

Les environnements de dépôt des formations triasiques de la région de Meskala (bassin d'Essaouira, Maroc) : apport de l'analyse des diagraphies et des carottes

Rkia BOUATMANI¹⁻², M'Fedal AHMAMOU¹, Allal EL OUARGHIOU²,
Fida MEDINA³, Abdelkhalek EL MOURABIT² & Lahcen DAOUDI⁴

1. Université Mohammed V-Agdal, Faculté des Sciences, Département de Géologie, UFR Géologie structurale et appliquée, B.P. 1014 R.P., Rabat. e-mail : georekia@yahoo.fr ; ahmamou@fsr.ac.ma

2. ONAREP, 34, Av. El Fadila, B.P. 8030 NU, Rabat.

3. Université Mohammed V-Agdal, Institut Scientifique, Département de Géologie, B.P. 703 Agdal, Rabat. e-mail : medina@israbat.ac.ma

4. Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences et Techniques, Département de Géologie, B.P. 549, Marrakech.

Résumé. L'analyse des diagraphies de 10 forages du champ de Meskala (bassin d'Essaouira) permet de définir au sein des formations triasiques, épaisses de 900 m en moyenne, 6 membres appartenant à l'unité diagraphique 2 du bassin. L'analyse des dépôts silico-clastiques (membres 6a, 6b, 7b et 10) montre que les membres 6a à 7a représentent une mégaséquence positive passant des dépôts de chenaux à ceux d'une sebkha (membre 7a). Le membre 7b comporte des séquences de chenaux surmontées par celles de barres, les passages latéraux étant fréquents. Au-dessus des basaltes, le membre 10 est constitué de séquences de chenaux passant vers le nord à des séquences de barres. La cartographie des séquences principales permet de déterminer la géométrie en 3 dimensions des corps sédimentaires, qui correspondent à des deltas lacustres salins superposés dans le temps. L'évolution verticale des cycles au-dessus des basaltes est comparable à celle observée au sommet du Trias dans le couloir d'Argana, où les termes de base des séquences reflètent une plus grande profondeur que les séquences sommitales, ce qui est conforme à l'idée d'un dessèchement lié à un réchauffement cyclique du climat contrôlé par les cycles de Milankovitch. Les variations d'épaisseur observées au champ de Meskala sont principalement liées à l'hydrodynamisme et à la topographie.

Mots clés : Maroc, bassin d'Essaouira, Trias, diagraphie, sédimentation silico-clastique.

Depositional environments of the Triassic formations in the Meskala area (Essaouira basin, Morocco) : contribution of log and core analysis.

Abstract. Log analysis of 10 wells performed in the Meskala field (Essaouira basin) allowed us to define within the Triassic formations, which attain 900 m, 6 members that belong to unit 2 of the basin. Analysis of siliciclastic deposits (members 6a, 6b, 7b and 10) shows that members 6a to 7a represent a fining-upward megasequence grading from channel deposits to those of a sabkha (member 7a). Member 7b comprises channel sequences overlain by bar sequences, lateral changes being very frequent. Member 10, located above the basalt flows, is composed of channel sequences grading northwards into bar sequences. Cartography of the main sequences allowed us to determine the 3-D geometry of the sedimentary bodies, which correspond to superimposed deltas. Vertical evolution of these cycles is comparable to those observed at the top of the Triassic formations in the Argana basin, where the basal terms of the sequences reflect greater depth than the upper ones, which is in accordance with a drying period related to cyclic climate warming controlled by the orbital Milankovitch cycles. Thickness variations in the Meskala area seem mainly related to hydrodynamism and topography.

Key words: Morocco, Essaouira basin, Triassic, log wells, siliciclastic deposition.

INTRODUCTION

Le bassin d'Essaouira (Fig. 1) constitue, parmi les nombreux bassins créés au Maroc lors du rifting de l'Atlantique central au Trias, une région importante qui marque la transition des bassins atlasiques, à dépôts essentiellement silico-clastiques, aux bassins mesetiens évaporitiques (Salvan 1984). Dans ce bassin, les formations triasiques sont profondément enfouies sous la couverture jurassique à éocène, et leur étude ne peut s'effectuer qu'au moyen des forages et des méthodes indirectes comme les diagraphies et la sismique-réflexion. En particulier, les diagraphies différées Sonique et Gamma Ray (GR) fournissent des informations précieuses sur la lithologie et les séquences traversées (par ex. Serra 1985).

Dans cet article, nous étudions les faciès, les séquences et les environnements de dépôt des formations triasiques de la région productive de Meskala, à travers l'analyse des diagraphies réalisées dans 10 forages (Fig. 2), et de quelques carottes. Ces niveaux, en particulier les grès,

présentent un grand intérêt pétrolier en tant que roches réservoirs (Broughton & Trépanier 1993, ONAREP 1998).

CADRE GEOLOGIQUE ET STRUCTURAL

Le bassin d'Essaouira onshore fait partie du bassin côtier d'El Jadida-Agadir. Il est limité au nord par le bassin de Doukkala et les Jebilet occidentales, à l'est par la plaine du Haouz, au sud par le Haut Atlas occidental et à l'ouest par l'Océan atlantique (Fig. 1).

Les données de forage et l'interprétation des profils sismiques (Le Roy *et al.* 1997, Hafid 1999, Bouatmani 2002) montrent que sur le socle paléozoïque, les formations mésozoïques et cénozoïques sont représentées par une séquence syn-rift, d'âge permien terminal probable à jurassique basal (avec une lacune au Trias inférieur), déposée dans des demi-grabens limités par des failles normales de direction subméridienne, et une séquence post-rift discordante sur la précédente, comprenant des

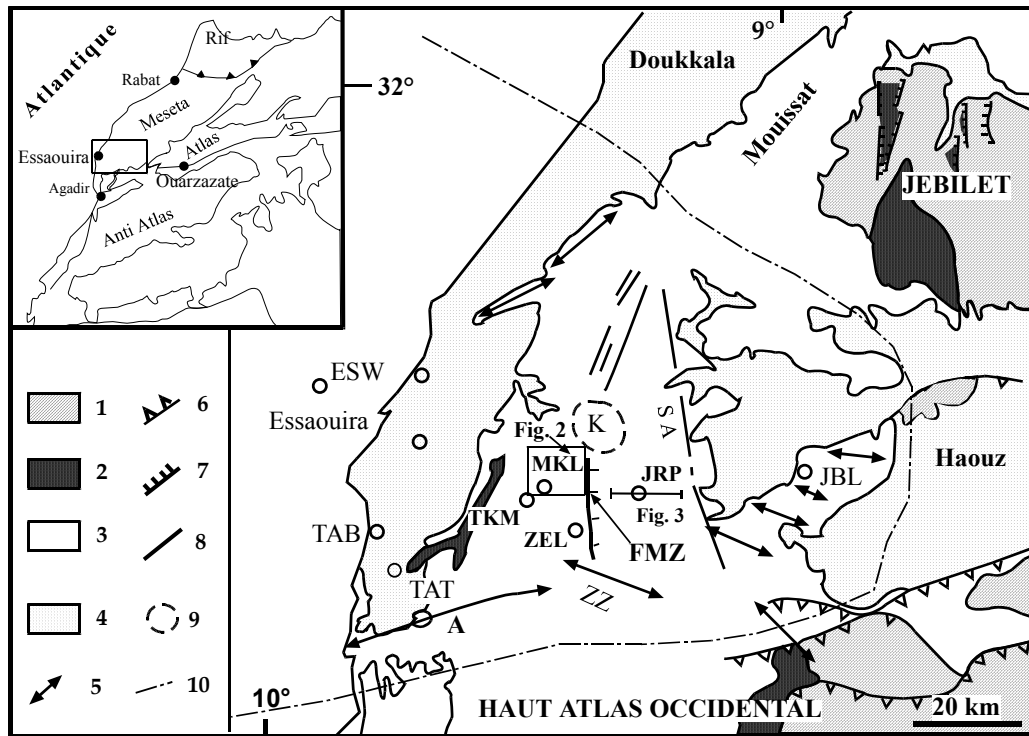


Figure 1. Carte structurale simplifiée du bassin d'Essaouira et localisation des puits étudiés. 1, socle paléozoïque ; 2, Permien terminal et Trias ; 3, Jurassique et Crétacé ; 4, Pliocène et Quaternaire ; 5, axe anticlinal ; 6, faille inverse ; 7, faille normale ; 8, décrochement / faille indéterminée ; 9, diapir ; 10, limite du bassin d'Essaouira. A, Amsitten ; K, Kechoula ; ZZ, Zem Zem ; FMZ, faille de Meskala-Zelten ; SA, Sidi Amara. Les forages sont indiqués par des cercles ; ceux en caractères gras correspondent aux forages présentés dans cette note.

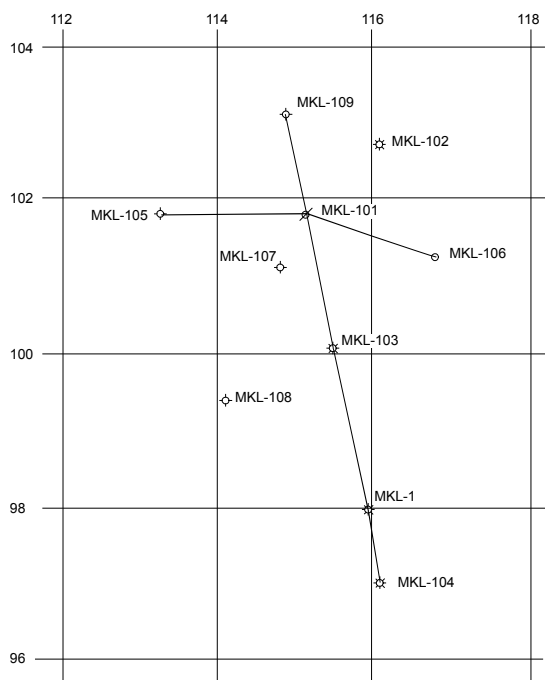


Figure 2. Emplacement relatif des forages MKL (localisation dans Fig. 1).

séries essentiellement carbonatées d'âge jurassique inférieur à éocène.

La séquence syn-rift comporte trois séquences identifiées par la sismique (SS1 à SS3), séparées par une discordance nette (Le Roy *et al.* 1997, Hafid 1999, Bouatmani 2002 ; Fig. 3, d1). Au puits JRP-1, la séquence SS1 est constituée,

de bas en haut (Fig. 3), par des grès et argilites basales (membre 1 ; 100 m), des basaltes, dits « inférieurs » (membre 2 ; 400 m), un deuxième niveau de grès et argilites (membre 3 ; 150 m), du sel (membre 4 ; 200 m), puis des grès et argilites sommitales (membre 5 ; 150 m). L'interprétation des profils sismiques montre que le sommet de cette séquence est tronqué par érosion comme l'atteste l'allure des toplaps contre la discordance d1 (Fig. 3), la série étant plus complète à l'ouest, à l'approche de la faille bordière.

La séquence sismique SS2 comporte des dépôts grés-argileux (membre 6 ; 200 m) surmontés par du sel (membre 7 ; 450 m). L'extension de cette séquence vers l'ouest est plus importante comparativement à la première.

