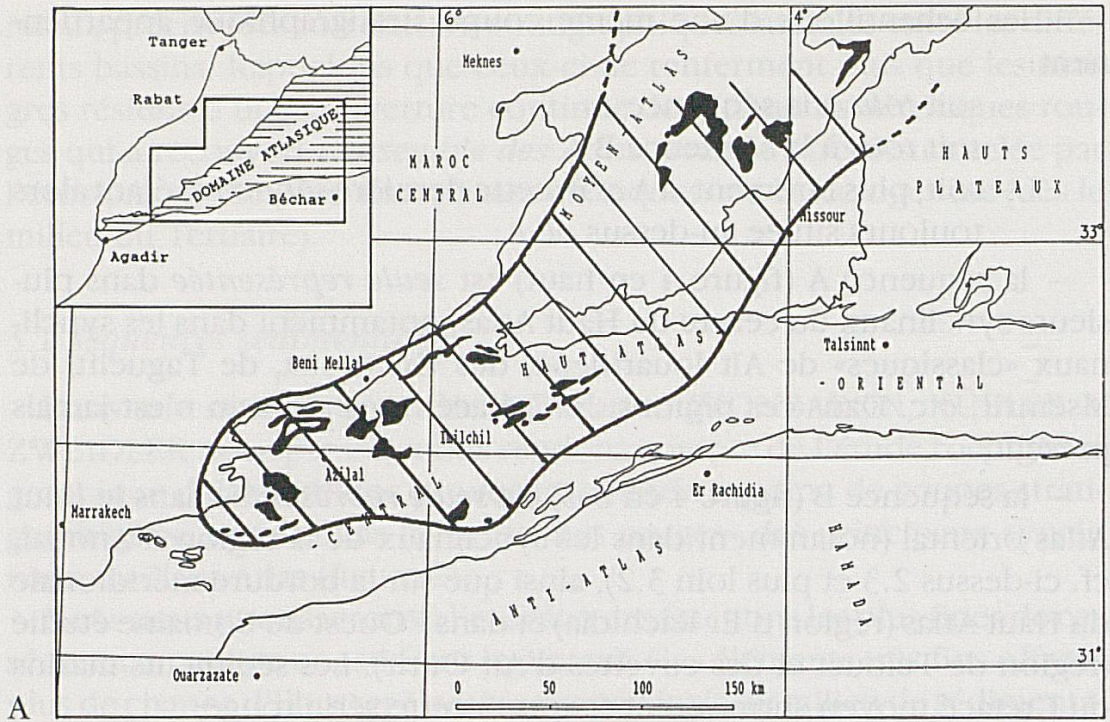


Figure 4 – Esquisses paléogéographiques des deux séquences de «Couches rouges»: en haut séquence A et en bas séquence B. Les petites plages noires indiquent les secteurs où l'on trouve actuellement des sédiments de chacune des séquences. Les limites des deux domaines de sédimentation sont en partie extrapolées.

IV. La séquence B, **postérieure à A**, est seule représentée à l'Est et au Sud du domaine étudié (figure 4b). Comme la séquence A, elle renferme de nombreux restes de bois fossiles et d'ossements de Vertébrés (voir plus loin, 3.2), mais pas de coulées volcaniques interstratifiées. Son âge est plus difficile à préciser que celui de la séquence A. En de très nombreux endroits, elle ne présente pas de discordance visible avec son substratum, qui peut être:

- soit la séquence A bathonienne, comme par exemple à Ouaozight,

- soit le Bathonien à dominante marine, comme par exemple au Nord et à l'Ouest d'Anoual (DU DRESNAY 1969, cf. figure 3 ci-dessus).

Mais cette séquence B peut aussi discorder très nettement sur les formations antérieures. C'est le cas notamment au Nord d'Er Rachidia (barrage Hassan Addakil) et surtout dans la région de Telouet, où ces «Couches rouges» reposent sur un Lias inférieur très réduit.

Pas de discordance *majeure*, en revanche, avec son toit (passage plus ou moins continu au Crétacé moyen marin, à l'exception de la faible discordance des «Conglomérats transgressifs» dans la région d'Anoual, cf. figure 3 ci-dessus).