Enfin, la séquence sismique SS3, qui montre la plus grande extension, comprend des basaltes, dits « supérieurs » (membre 8 ; 150 m), du sel (membre 9 ; 200 m) puis des grès et argilites (membre 10 ; 100 m).

Les seuls microfossiles trouvés dans ces formations sont les ostracodes *Lymnocythere* sp., *Darwinula* sp. et *Bairdiacypris* sp. déterminés aux forages MKL-1 et MKL-104 (Slimane & El Mostaine 1997). Ces microfossiles permettent d'attribuer un âge carnien-norien, voire ladinien-norien (J.-P. Colin, comm. pers., 2004), aux séries argilo-silteuses infra-salifères (base de SS2), et liasique (sans plus de précisions, hettangien ?) aux formations rouges supra-basaltes (sommet de SS3). Sur la base des travaux les plus récents effectués dans les bassins voisins (Tourani *et al.* 2000, Jalil 2001, Medina *et al.* 2001), l'âge de la séquence inférieure (SS1) pourrait être permien terminal à anisien probable, avec une lacune du Trias inférieur.

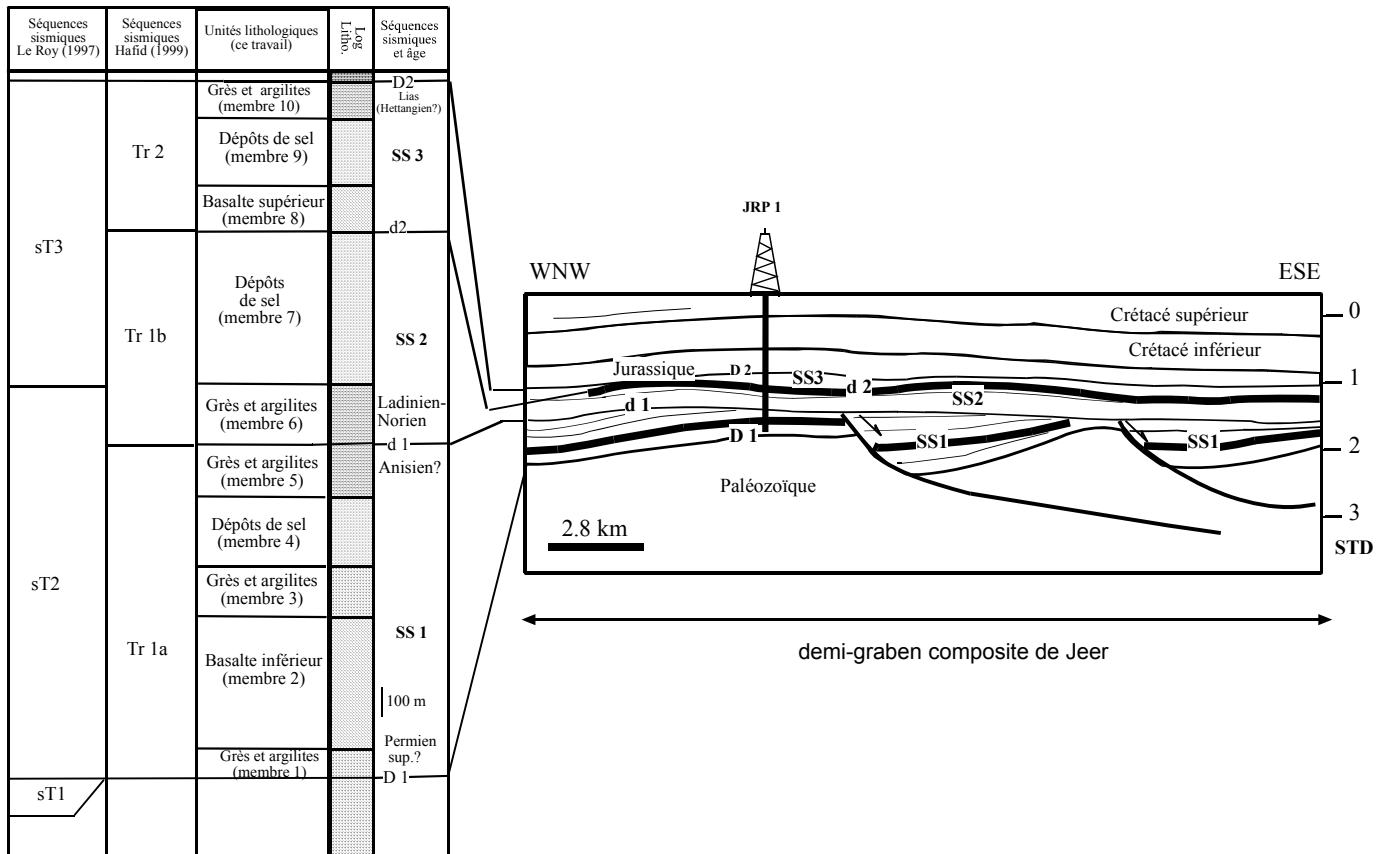


Figure 3. Profil ES27 et succession lithologique du forage JRP-1 (localisation dans Fig. 1). SS1 à SS3, séquences sismiques ; D1 et D2, respectivement discordance Trias/Paléozoïque anté-permien terminal et Jurassique/Trias ; d1 et d2, discordances intra-triasiques.

BASE DE DONNÉES ET MÉTHODOLOGIE

L'étude sédimentologique par diagraphies GR et Sonique de la série synrift du champ de Meskala (6 x 4 km) a été effectuée sur 10 puits ayant traversé la série en partie ou en totalité (Fig. 2). Les réponses des diagraphies ont été calibrées par l'observation de près de 400 lames minces de déblais et de 6 carottes.

L'analyse séquentielle a été menée sur la base des travaux classiques d'analyse diagraphique des formations fluvio-lacustres et deltaïques (par ex. Serra 1985, Allen 1989), et des études effectuées sur le Trias marocain en général (Salvan 1984, Peretsman 1985, Holser *et al.* 1988, Lorenz 1988, Et-Touhami 1996, Oujidi & Et-Touhami 2000), en tenant compte du caractère continental des dépôts du bassin d'Essaouira. Ce type d'environnement est prouvé par l'existence de faciès et de séquences fluviales observés dans les carottes (Bouatmani 2002, cf. *infra*), et par les caractéristiques géochimiques des dépôts, en particulier la teneur en brome et en isotopes de soufre et de strontium des évaporites, qui indiquent une alimentation continentale du bassin, contrairement aux bassins plus septentrionaux à alimentation marine (Peretsman 1985, Holser *et al.* 1988, Et-Touhami 1996).

Cette analyse permet d'interpréter les électro-séquences positives (grano-décroissantes) comme des séquences de chenaux ou, pour la base des séquences, comme des épandages détritiques de type cône alluvial, et les électro-séquences négatives (grano-croissantes) comme des

séquences de barres de front de delta lacustre salin (sebkha, playa).

Au cours de cette étude, les étapes suivantes ont été réalisées :

- habillage lithologique des diagraphies GR et Sonique, basé sur les données du log lithologique de forage ;
- analyse séquentielle des diagraphies, qui a permis de déterminer le milieu de dépôt de la série dans chaque puits ;
- établissement de corrélations entre les puits du champ de Meskala, afin de localiser les variations latérales et verticales de l'environnement ;
- élaboration de cartes en isopaques afin de visualiser la géométrie tri-dimensionnelle des corps sédimentaires, en particulier les corps gréseux constituant la roche réservoir.

ANALYSE DU Puits MKL-103

Du point de vue diagraphique, la série syn-rift du bassin d'Essaouira peut être subdivisée en deux unités appelées unité 1 et unité 2 (Bouatmani 2002, Bouatmani *et al.*, sous presse), correspondant respectivement aux séquences sismiques SS1 et l'ensemble SS2-SS3. La coupe-type des formations triasiques de la région de Meskala, localisée sur un horst (Broughton & Trepanier 1993), est celle du puits MKL-103. Elle comporte uniquement l'unité diagraphique 2, l'unité 1 étant absente (Fig. 4). La nomenclature des membres adoptée est celle de Bouatmani *et al.* (sous presse), dans laquelle les formations triasiques de la région de Meskala débutent par le membre 6, les membres 1 à 5

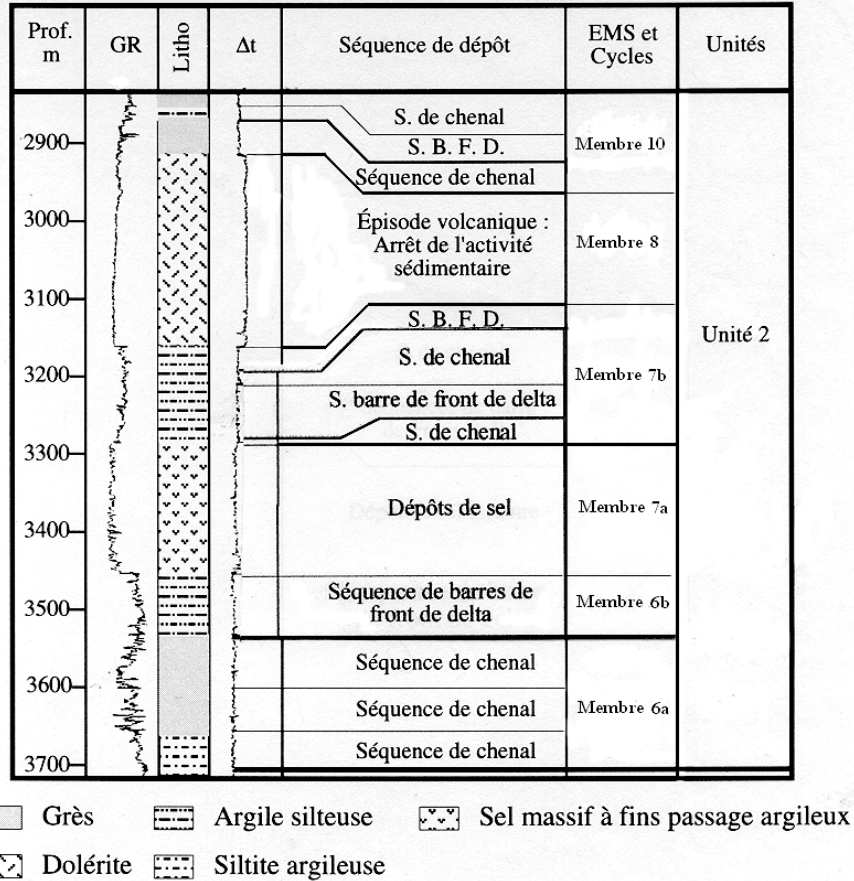


Figure 4. Log habillé du forage MKL-103 et subdivisions lithologiques. Localisation du puits dans la figure 2.

Tableau I. Faciès sédimentaires observés dans les carottes du forage MKL-103, selon la nomenclature de Miall (1978, 1992).

Faciès	Description
Gm (Pl. I, a)	Ortho-microconglomérat à texture de type " <i>clast supported</i> ". Les éléments constitutifs sont des galets subanguleux de 0,2 à 2 cm de diamètre, sans granoclassement.
St (Pl. I, b)	Grès très grossiers, de couleur rouge clair avec des mouchetures de minéralisation en fer. Son épaisseur est de 0,15 à 1,5 m, et il présente des stratifications obliques arquées du type " <i>Pi-cross stratification</i> " (Allen 1963), correspondant à des dépôts de dunes hydrauliques.
Sp (Pl. I, c)	Grès gris clair moyen à fin, à stratifications obliques tabulaires de type " <i>Alpha cross-stratification</i> " (Allen 1963), avec un angle d'inclinaison des <i>foresets</i> pouvant atteindre 45° et une base des <i>sets</i> régulière et plane, indiquant un écoulement de bas régime. Ce faciès est souvent associé au faciès St.
Sr (Pl. I, d)	Grès moyen à grossier de couleur rosâtre à grise, à rides de courant et rides chevauchantes mises en place par un écoulement de bas régime.
Sh (Pl. I, e)	Grès très fin à laminations horizontales ; par endroits, apparaissent des lits argilo-silteux où s'injectent des grès très fins donnant des structures anarchiques, pouvant correspondre à des séismites.
Sl (Pl. I, c)	Grès très fin à siltite, de couleur rouge, à stratifications obliques planes de très faible pendage (< 10°).
Fl (Pl. I, g)	Siltite rouge à lamines planes parallèles associées à quelques rides d'oscillation ; ce faciès est souvent intercalé au sein du faciès Fsc.
Fsc (Pl. I, f, h)	Argilite rouge à lamines planes parallèles bioturbées (h) ou bréchifiées (f).

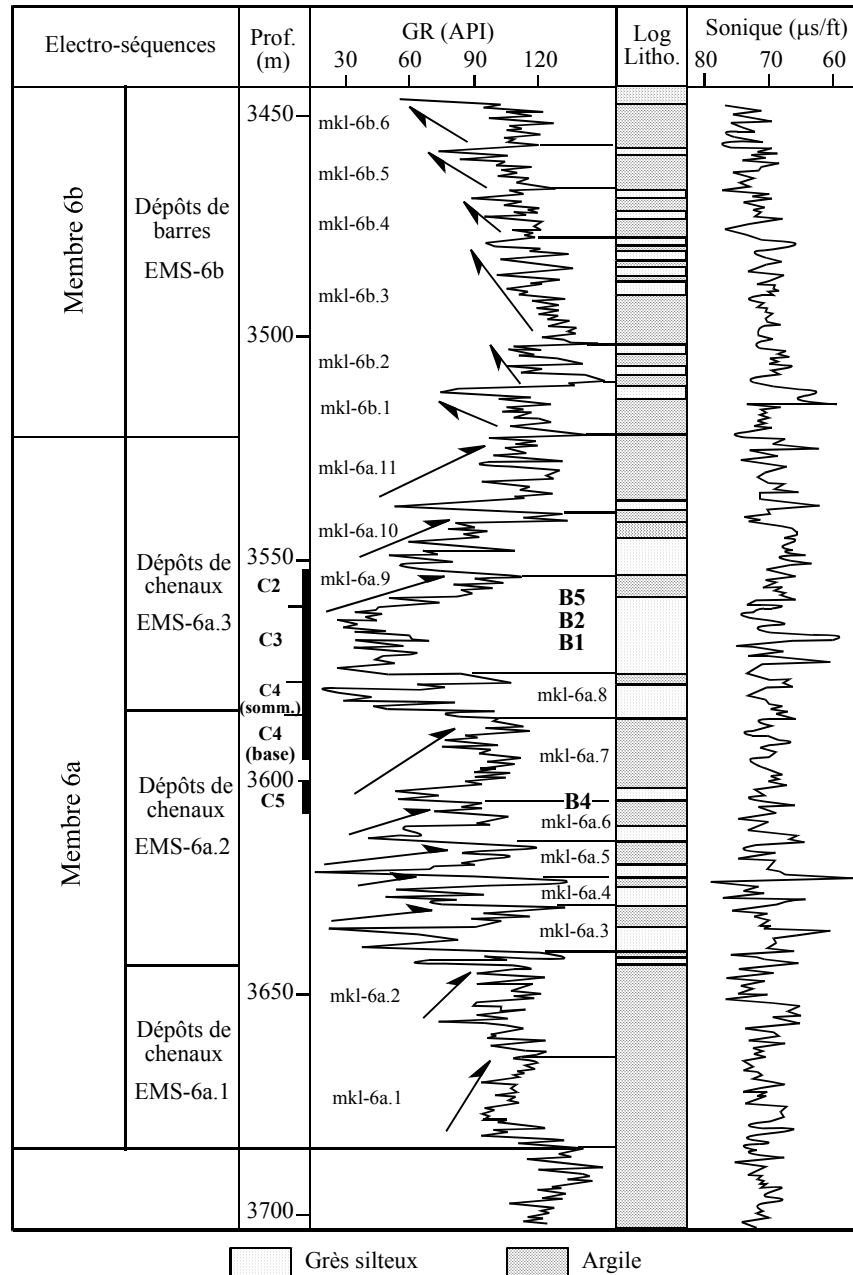


Figure 5. Interprétation séquentielle des réponses diagaphiques de la série grés-argileuse infrasalifère du puits MKL-103 (membres 6a et 6b). Localisation dans la figure 4.

étant cantonnés au puits JRP-1 (cf. *supra*), et se terminent par le membre 10.

Dans cette section seront analysées les carottes réalisées dans le membre 6a, puis l'ensemble de l'unité 2 du puits MKL-103.

Données des carottes du membre 6a

Faciès et associations de faciès

Les carottes disponibles ont été analysées dans le but de préciser les environnements de dépôt de la base de la série triasique (membre 6a). Les faciès et les structures sédimentaires ont été étudiées en utilisant la terminologie de Miall (1978, 1992). Cette analyse a permis de mettre en évidence 8 lithofaciès (Tabl. I, Pl. I) rassemblés en 5 associations de faciès (Fig. 6).

Association A1 : elle comporte le faciès Gm à la base, surmonté par des grès gris clair, fins et massifs ou à lamines parallèles (faciès Sh) avec parfois des structures de glissement (séismites ?). Cette association peut être attribuée à l'élément architectural CH (Miall 1992), correspondant à des dépôts de chenaux mineurs au sein d'un complexe de chenaux. Elle représente la zone de charge de fond (*bed load zone*), où le transport se fait principalement par traction ou roulement au fond du chenal (Sundborg 1956). Les éléments du faciès Gm sont subanguleux, et ont donc subi un faible transport.

Association A2 : cette association est formée de grès rouges moyens à stratifications obliques en auge (faciès St), à stratifications obliques planes (faciès Sp), et à rides chevauchantes (faciès Sr). Les surfaces limites sont d'ordre 1 et 2 ou 3 lorsque la surface est convexe vers le haut (Miall

1992), comme dans le cas du faciès Sr à rides chevauchantes. Ces caractéristiques peuvent être attribuées à l'élément architectural DA (Miall 1992), qui correspond à une barre active non périodique, de forme irrégulière attestée par des rides chevauchantes qui indiquent une accumulation rapide de sédiments (Tye *et al.* 1999). Cet élément est particulièrement caractéristique des systèmes fluviaux en tresse. Son épaisseur varie de 0,6 à 3,6 m. Cette association surmonte parfois l'association A1, et elle est surmontée par A5. Le transport se fait par traction et suspension (Visher 1965).

Association A3 : observée dans les carottes C4 et C2, cette association est composée de lits microconglomératiques à base ravinante, surmontés par des argilites rouges bioturbées. Elle peut être attribuée à l'assemblage G₁ (Rust 1982), et interprétée comme des dépôts plats distaux de cônes alluviaux. Cette association s'intercale au sein de l'association A4.

Association A4 : elle comporte des grès gris clair à roses, fins, massifs ou présentant parfois des lamines parallèles, horizontales et des structures de séismites (faciès Sh). Ce faciès est associé à des grès fins à laminations obliques peu inclinées (faciès S1). Cette association, dont l'épaisseur varie de 0,5 à 6 m, peut être attribuée à l'élément architectural LS (Miall 1992), qui reflète des dépôts en nappe, caractérisant un haut régime durant les inondations brusques en milieu aride et mis en place au niveau des plaines avec un réseau fluvial en tresse distale. Le développement de cette association est lié au déplacement sur un plan par traction d'une masse dense de sédiments (Sundborg 1956). L'association, bien développée dans les niveaux supérieurs des barres, s'est donc mise en place durant les stades de baisse des inondations et/ou par accrétion des sables durant la chute de la vitesse du courant.

Association A5 : cette association est formée par des argilites brun-rouge à anneaux de Liesegang fusionnant par endroits pour donner des lits de 1 à 3,5 cm d'épaisseur. Les argilites admettent des siltites laminées ou à rides de courant de 6 cm d'épaisseur. Cette association surmonte généralement l'association A2. Les argiles laminées impliquent une énergie faible et la couleur rouge une oxydation. Les anneaux de Liesegang sont interprétés (Biron 1982) comme de la matière organique, déposée dans une plaine d'inondation (Cant 1982), dont le *nucleus* est enrichi en cuivre lors de la diagenèse. Cette association peut être attribuée à l'élément architectural OF "overbank flood plain" (Miall 1992).

Analyse séquentielle

Dans la carotte C5 (côtes 3612-3603), les associations de faciès forment 4 séquences grano-décroissantes (Fig. 6), chacune étant constituée à la base par des dépôts de l'association A2, correspondant à des barres, et coiffée au sommet par des lits argileux de l'association A4, correspondant à des dépôts de débordement, où s'intercalent parfois des lits silteux reflétant une décantation dans un chenal abandonné.

La base de la carotte C4 (côtes 3597-3588) est constituée par des dépôts de l'association A5, correspondant à des

sédiments de levée, en continuité avec les dépôts argileux de la séquence simple de la carotte C5 (Fig. 6). Ces argiles sont surmontées par une séquence simple, formée par l'association A2 à la base, et coiffée au sommet par les faciès Fsc et Sr de dépressions latérales, indiquant le comblement et l'abandon du chenal (association A4). La séquence se termine par des dépôts de l'association A5 (plaine d'inondation).

Le sommet de la carotte C4 (côtes 3588-3579), la carotte C3 (côtes 3579-3561) et une partie de la carotte C2 (3561-3552), sont formés par l'empilement de plusieurs séquences grano-décroissantes (Fig. 6). Ces séquences présentent à la base des dépôts microconglomératiques de l'association A3 ou A1, surmontés par des dépôts de l'association A2, correspondant à des dépôts de chenaux. Dans le premier cas, les associations A3-A2 sont surmontées par des dépôts de l'association A4, indiquant un haut régime causé par des inondations brusques en milieu aride (Rust 1982). D'autres séquences sont formées de dépôts de l'association A2, avec à la base, les faciès St, Sp ou Sr, et au sommet les faciès S1 ou Sh, indiquant des dépôts de chenaux avec une chute de la vitesse de courant.