En conséquence, nous proposons de situer l'âge de la séquence B dans la fourchette de temps allant du Bathonien au Crétacé inférieur. Elle serait donc une *série compréhensive*, illustrant près de 60 millions d'années d'histoire de la terre dans ces régions. Notre étude et le raisonnement qu'elle induit nous imposent d'adopter cette position, moins tranchée que celle que nous défendions antérieurement (cf. 2.4), pour rester cohérents avec les faits nouveaux mis en évidence.

Dans les régions sahariennes, une même séquence jurassico-crétacée est connue sous le nom de «Continental intercalaire» (cf. notamment DU DRESNAY 1969, p. 139). Nous proposons donc, comme hypothèse de travail, de faire équivaloir notre séquence B à cette dernière formation.

Bilan

En résumant brièvement ce que nous venons d'exposer sur les séquences sédimentaires, disons que le complexe des «Couches rouges» haut-atlasiques est constitué (figure 5):

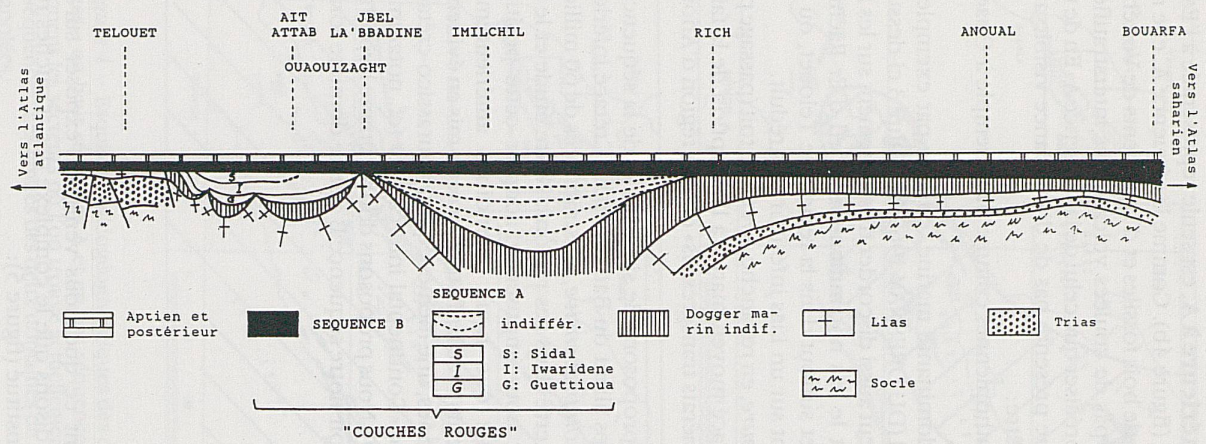


Figure 5 – Coupe longitudinale schématique du Haut Atlas central et oriental, montrant la répartition des deux séquences de «Couches rouges». Elle suggère l'existence de rides tectoniques synsédimentaires au fond du «golfe» atlasique médiojurassique (notamment celle du Jbel La'bbadine), ainsi que l'épandage généralisé de la séquence B. Epaisseurs fortement exagérées. Niveau de référence: début de la transgression marine généralisée du Crétacé moyen, qui s'avère être diachrone (Aptien à l'Ouest, Albo-Cénomani à l'Est). Les épisodes érosifs postérieurs, non suggérés ici, n'ont laissé que de maigres résidus de «Couches rouges» (cf. figure 2). Tirée de MONBARON, KÜBLER & ZWEIDLER, sous presse).

- d'un membre basal bathonien, silto-grés-conglomératique (séquence A), d'extension réduite
- et d'un membre sommital jurassico-crétacé (séquence B), équivalent au «Continental intercalaire», plus largement répandu.

Ces deux séquences coexistent parfois en superposition. Chacune peut aussi constituer seule l'ensemble de la série détritique visible sur le terrain. La nature très différente des composants minéralogiques de leur ciment atteste d'un profond changement d'«ambiance» dans le(s) bassin(s) sédimentaire(s) qui a (ont) enregistré leur dépôt. Jusqu'à présent, ces deux séquences n'avaient jamais pu être distinguées l'une de l'autre.

3.2 Mammifères mésozoïques de la région d'Anoual

Dans une note très récente, (SIGOGNEAU-RUSSEL, MONBARON & RUSSELL 1988), nous avons signalé la découverte de *dents de Mammifères* (Pantothériens et Triconodontes) dans les «Couches rouges» du synclinal situé au Nord et à l'Ouest d'Anoual. Il s'agit d'une découverte capitale: ce sont les premières dents connues au Sud de la Téthys entre le Lias inférieur et le Paléocène supérieur. Cette trouvaille présente donc un intérêt paléogéographique et paléontologique considérable. Ces fossiles ne peuvent pas, pour l'instant du moins, nous fournir de renseignements chrono-stratigraphiques précis. Leur découverte relance néanmoins la question: quel est l'âge exact des «Couches rouges» qui les renferment. Rappelons encore une fois les positions en présence:

- DU DRESNAY (1969, 1977), par analogie avec la Formation d'El Mers dans le Moyen Atlas, confère un âge *bathonien* au «Complexe rutilant» des synclinaux d'Anoual;
- pour le soussigné, la séquence B (cf. 3.1) qui constitue l'ensemble de la série rouge de ce secteur, est difficile à dater de façon précise sur la base des critères connus jusqu'à présent: son âge se situerait dans la fourchette *Bathonien-Crétacé inférieur*).

Nous allons voir que ces deux positions légèrement divergentes ne sont pas du tout incompatibles.

La figure 6 montre bien la situation du niveau *contenant les dents de Mammifères* au sein des «Couches rouges»: il s'agit d'une lentille de calcaire à très nombreux débris osseux, véritable brèche à os – surtout de Poissons – épaisse d'une vingtaine de cm et couvrant quelques dizaines de m² au maximum, située au sommet d'un membre alternativement gréseux et calcaire épais d'une quarantaine de mètres. Les