Nature des argiles

Les grès des carottes ont fait l'objet d'un échantillonnage en vue d'observer les principaux minéraux argileux au MEB de la Faculté des Sciences de Rabat (Fig. 5, niveaux B1, B2, B4 et B5). Sur l'ensemble des photographies observées, le minéral argileux dominant est l'illite. Selon les échantillons, ce minéral se présente sous différentes formes (Pl. I) :

- soit de cristaux en plaquettes isolées dont la forme générale est irrégulière, mais qui tend à devenir rectiligne dans certains côtés (Fig. 5, niveau B1, et Pl. II, photo 1) ; il s'agit probablement d'illites initialement détritiques (vue la forme et la taille), mais qui commencent à subir un début de diagenèse ;
- soit de cristaux en plaquettes empilées les unes sur les autres (Fig. 5, niveau B4, et Pl. II, photo 2) ; dans ce cas, les cristaux ont déjà acquis une forme plus automorphe ; les conditions thermodynamiques (température et/ou pression) subies par ces argiles sont plus importantes que celles décrites précédemment ;
- soit de cristaux en plaquettes isolées, de forme générale irrégulière, sur lesquels poussent des petits filaments périphériques (Fig. 5, niveau B5 ; Pl. II, photo 3) ; ces structures rappellent celles des palygorskites (argiles fibreuses) qui se développent sur des illites ou des smectites dans des contextes géochimiques magnésiens ; or, ni les conditions d'enfouissement (>3500 m de profondeur), ni l'environnement géochimique (milieu pauvre en magnésium) ne sont ceux des palygorskites ; par conséquent, il s'agit d'une illite fibreuse automorphe (authigénique) qui se développe sur des illites détritiques ; ce type rare d'illite est décrit plutôt dans des conditions hydrothermales.

En plus des conditions thermodynamiques (pression et/ou température), ces différentes formes d'illites peuvent être contrôlées par la lithologie (porosité de la roche, nature lithologique de la roche, etc.).

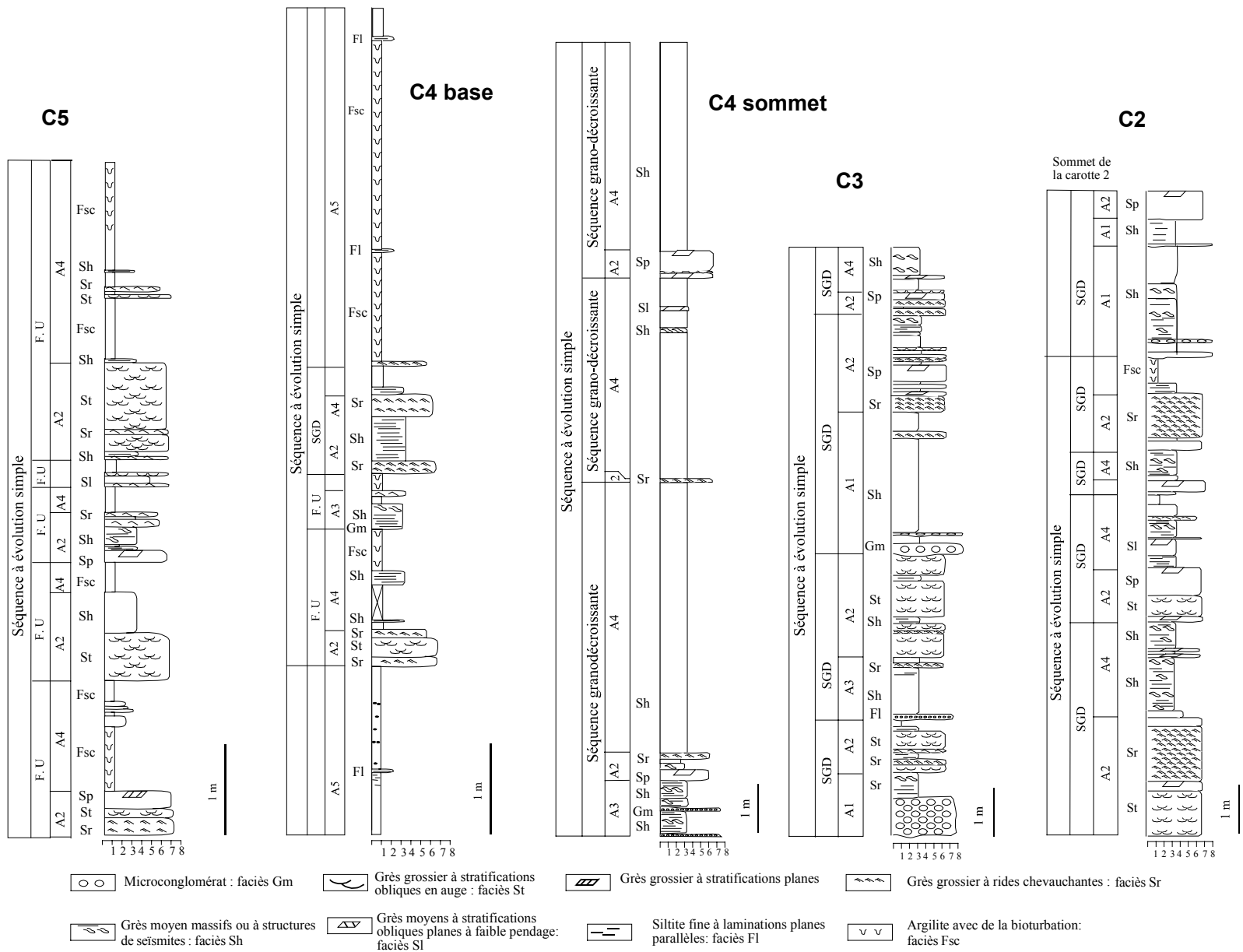


Figure 6. Faciès, associations de faciès et séquences des carottes C5, C4, C3 et C2. 1, argile ; 2, silt ; 3, grès très fin ; 4, grès fin ; 5, grès moyen ; 6, grès grossier ; 7, grès très grossier ; 8, conglomérat. SGD, séquence grano-décroissante lithologique ; FU, séquence grano-décroissante diagraphique.

Données diagraphiques et séquentielles

Le membre 6a est formé par une électro-mégaséquence, composée de trois électro-mésoséquences : EMS-6a.1, EMS-6a.2 et EMS-6a.3 (Fig. 5).

EMS-6a.1 (3687-3650 m) comporte deux électro-mésoséquences d'ordre inférieur (mkl-6a.1 et mkl-6a.2), de 18 m d'épaisseur en moyenne chacune, avec une forme en cloche typique des dépôts de chenaux. L'agencement en électro-mésoséquence négative (EMS-6a.1) traduit la recharge du milieu en dépôts de plus en plus grossiers¹.

EMS-6a.2 (3650-3590 m) est une séquence à évolution complexe (Fig. 5), encadrée à la base et au sommet par des niveaux à fortes valeurs GR, qui, couplées aux données de la carotte C4, permettent de les interpréter comme des dépôts de plaine d'inondation (faciès Fsc). Elle est composée d'au moins 5 électro-séquences grano-décroissantes à évolution simple (mkl-6a.3 à mkl-6a.7), indiquant ici des conditions fluviales plus stables en comparaison avec les dépôts de la séquence précédente (EMS-6a.1) ; la recharge du milieu en dépôts de plus en plus grossiers signifie une variation différentielle de topographie ou d'intensité d'écoulement hydraulique ou des deux à la fois.

EMS-6a.3 (3590-3525 m), plus grossière, est constituée de 4 électro-mésoséquences positives d'ordre inférieur (mkl-6a.8 à mkl-6a.11) à base ravinante, en forme de cloche indiquant une grano-décroissance et une strato-décroissance

graduelles depuis les électro-bancs gréseux vers les électro-bancs argileux (Fig. 5). La ravinement à la base a été déduit de la corrélation des carottes avec les diagraphies.

Le membre 6b est formé par une électro-mésoséquence globalement grano-croissante (EMS-6b), constituée de 6 électro-séquences négatives grano-croissantes et strato-croissantes (mkl-6b.1 à mkl-6b.6), typiquement en entonnoir (Fig. 5), évoquant des dépôts de barres de front de deltas.

Le membre 7a correspond à une épaisse série salifère lagunaire (Fig. 4).

Ces trois membres forment une mégaséquence positive traduisant l'approfondissement du milieu et/ou l'augmentation de la tranche d'eau, passant des milieux fluviaux à la base, aux milieux de sebkha vers le sommet.

Le membre 7b comporte, de bas en haut (Fig. 7) :

- une électroséquence positive de dépôts de chenaux de système fluvial méandri-forme comme l'attestent les valeurs variables du GR (mkl-7b.1) ;
- 3 électro-mésoséquences grano-croissantes (mkl-7b.2 à mkl-7b.4), chacune étant limitée par deux surfaces de discontinuité nettes ; ces séquences correspondent à des dépôts de barres ;
- une électro-séquence grano-décroissante (mkl-7b.5) correspondant à des dépôts de chenaux de système fluvial méandri-forme ;

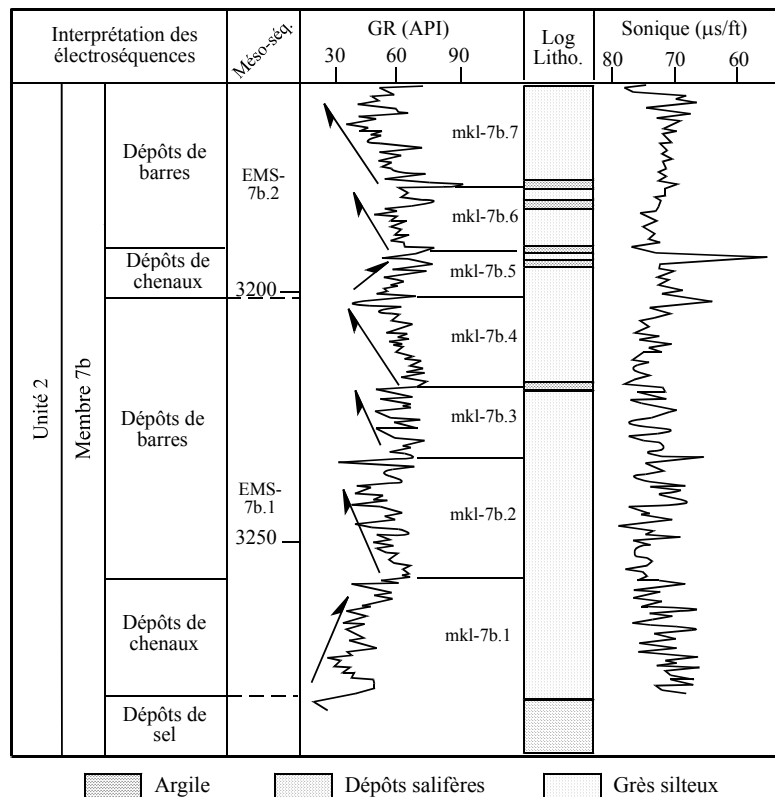


Figure 7. Interprétation séquentielle des réponses diagraphiques de la série infrabasaltique du puits MKL-103 (membre 7b). Localisation dans la figure 4.

1. Dans la figure 5, les « argilites » sont définies par la position du tracé diagraphique par rapport à la ligne de base des argiles. En fait, il pourrait s'agir de siltites.