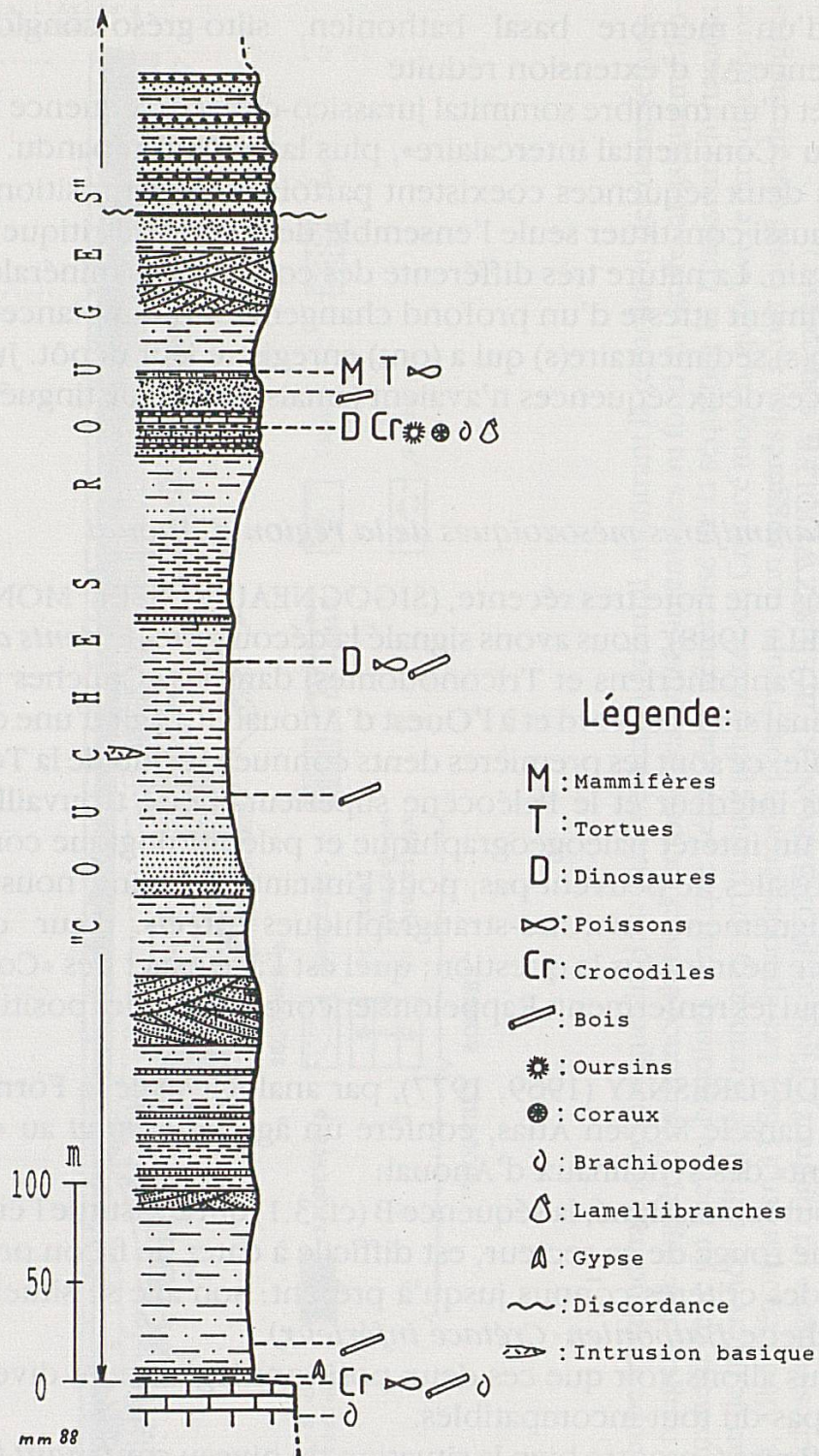


Figure 6 – Coupe stratigraphique des «Couches rouges» du synclinal situé à l'Ouest d'Anoual (Garet ed Debah), précisant la situation du niveau à dents de Mammifères et des bancs de calcaires à Invertébrés marins. Tirée de SIGOGNEAU-RUSSELL & al. 1988.

autres bancs carbonatés ont livré une très riche faune d'*invertébrés marins*: de très nombreux Echinodermes (entre autres des Cidaridés), des Lamellibranches (Exogyra sp., Mytilidés, Ostréidés), des Brachiopodes (divers types de Rhynchonelles), des Gastéropodes (notamment Pterocera sp.) et des Coraux. En outre, les fragments d'os et les plaques de Crocodiliens ne sont pas rares, ainsi que les écailles et ossements de poissons. Si l'on ajoute quelques fragments de Tortue marine et des morceaux (roulés?) d'os de Dinosaures, on constate que cette faune s'avère d'une surprenante variété. L'ensemble de ces fossiles est actuellement à l'étude au Museum national d'Histoire naturelle de Paris.

La localisation de ces niveaux franchement marins très fossilifères au sein du «Complexe rutilant» à «dominante saumâtre ou continentale» (DU DRESNAY 1969) relance l'espoir d'obtenir une datation plus précise des «Couches rouges» de ce synclinal grâce à la paléontologie classique. Reprenant les conclusions d'une très ancienne étude de RUSSO (1927), qui postulait l'existence de «Séquanien» marin daté par des Echinodermes dans les «Couches rouges» du Tendrara, à une trentaine de km à l'Est-Nord-Est d'Anoual, DU DRESNAY (1956, p. 25) écrivait que: «... la présence de couches marines du Jurassique supérieur, dans cette région (d'Anoual), n'est plus une hypothèse à exclure formellement». Nos recherches récentes ont donné raison, trente ans après, à DU DRESNAY: les niveaux marins y existent bel et bien!

Forts de cette découverte, nous franchissons un nouveau pas et nous émettons l'hypothèse suivante: les niveaux riches en invertébrés marins du synclinal d'Anoual correspondraient au «Séquanien» de RUSSO. Si cette hypothèse se vérifiait, nous aurions ainsi:

a) confirmé; en le précisant mieux, l'âge *jurassique* attribué par DU DRESNAY au «Complexe rutilant»;

b) ajouté un certain crédit à l'âge *crétacé inférieur* proposé par le même auteur pour la légère discordance des conglomérats calcaires (figure 4, carte et figure 4, coupe). Actuellement, cet âge a valeur d'axiome et n'est prouvé par aucun fait, paléontologique ou autre («L'âge de cette discordance n'est toujours pas connu avec certitude.» DU DRESNAY 1969, p. 147);

c) confirmé, pour la séquence B, qu'il s'agit bien d'une série compréhensive partant du Jurassique moyen et montant jusqu'au Crétacé moyen, par l'intermédiaire d'un *Jurassique supérieur* enfin daté dans un site précis du Haut Atlas.