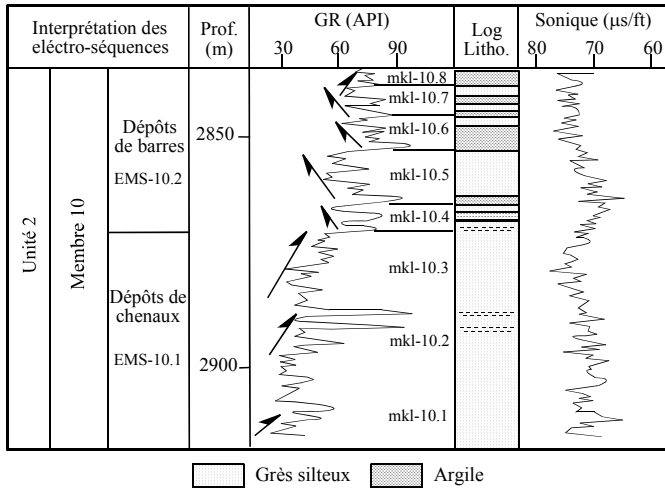


Figure 8. Interprétation séquentielle des réponses diagrapiques de la série suprabasaltique du puits MKL-103 (membre 10). Localisation dans la figure 4.

– 2 électro-séquences grano-croissantes (mkl-7b.6 et mkl-7b.7) correspondant à des dépôts probablement de barre de front de delta en raison de la granulométrie relativement fine des dépôts.

Cet ensemble correspond à deux mésoséquences (EMS-7b.1 et EMS-7b.2), débutant par des séquences de chenaux passant à des séquences de barres.

Le membre 8 correspond à des coulées de basaltes (Fig. 4).

Le membre 9, qui correspond à des dépôts de sel au puits JRP-1, fait défaut dans l'ensemble de la région de Meskala.

Le membre 10 comporte, de bas en haut (Fig. 8) : (i) une électro-mésoséquence de 40 m (EMS-10.1), formée de 3 électro-séquences en cloche (mkl-10.1 à mkl-10.3), grandécroissantes, qui correspondraient à des chenaux méandriformes (GR variable) entrecoupés de 2 niveaux de plaine alluviale, où la valeur du GR dépasse 90 API ; (ii) une électro-mésoséquence (EMS-10.2) grano-croissante de barre de front de delta (mkl-10.4 à mkl-10.7) surmontée par une séquence grano-décroissante de dépôts de chenaux (mkl-10.8). Cet ensemble correspond à une mégaséquence positive, tronquée au sommet par une nouvelle séquence.

CORRELATION ET GEOMETRIE TRI-DIMENSIONNELLE

Les corrélations tentées ici sont basées sur la similitude des logs diagrapiques, l'évolution des séquences, ainsi que sur le choix de repères régionaux. Trois repères majeurs ont été choisis : la base des dépôts carbonatés marins de la série post-rift, qui ont recouvert en transgression une surface sub-horizontale, la base des coulées de basaltes, qui ont recouvert une surface plus ou moins plane, et la base des évaporites du membre 7a, qui apparaissent partout dans le bassin.

La corrélation des séquences a été effectuée selon des transects N-S (puits MKL-104, 1, 103, 101 et 109 ; Fig. 9),

et E-W (puits MKL-101, 105 et 106 ; Fig. 10). L'interprétation tri-dimensionnelle est illustrée par des cartes en isopaques dressées à partir des diagrapies (Figs. 11 à 14). La construction des cartes a été effectuée manuellement, puisque les logiciels disponibles ne peuvent pas distinguer les dépôts de barres de ceux des chenaux, et introduisent donc des erreurs sur la forme des corps sédimentaires.

Membre 6a

Electro-mésoséquence EMS-6a.1

L'électro-mésoséquence EMS-6a.1 peut être corrélée sur les coupes N-S (Fig. 9) et E-W (Fig. 10). La cartographie (Fig. 11a) met en évidence un chenal principal de direction N-S, situé au niveau des puits MKL-104, 103 et 102 (50 m environ), qui se bifurque vers le nord en un effluent oriental, de direction NNE-SSW, comprenant les séquences rencontrées aux puits 102, 106, 101 et 109, et un effluent occidental NNW-SSE, comprenant la série traversée par les puits MKL-105. Les bordures est et ouest du chenal ont été extrapolées en utilisant l'équidistance des courbes isopaques.

Electro-mésoséquences EMS-6a.2 et EMS-6a.3

Épaisse de 60 m en moyenne, l'électro-mésoséquence EMS-6a.2 est formée d'un ensemble d'électro-séquences corrélables au niveau des puits MKL-104, 1, 103 et 101 (Fig. 9). L'électro-mésoséquence EMS-6a.3, épaisse de 80 m en moyenne, correspond à des dépôts fluviaux corrélables au niveau des puits du transect N-S, sauf pour MKL-109 qui est le plus septentrional (Fig. 9). Sur la coupe E-W, ces deux électro-mésoséquences n'admettent pas d'équivalents au niveau de MKL-106 (Fig. 10) où elles sont remplacées par une électro-séquence négative surmontée par une électroséquence positive.

La cartographie de EMS-6a.2 et EMS-6a.3 (Fig. 11b) montre un chenal principal de direction subméridienne avec un maximum de dépôts au puits MKL-1 (140 m), et deux effluents ; l'effluent oriental, de direction NE-SW, passe par le forage MKL-102 où la série atteint 100 m d'épaisseur ; l'effluent occidental, de direction NW-SE, passe par le puits MKL-105 où les séquences atteignent 95 m de puissance. Par rapport à la carte précédente, les chenaux migrent latéralement, ce qui cause une lacune au niveau des puits MKL-106 et 108, qui auraient constitué respectivement les rives est et ouest du lit du cours d'eau, et MKL-109.

Membre 6b

Le membre 6b est formé à la base par deux électro-mésoséquences négatives de barres de front de delta, corrélables sur le transect N-S (MKL-1, 103 et 101), mais absentes au puits MKL-109 (Fig. 9), probablement en raison du passage latéral des faciès vers les évaporites. Au puits MKL-104, elles admettent un équivalent en séquence positive qui aurait constitué le chenal distributaire du delta.

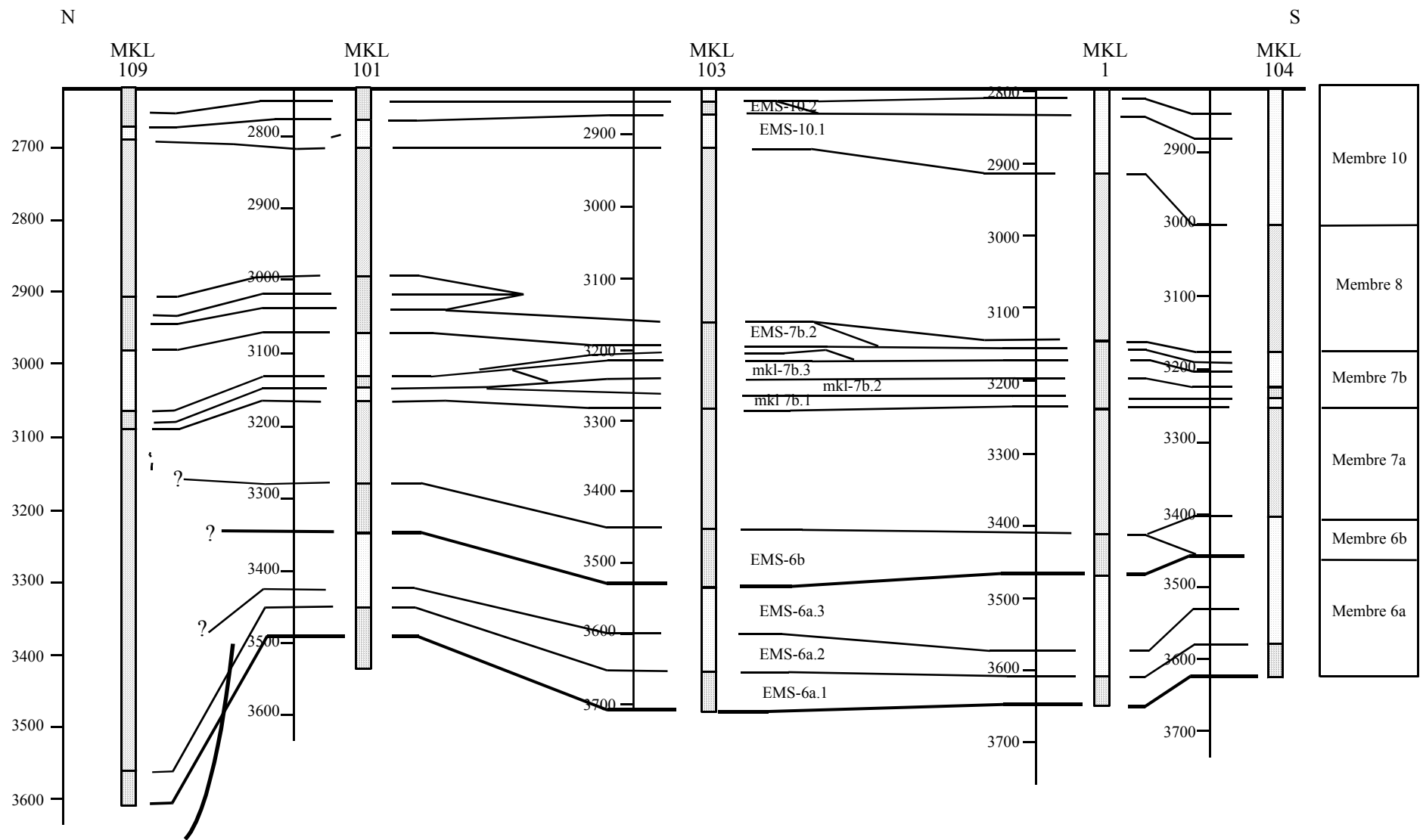


Figure 9. Corrélation des séquences des puits 109, 101, 103, 1 et 104 du champ de Meskala selon la direction N-S (cf. Fig. 2 pour la localisation).

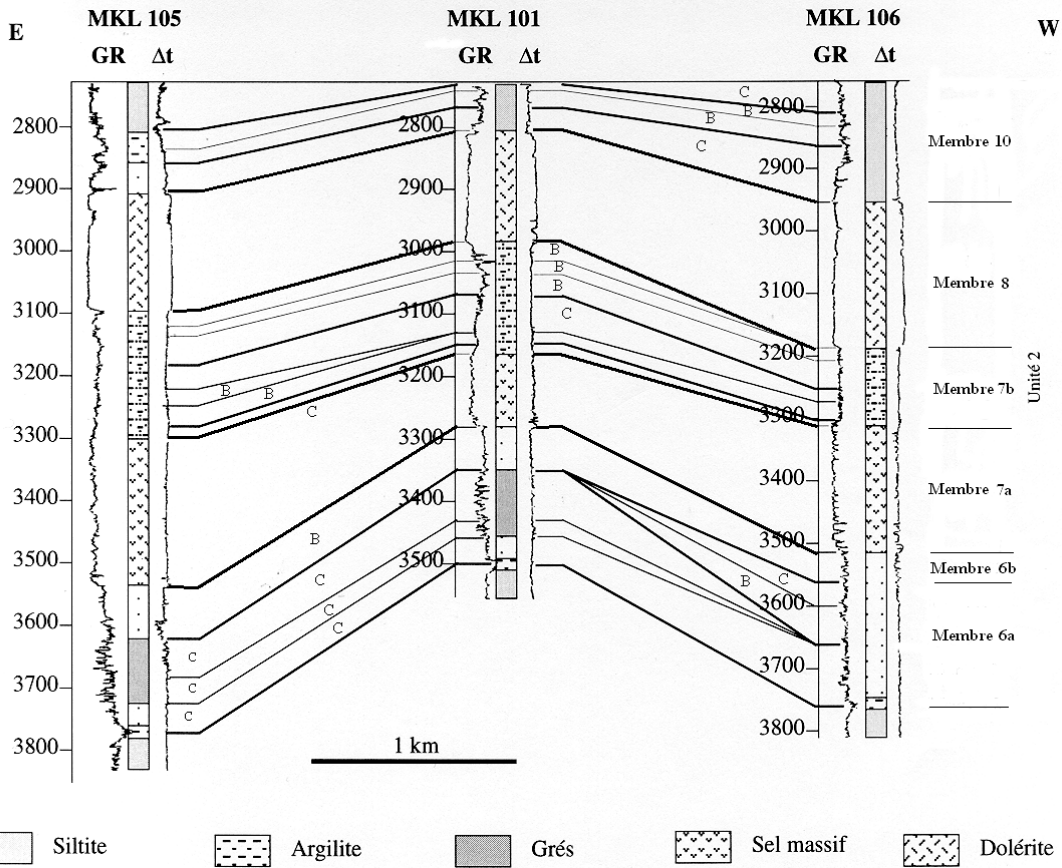


Figure 10. Corrélation des séquences des puits 105, 106 et 101 du champ de Meskala selon la direction E-W (cf. Fig. 2 pour la localisation). C, séquence de chenal ; B, séquence de barre.

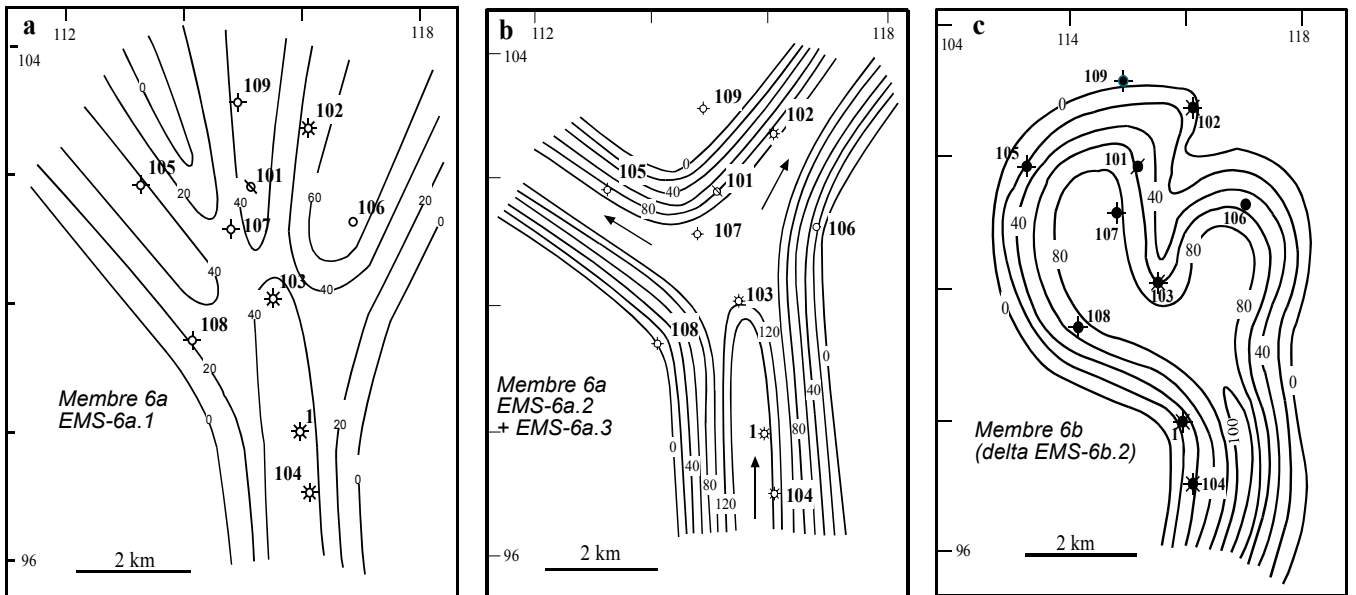


Figure 11. Cartes en isopâques des séquences EMS-6a.1 (a), EMS-6a.2 et EMS-6a.3 (b), et delta du membre 6b (c).

Le long de la direction E-W, le membre 6b, formé uniquement par une électro-mésoséquence de dépôts de barre de front de delta, est corrélable sur toutes les coupes (Fig. 9).

La carte en isopâques (Fig. 11c) montre une structure en lobe de delta de direction grossièrement N-S avec un

maximum de dépôts de barre (82 m) au puits MKL-107. Le chenal distributaire se situe à proximité du puits MKL-104. Le tracé de l'isopâque 100 m (épaisseur maximale) a été extrapolé, vu que les dépôts de barres ont généralement une épaisseur inférieure à celle des dépôts de chenaux qui leur ont donné naissance.

Membre 7b

Les dépôts de chenaux distributaires à la base de ce membre sont corrélables sur les deux transects (Figs. 9 et 10). Leur cartographie (Fig. 12a) visualise un chenal principal de direction NNW-SSE se bifurquant en deux effluents de direction NE-SW (MKL-102) et NW-SE (MKL-105).

Les dépôts sus-jacents comportent 3 électro-mésoséquences négatives d'ordre inférieur, surmontées par une électro-séquence positive :

- la première (mkl-7b.2) est corrélable au niveau des puits MKL-104, 1, 103, 101 et 109 (Fig. 9), formant les dépôts de barre de front de delta dont le chenal distributaire se trouverait plus au sud ;
- la deuxième (mkl-7b.3) est corrélable au niveau de tous les puits, sauf à MKL-101 et 109, où apparaissent des séquences positives de chenaux (Fig. 9) ;
- la troisième (mkl-7b.4) n'est préservée qu'au puits MKL-103, et a été probablement érodée par la série chenalissante sus-jacente ; elle est constituée par une épaisse électro-mégaséquence correspondant au chenal principal au niveau des puits MKL-101 et MKL-109 (Fig. 9).

Selon la direction E-W, la subdivision est formée respectivement au niveau des puits MKL-106 et MKL-105, par une et deux électro-mésoséquences grano-croissantes de type dépôt de barre de front de delta, qui n'admettent pas d'équivalents au niveau du puits MKL-101 (Fig. 10).

La cartographie de ces dépôts montre un premier delta (Fig. 12b) de direction NW-SE, dont le dépocentre (25 m) se situe au niveau du puits MKL-1. La forme lobée du dépocentre suggère un delta dominé par le fleuve. Le chenal distributaire se trouvait probablement plus au sud. Le deuxième delta (Fig. 12c) est de direction N-S avec des barres de 25 m d'épaisseur. La partie distale du chenal montre des dépôts de barres de front de delta avec un maximum d'épaisseur (30 m) au niveau des puits MKL-107

et MKL-105. Ce deuxième delta est de forme digitée avec trois lobes au niveau du puits MKL-105, 102 et 104. Le troisième delta n'a pas été cartographié en raison de l'existence d'un seul point de contrôle au niveau du puits MKL-103 ; il a été probablement érodé au niveau des autres puits par les dépôts de la série chenalissante suivante.

Les chenaux sus-jacents (mkl-7b.5) sont de direction NW-SE (Fig. 13a) avec un dépocentre situé au niveau du puits MKL-109 (80 m). La mise en place de la série supérieure témoigne d'une régression qui aurait déposé probablement des barres de front de delta plus au nord.

Le membre 7b se termine par deux électro-mésoséquences grano-croissantes de barre de front de delta (mkl-7b.6 et mkl-7b.7), corrélables selon la direction N-S au niveau des puits MKL-109, 101 et 103 (Fig. 9). Leurs équivalents au niveau des puits MKL-1 et 104 correspondent à des dépôts de chenaux représentés par une électro-séquence grano-décroissante de faible épaisseur (10 m) formant probablement des dépôts de levées. Ce delta est surmonté au niveau des puits MKL-101 et 109 par deux autres électro-mésoséquences de barres de front de delta (Fig. 9). Le transect E-W montre une parfaite corrélation des électro-mésoséquences de barres de front de delta, surmontés par d'autres électro-mésoséquences négatives constituant des deltas qui se superposent au premier (Fig. 10).

La cartographie met en évidence 3 deltas de direction N-S.

Le premier delta (Fig. 13b) est de forme digitée avec deux lobes, l'un situé à l'est (MKL-106, 102, 109 et 101), l'autre à l'ouest (MKL-105 et 108) avec une puissance de 40 m chacun. Le chenal distributaire encadre les puits MKL 1 et MKL-104 avec un maximum de dépôts (18 m) au niveau du puits MKL-1. Comme les dépôts de barres de front de delta atteignent une puissance de 40 m, il est probable que les barres de ce chenal avaient une épaisseur supérieure à cette valeur. La forme digitée de ce delta suggère un delta dominé par le fleuve.

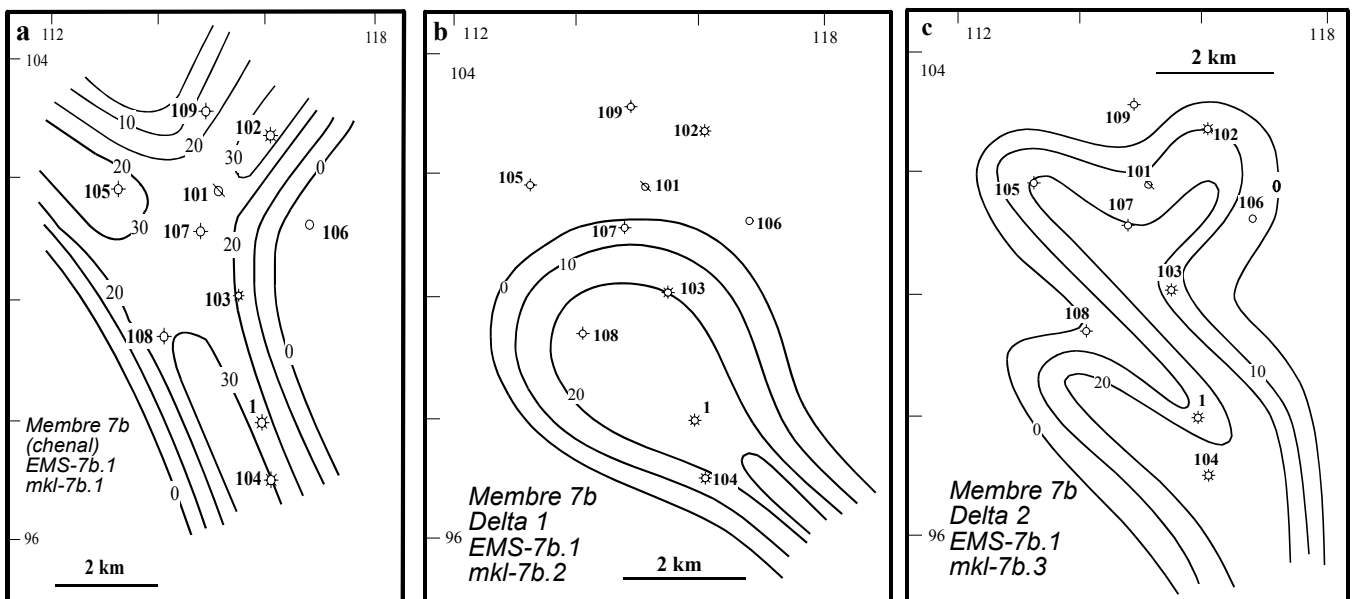


Figure 12. Cartes en isopaques des séquences du membre 7b : chenal basal (a), delta 1 (b), et delta 2 (c).