Bilan

En résumant brièvement ce dernier point, nous pouvons souligner que l'acquis des récentes recherches de terrain dans le Haut Atlas oriental est très important: outre les premières dents de Mammifères post-liasiques africains, ces couches rubéfiées ont livré une très riche faune marine, dont la détermination nous permettra sans doute de préciser l'âge de la séquence B. Selon toute vraisemblance, certains niveaux de cette séquence B appartiennent au Jurassique supérieur. L'origine marine d'une partie importante des «Couches rouges», généralement considérées comme continentales, a été en outre mise une nouvelle fois en évidence.

4. CONCLUSIONS

La datation de formations continentales, ou considérées comme telles, est souvent rendue difficile par le fait qu'elles ne présentent que très peu d'éléments d'analyse déterminants. Ceci est dû:

- à l'apparente monotonie de ces séries sédimentaires;
- à leur épaisseur souvent considérable;
- à l'absence, du moins à première vue, de fossiles caractéristiques (ou à l'abondance relative des seuls «mauvais» fossiles, tels les bois sili-cifiés).

A ces carences s'ajoute, surtout dans les «Couches rouges» dont nous venons de parler, une rubéfaction (= oxydation) secondaire qui uniformise dans une large mesure l'aspect extérieur des sédiments.

Toutefois, le temps et la diversification des études aidant, les faits finissent par s'accumuler, les preuves par émerger. La patience, un peu de chance, le travail en équipe pluridisciplinaire sont les ingrédients indispensables pour progresser. La démarche des chercheurs peut en outre s'appuyer sur les hypothèses, voire les intuitions géniales des prédécesseurs, qui les guident dans leur approche parfois tâtonnante.

Et peu à peu, on s'aperçoit que les «Couches rouges» du Haut Atlas sont beaucoup moins avares en renseignements qu'on ne le supposait!

Elles n'ont toutefois, et de loin, pas encore révélé toutes les facettes de leur nature complexe. Les recherches s'y poursuivent activement et sur des pistes variées: sédimentologiques, paléontologiques, tectoniques. Les jeunes chercheurs de la Faculté des Sciences de Marrakech

s'attellent depuis quelque temps à une inspection minutieuse de plusieurs synclinaux de «Couches rouges» et cherchent à en révéler les plus intimes particularités. L'optique de telles études monographiques est totalement différente de celles, beaucoup plus synthétiques, qui s'attachent à analyser un seul phénomène et son évolution sur de très larges aires. L'approche des séquences sédimentaires dont nous avons rendu compte (cf. 3.1) appartient à cette deuxième catégorie. Il va de soi qu'aucune des deux démarches n'a le pas sur l'autre et qu'elles sont pleinement complémentaires: l'une défriche des voies nouvelles, l'autre les aménage... ou les abandonne si elles s'avèrent inadéquates à l'analyse fine. Il est certain que la démarche synthétique est plus périlleuse que l'autre, car porteuse de plus d'incertitudes ou d'approximations et obligée de laisser derrière elle de larges zones d'ombre. Mais renoncer à ce genre d'approche, au profit des seules études monographiques, serait se condamner à ne marcher que sur une seule jambe. On ne peut aller très loin en sautant à cloche-pied!

Nous espérons avoir la possibilité, dans quelques années, de refaire l'exercice tenté dans la présente note: pouvoir juger, donc au besoin sanctionner, nos idées actuelles sur l'âge et la subdivision des «Couches rouges», à la lumière des faits nouveaux qui seront apparus. Cela signifiera que le sujet aura continué à passionner les chercheurs. Dans cette perspective, les hypothèses de travail présentées ci-dessus devraient constituer le point de cristallisation de nouvelles recherches et donc, de nouveaux débats...

«L'orthodoxie peut être aussi bornée en science qu'en religion. Je ne sais comment l'ébranler autrement qu'en faisant preuve d'une forte imagination mise au service de travaux non conventionnels et contenant en elle-même un potentiel élevé d'erreurs inspirées.»