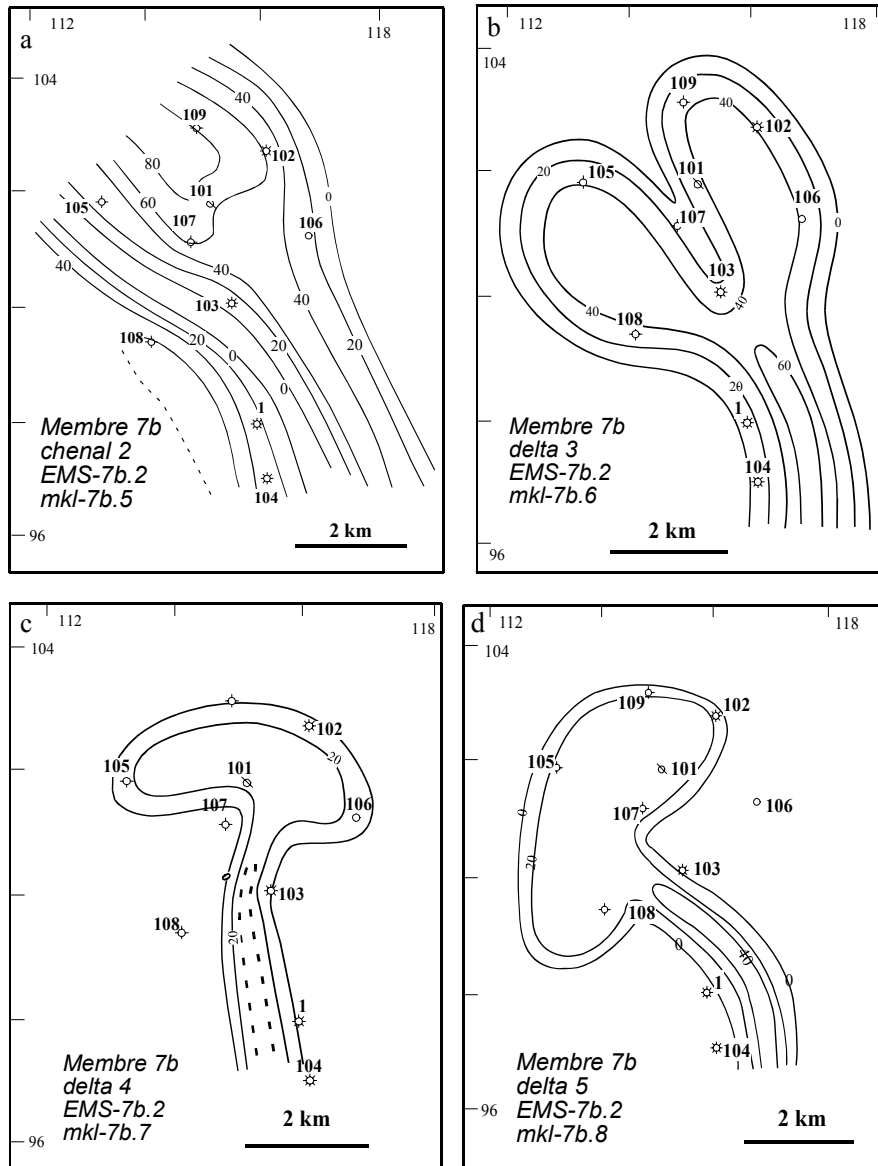


Figure 13. Cartes en isopaches des séquences du membre 7b (sommet) : chenal 2 (a) delta 3 (b), delta 4 (c), delta 5 (d).

Le deuxième delta (Fig. 13c) montre un chenal distributaire de direction N-S, mais n'intégrant pas les puits MKL-108 et MKL-107 vu qu'ils contiennent des électro-mégaséquences positives mais à fort GR (dépôts de baie). La barre frontale de ce deuxième delta (MKL-101, 106, 102, 109 et 105), est de forme lobée à arquée, indiquant une influence mixte fluviale et de houle.

Le troisième delta, également de forme arquée (Fig. 13d), est de direction NNW-SSE avec des dépôts de barres de front de delta (puits MKL-108, 107, 101, 102, 109 et 105) et un chenal distributaire situé plus au sud (MKL-103, 1 et 104) ; il aurait donc migré latéralement vers l'ouest.

Membre 10

Après l'épanchement des coulées de basaltes, la sédimentation reprend avec plusieurs électro-mésoséquences positives en cloche ou en cylindre (EMS-10.1),

indiquant un système fluviale probablement en tresse. Cet ensemble est corrélable sur toute la coupe.

La cartographie de cette séquence fluviale (Fig. 14a) met en évidence un chenal principal de direction N-S avec une épaisseur maximale de 117 m au niveau du puits MKL-104, et un effluent de direction NW-SE passant par le puits MKL-105 (45 m). Ces dépôts paraissent être ceux d'un chenal fluviale en tresse vu la faible sinuosité du chenal et la grande étendue latérale des dépôts.

Les séquences sus-jacentes (mkl-10.4 à mkl-10.7) montrent une électro-mésoséquence de barre de front de delta présente uniquement au niveau des puits septentrionaux (MKL-109, 101 et 103), passant vers le sud (Fig. 9) à une électro-mésoséquence grano-décroissante reflétant le chenal distributaire du delta (MKL-1 et MKL-104). Cette électro-mésoséquence est surmontée dans les puits MKL-104, 1 et 103 par une électro-séquence positive de dépôts de chenaux, dont l'équivalent au niveau des puits MKL-101 et

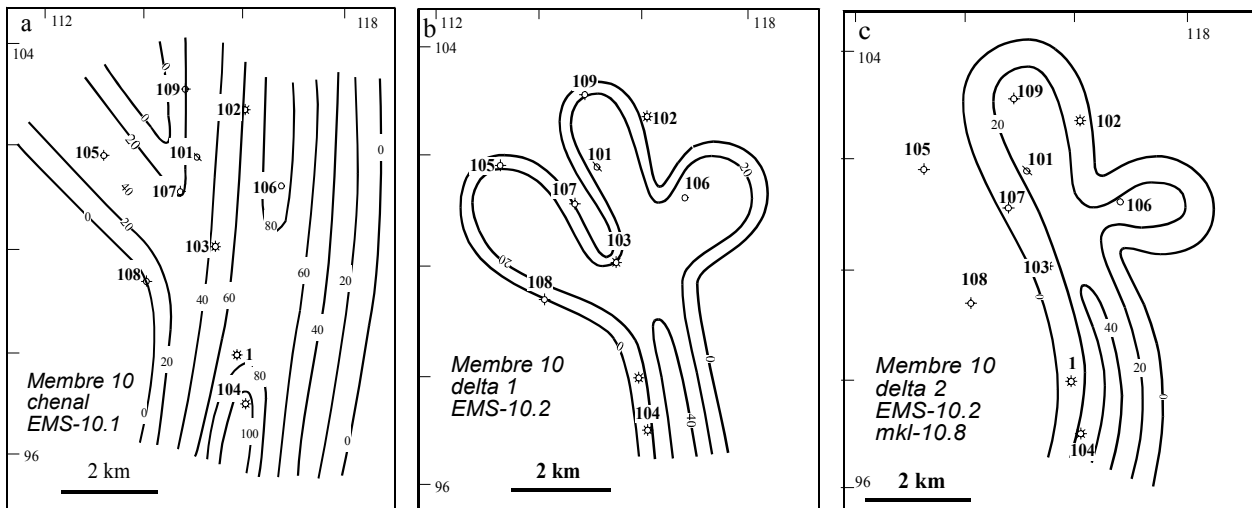


Figure 14. Cartes en isopaques des séquences du membre 10 : chenal (a), delta 1 (b), delta 2 (c).

MKL-109 est représenté par des électro-mésoséquences négatives de dépôts de barres de front de delta. Il s'agit donc d'une progradation de deux deltas se superposant dans le temps aux dépôts de barres de front de delta des dépôts de chenaux distributaires. Sur la coupe E-W (Fig. 10), le membre 10 est formé au-dessus des séquences de chenal, par deux électro-mésoséquences négatives aux puits MKL-106 et MKL-101 et par une seule électro-mésoséquence au puits MKL-105 constituant ainsi la barre de front de delta. Un deuxième delta, se superposant au précédent, est constitué par une électro-mésoséquence négative corrélable au niveau de toute la coupe et dont le chenal distributaire se situerait vers le sud, au niveau des puits MKL-1 et MKL-104. La séquence est ensuite surmontée par des dépôts de chenaux présents uniquement au niveau des puits MKL-105 et MKL-106. Ces chenaux se sont probablement individualisés suite au soulèvement de l'aire où se situent les autres puits.

La cartographie des séquences de barres montre 2 deltas superposés de direction N-S :

- le premier (Fig. 14b) montre un chenal distributaire aux puits MKL-104 et MKL-1, alors que les dépôts de barre de front de delta sont situés au niveau des autres puits ; le delta est de forme allongée avec trois lobes et un maximum de dépôts de barre au puits MKL-106 (30 m) ;

- le deuxième (Fig. 14c) comporte des dépôts de chenaux aux puits MKL-104, 1 et 103 ; le chenal distributaire prograde ainsi sur les dépôts de barres du front du delta précédent (MKL-106, 102, 109, 101 et 107) avec un maximum de puissance (30 m) au puits MKL-109, dessinant une forme digitée et indiquant un delta dominé par le fleuve.

INTERPRETATION ET DISCUSSION

Evolution spatio-temporelle des environnements de dépôt

L'analyse séquentielle des diagraphies des puits de la région de Meskala permet de mettre en évidence une évolution

spatiale et temporelle des milieux de dépôt. Trois mégaséquences principales peuvent être observées :

- la première, couvrant les membres 6a, 6b et 7a est grano-décroissante ; elle débute par des dépôts de chenaux fluviaux passant à des dépôts de barres puis de sebkha ;
- la deuxième mégaséquence, tronquée au sommet par l'épanchement des coulées de basalte, couvre le membre 7b ; cette mégaséquence cyclique débute par des séquences de chenaux surmontées par des séquences de barres ; plus haut, les séquences de chenaux laissent latéralement la place à des séquences de barres ;
- la troisième mégaséquence, située au-dessus des basaltes (membre 10), est également grano-décroissante ; elle est essentiellement constituée de dépôts de chenaux passant vers le nord à des dépôts de barres.

La première mégaséquence, reflète une période relativement longue d'affaissement progressif du bassin et d'élévation du niveau d'eau, qui culmine par l'installation d'un lac salé.