Stephen Jay Gould
Le pouce du panda, 1980

5. REMERCIEMENTS

Nous remercions ici le Fonds national suisse de la Recherche scientifique, qui a financé une part importante de nos travaux, notamment toutes les missions de terrain au Maroc (requêtes n° 2.720.082 et 2.407.084). Les autorités géologiques marocaines, en particulier le Directeur de la Géologie, M. Mohammed BENZAÏD et le chef de la Division de Géologie générale, M. Mohammed DAHMANI, nous ont toujours très bien accueilli et facilité la tâche, en mettant l'infrastructure de leurs services à notre disposition. Nous avons pu compter sur le soutien actif et les conseils scientifiques avisés de MM. Jean-Paul SCHAER et Bernard KÜBLER, tous deux professeurs à l'Institut de Géologie de Neuchâtel. La collaboration avec plusieurs chercheurs du Museum national d'Histoire naturelle de Paris, en particulier son actuel Directeur, M. Philippe TAQUET, professeur de Paléontologie, ainsi que M^{me} Denise SIGOGNEAU-RUSSELL et M. Donald RUSSELL, tous deux paléontologues au L.A. 12 du CNRS, a été des plus fructueuses. Enfin, nous ne saurions oublier de mentionner tous nos anciens collègues géologues du Service de la Carte géologique du Maroc et tout particulièrement MM. Renaud DU DRESNAY et Jacques JENNY, avec lesquels nous avons de fréquents et enrichissants échanges à propos de la géologie du domaine atlasique.

Michel Monbaron

6. BIBLIOGRAPHIE

CHOUBERT G. & collab. (1950-1959): *Carte géologique du Maroc au 1:500.000 en 6 feuilles*. Notes Mém. Serv. géol. Maroc, 70.

DRESNAY R. DU (1956): *Contribution à l'étude de la série détritique jurassico-crétacée dans le Haut Atlas oriental*. Notes Serv. géol. Maroc, 14 (= vol. 133 des Notes et Mémoires), 1-32.

DRESNAY, R. DU (1963): *Données stratigraphiques complémentaires sur le Jurassique moyen des synclinaux d'El Mers et de Skoura (Moyen Atlas, Maroc)*. Bull. Soc. géol. France, 7^e sér., 5/4, 884-900.

DRESNAY R. DU (1969): *Discussions stratigraphiques sur les conditions de gisements de bois fossiles mésozoïques du Maroc, étudiés par M^{lles} Y. Attims, F. Crémier et F. Gazeau*. Notes Mém. Serv. géol. Maroc, 210, 121-178.

DRESNAY R. DU (1977): *Carte géologique du Haut Atlas d'Anoual - Bou Anane, Haut Atlas oriental au 1:200.000*. Notes Mém. Serv. géol. Maroc, 246.

DRESNAY R. DU (1979): *Sédiments jurassiques du domaine des chaînes atlasiques du Maroc*. Sympos. sédim. jurass. ouest-européen (Paris 1977). A.S.F., public. spéciale, I., 345-365.

JENNY J. (1984): *Dynamique de la phase tectonique synsédimentaire du Jurassique moyen dans le Haut Atlas central (Maroc)*. Eclogae geol. Helv. 77/1, 143-152.

JENNY J., LE MARREC A. & MONBARON M. (1981): *Les Couches rouges du Jurassique moyen du Haut Atlas central (Maroc): corrélations lithostratigraphiques, éléments de datation et cadre tectono-sédimentaire*. Bull. Soc. géol. France, (7), XXIII, 6, 627-639.

MONBARON M. (1981): *Sédimentation, tectonique synsédimentaire et magmatisme basique: l'évolution paléogéographique et structurale de l'Atlas de Beni Mellal (Maroc) au cours du Mésozoïque; ses incidences sur la tectonique tertiaire*. Eclogae geol. Helv., 74/3, 625-638.

MONBARON M. (1982a): *Précisions sur la chronologie de la tectogenèse atlasique: exemple du domaine mésogéen du Maroc*. C.R. Acad. Sci. Paris, 294, II, 883-886.

MONBARON M. (1982b): *Un relief anté-bathonien enfoui sur la ride du Jbel La'bbadine (Haut Atlas central, Maroc); conséquences pour la chronologie de l'orogénèse atlasique*. Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing., 48, 114, 9-25.

MONBARON M. (1983): *Dinosauriens du Haut Atlas central (Maroc): état des recherches et précisions sur la découverte d'un squelette complet de grand Cétiosaure*. Actes Soc. jurass. Emulation, 203-234.

MONBARON M. (1985): *Carte géologique du Maroc au 1:100.000, feuille Beni Mellal*. Notes Mém. Serv. géol. Maroc, 341. (Carte levée de 1976 à 1982).

MONBARON M. & TAQUET Ph. (1981): *Découverte du squelette complet d'un grand Cétiosaure (Dinosaure Sauropode) dans le bassin jurassique de Tilougguit (Haut Atlas central, Maroc)*. C.R. Acad. Sc. Paris, 292, II, 243-246.

MONBARON M., KÜBLER B. & ZWEIDLER D. (sous presse): *Sédimentation détritique rubéfiée dans la fosse atlasique au Mésozoïque: essai de corrélations latérales à l'aide de l'analyse factorielle des correspondances*. Mém. du P.I.C.G. 210, Sédiments continentaux en Afrique, Pergamon Press, Oxford, en anglais. (Parution 1989)

RUSSO P. (1927): *Recherches géologiques sur le territoire des Hauts-Plateaux (Maroc oriental)*. Ann. Univ. Lyon, nouv. sér., fasc. 46.

SIGOGNEAU-RUSSELL D., MONBARON M. & RUSSELL D.E. (1988): *Découverte de Mammifères dans le Mésozoïque moyen d'Afrique*. C.R. Acad. Sci. Paris, 307, II, 1045-1050.

X.X. (1985): *Carte géologique du Maroc au 1:1.000.000*. Notes Mém. Serv. géol. Maroc, 260 (maquette achevée en 1977, révisée en 1982).

L'épuration des eaux usées domestiques et industrielles dans le canton du Jura

par J. G. G. G.

Hydrographie

1962

Il est utile de rappeler que le canton du Jura est un territoire à forte densité de population, ce qui explique la grande importance de la question de l'épuration des eaux usées. Les plus importantes agglomérations sont les villes de Delémont, Delsberg, Grenchen, Yverdon et Yverdon-les-Bains. Les eaux usées de ces villes sont collectées dans des réseaux d'égouts qui les transportent vers des stations d'épuration. Ces stations sont équipées de divers procédés de traitement, tels que la décantation, la filtration et la désinfection. Les eaux traitées sont ensuite rejetées dans les cours d'eau ou utilisées pour l'irrigation. Le canton du Jura dispose également de plusieurs stations d'épuration pour les eaux industrielles, qui sont traitées de manière spécifique en fonction de leur composition. Ces stations jouent un rôle essentiel pour protéger l'environnement et garantir la qualité des ressources en eau. Les autorités cantonales surveillent régulièrement la qualité des eaux traitées et des eaux de réception, afin de s'assurer que les normes de protection de l'environnement sont respectées. Cette surveillance est effectuée à l'aide de points de mesure fixes et de campagnes de mesure ponctuelles. Les résultats de ces contrôles sont publiés dans des rapports annuels, qui permettent aux citoyens de connaître l'état de l'environnement aquatique de leur région. En conclusion, le canton du Jura dispose d'un système d'épuration des eaux usées performant, qui permet de traiter efficacement les effluents domestiques et industriels. Cette infrastructure est essentielle pour garantir la santé publique et la préservation de l'environnement. Les autorités cantonales continueront de travailler à l'amélioration de ce système, afin de répondre aux défis croissants de la pollution des eaux.

MONBARON M. (1962). Géostrophes du Haut Atlas central (Maroc) : but des recherches et précisions sur la déformation d'un système complet de grand Cénozoïque. Actes Soc. géol. Belgique, 205-234.

MONBARON M. (1965). Carte géologique de Maroc au 1:100 000, feuille Beni Mellal. Notes Mem. Serv. géol. Maroc, 341. (Carte levée de 1976 à 1982).

MONBARON M. & TAQUET PH. (1961). Découverte de squelette complet d'un grand Cétacé dans le Haut Atlas central (Maroc). Journal de Géologie (Paris), 69, 205-214.

MONBARON M. (1962). Les tectoniques de l'Atlas central (Maroc) : les déformations latérales à l'issue de l'analyse factorielle des corrélations. Mem. Serv. géol. Maroc, 342. (Mémoires géologiques en Afrique. Publication Press. Oxford, en anglais. (Harvard 1962).

RIBAUD J. (1927). Recherches géologiques sur le territoire des Hauts Plateaux (Maroc oriental). Ann. Univ. Lyon, 1927, fasc. 46.

SIBOGNEAU-RUSSELL D., MONBARON M. & STANILL D.E. (1965). Découverte de Mammifères dans le Néozoïque moyen d'Afrique. C.R. Acad. Sci. Paris, 407, II, 1045-1050.

XIZI (1985). Carte géologique de Maroc au 1:100 000. Notes Mem. Serv. géol. Maroc, 360 (enquête achevée en 1977, révisée en 1982).