Le début de la deuxième mégaséquence correspond à une baisse brutale du niveau d'eau et probablement à un soulèvement, qui favorisent la réinstallation d'un système fluvial puis « deltaïque » complexe à polarité grossièrement sud-nord.

Après l'épanchement des basaltes, la mégaséquence terminale reflète à nouveau l'installation d'un système fluvial passant vers le nord à un « delta ».

Ces trois mégaséquences témoignent d'autant d'épisodes d'affaissement progressif du secteur, et du comblement de la dépression saline en relation probable avec la tectonique distensive reconnue dans la région pendant le Trias supérieur (Le Roy *et al.* 1997, Hafid 1999, Bouatmani 2002, Bouatmani *et al.*, 2004). Comme les puits étudiés sont situés sur le horst de Meskala, zone relativement haute qui n'a connu qu'une faible subsidence par rapport aux demi-grabens avoisinants, ces mouvements pourraient refléter les tendances de la subsidence régionale dans l'ensemble du bassin d'Essaouira.

Facteurs de contrôle de la cyclicité des dépôts

Les facteurs de contrôle de la cyclicité des dépôts dans les bassins triasiques de la côte atlantique marocaine ont récemment fait l'objet de travaux de détail, en particulier dans le bassin d'Argana (Hofmann *et al.* 2000, Olsen *et al.*, 2003). En raison du manque de repères communs établis, la corrélation des sections d'Argana avec celles de la région de Meskala n'est possible que pour les cycles repérés au-dessus des basaltes dans les sections d'Argana (unité T9) et du sondage MKL-103 (membre 10) ; selon les datations radiométriques et palynologiques récentes de Marzoli *et al.* (2004), ces basaltes, datés de 200 Ma environ, peuvent être considérés comme isochrones à l'échelle de la Province magmatique de l'Atlantique central (CAMP).

Dans le bassin d'Argana, les dépôts du Membre d'Imeghrane (T9) montrent dans leur tiers supérieur une cyclicité remarquable (5 cycles sur une épaisseur de 15 m), avec des niveaux argileux à la base de certains cycles (Hofmann *et al.* 2000). Les cycles d'ordre métrique (élémentaires) sont attribués par ces auteurs à des variations climatiques liées au cycle de précession de Milankovitch, dont la durée serait de 21 ka. Le groupement de ces cycles par 4 ou 5 correspondrait à un cycle d'excentricité de 100 ka.

Dans le bassin d'Essaouira, l'observation de la partie supérieure du membre 10 (électro-mésoséquence EMS-10.2 ; Fig. 8) du forage MKL-103 montre des séquences négatives, débutant toujours par des argiles à fortes valeurs de GR, qui comptent au moins 4 niveaux (9 si l'on tient compte des électroséquences élémentaires) au sein des 25 m supérieurs, ce qui est similaire à la fréquence des niveaux argileux d'Argana. Par comparaison, et compte tenu de la différence de résolution entre les séquences observées sur le terrain et déterminées à partir des diagraphies, nous pouvons rattacher chacun de ces 4 cycles à des variations climatiques liées aux cycles d'excentricité (100 ka). De ce fait, les cycles observés dans le horst de Meskala-Zelten seraient liés essentiellement aux variations climatiques, le rôle de la tectonique étant moindre.

CONCLUSIONS

L'analyse des diagraphies du champ de Meskala permet de définir 3 électro-mégaséquences positives correspondant à des dépôts de chenaux surmontés par des séquences négatives de barres de front de delta, se terminant, pour la première, par des dépôts de sebkha.

La cartographie des séquences principales permet de déterminer la géométrie en 3 dimensions des corps sédimentaires, qui correspondent à des « deltas » superposés dans le temps, mais avec une migration notable des barres et des chenaux.

Au niveau de l'ensemble du bassin d'Essaouira, si les différences d'épaisseur entre les forages dépendent très fortement de l'emplacement des puits au niveau des structures (horsts ou grabens), les variations spatiales observées dans la région de Meskala apparaissent liées à l'hydrodynamisme et à la topographie uniquement.

Remerciements

Nous tenons à remercier la Direction de l'Exploration à l'ONAREP (ONHYM) pour avoir accueilli l'un de nous (R.B.) et facilité les données exposées. Nous remercions également Mme Sylvie Bourquin (Université de Nantes) et M. Rachid Essamoud (Faculté des Sciences de Casablanca Ben Msik) pour leurs remarques et suggestions qui ont permis d'améliorer la première version du manuscrit, et M. Ahmed Chalouan (Faculté des Sciences de Rabat), pour avoir facilité l'accès au MEB.

Etude en partie financée par le Projet PARS SDU 30.

Références

- Allen G.P. 1989. Les deltas et les bassins deltaïques : dynamique et méthodes d'études des bassins sédimentaires. Association des sédimentologues français, Technip, pp. 383-419.
- Allen, J.R.L. 1963. Henry Clifton Sorby and the sedimentary structures of sand and sandstones in relation to flow conditions. *Geol. Mijnbouw*, 42, 223-228.
- Biron P.E. 1982. *Le Permo-Trias de la région de l'Ourika (Haut Atlas de Marrakech)*. Thèse de 3^{ème} Cycle, Univ. Grenoble, France, 170 p.
- Bouatmani R. 2002. *Le bassin d'Essaouira (avant-pays atlasique, Maroc) : évolution géodynamique méso-cénozoïque et modélisation de la maturation des hydrocarbures*. Thèse de Doctorat, Univ. Mohammed V-Agdal, Fac. Sci. Rabat, n°2109, 208 p.
- Bouatmani R., El Ouarghioi A., Medina F. & Ahmamou M. (sous presse). Les environnements de dépôt des séries triasiques du bassin d'Essaouira (Maroc) : apport de l'analyse des diagraphies différées (GR et sonique). *Cah. Rech., Casablanca*.
- Bouatmani R., Medina F., Aït Salem A. & Hoepffner Ch. (2004). Le bassin d'Essaouira (Maroc) : géométrie et style des structures liées au rifting de l'Atlantique central. *Afr. Geosci. Rev.*, 11, 2-3, 107-123.
- Broughton P. & Trépanier A. 1993. Hydrocarbon generation in the Essaouira basin of western Morocco. *A.A.P.G. Bull.*, 77, 6, 999-1015.
- Cant D.J. 1982. Fluvial facies models. *A.A.P.G. Mem.*, 31, 139-178.
- Et-Touhami M. 1996. L'origine des accumulations salifères du Trias marocain : apport de la géochimie du brome du sel du bassin de Khémisset (Maroc central). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 323, sér. IIA, 591-598.
- Jalil N. 2001. *Les Vertébrés permien et triasiques d'Afrique du Nord, avec une description de nouveaux Parareptiles Pareiasaures (Amniota, Parareptilia, Pareiasauria) du Permien du Maroc. Liste faunique, relations phylogénétiques et implications biostratigraphiques*. Thèse d'Etat, Univ. Cadi Ayyad, Fac. Sci. Marrakech Semlalia, 2001, 209 p. + annexes.
- Hafid M. 1999. *Incidences de l'évolution du Haut Atlas occidental et de son avant-pays septentrional sur la dynamique méso-cénozoïque de la marge atlantique (entre Safi et Agadir). Apport de la sismique réflexion et des données de forages*. Thèse d'Etat, Univ. Ibn Tofail, Fac. Sci. Kenitra, 282 p.
- Hofmann A., Tourani A. & Gaupp R. 2000. Cyclicity of Triassic to Lower Jurassic continental red beds of the Argana Valley, Morocco : implications for palaeoclimate and basin evolution. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 161, 229-266.
- Holser W.T., Clement G.P., Jansa L.F. & Wade J.A., Evaporite deposits of the North Atlantic Rift. In : Manspeizer W. (éd.) : *Triassic-Jurassic rifting*, part B, Elsevier Developments in Geotectonics 22, 1988, pp. 525-556.

- Le Roy P., Piqué A., Le Gall B., Aït Brahim L., Morabit A.M. & Demnati A. 1997. Les bassins côtiers triasico-liasiques du Maroc occidental et la diachronie du rifting intra-continentale de l'Atlantique central. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 1997, 168, 637-648.
- Lorenz J.C. 1988. Synthesis of Late Paleozoic and Triassic redbed sedimentation in Morocco. In: Jacobshagen V.H. (éd.) - *The Atlas system of Morocco*, Springer-Verlag, Berlin, 1988, p. 139-168.
- Marzoli A., Bertrand H., Knight K.B., Cirilli S., Buratti N., Vérati C., Nomade S., Renne P.R., Youbi N., Martini R., Allenbach K., Neuwerth R., Rapaille C., Zaninetti L. & Bellieni G. 2004. Synchrony of the Central Atlantic magmatic province and the Triassic-Jurassic boundary climatic and biotic crisis. *Geology*, 32, 11, 973-976.
- Medina F., Ouarhache D., Vachard D., Colin, J.P. & Ahmamou M. 2001. Charophytes et ostracodes du niveau carbonaté de Tourirt Imzilen (Membre d'Aglegal, Trias d'Argana) ; implications stratigraphiques. *Bull. Inst. Sci.*, sect. Sci. Terre, 2001, 23, 21-26.
- Mehdi K. 1994. *Analyse et synthèse des études géologiques et géophysiques de la partie orientale du bassin d'Essaouira (Maroc) Contribution de la sismique stratigraphique et de l'analyse séquentielle des diagraphies à la reconstitution paléogéographique du bassin*, Thèse Doctorat, Université de Bordeaux I, France, 1994, 300 p.
- Miall A.D. 1978. Fluvial sedimentology : an historical review. In: Miall, A.D. (éd.): *Fluvial sedimentology*. Can. Soc. Petrol. Geol., Memoir 5, pp. 1-47.
- Miall A.D. 1992. Alluvial deposits. In: Miall, A.D. (éd.) - *Facies Models*, pp. 119-142.
- Olsen P.E., Kent D.V., Et-Touhami M. & Puffer J. 2003. Cyclo-, magneto-, and bio-stratigraphic constraints on the duration of the CAMP event and its relationship to the Triassic-Jurassic boundary. In: Hames W.E., McHone J.G., Renne, P.R. & Ruppel C. (éds) - *The central Atlantic Magmatic Province; insights from fragments of Pangea*. American Geophysical Union, Geophysical monograph 16, pp. 7-32.
- ONAREP 1998. Triassic depositional system; geology and play concept. *Second Seminar on Petroleum exploration in Morocco*, Rabat, 24-25 novembre 1998 (inédit).
- Oujidi M. & Et-Touhami M. 2000. Stratigraphy of Permian and Triassic systems in Morocco : an overview. In : Oujidi M. & Et-Touhami M. (éds.) - *Le Permien et le Trias du Maroc* (Actes de la Première Réunion du Groupe Marocain du Permien et du Trias), Hilal Impression, Oujda, pp. 1-13.
- Peretsman G.S. 1985. *Geochemical and petrographic analysis of Early Mesozoic evaporites from Morocco: implications for the evolution of the North Atlantic rift*. Ms. Thesis, Univ. Oregon (Etats-Unis), 86 p.
- ROMPETROL 1983. Etude des bassins mésozoïques du sud ouest marocain. Rapport ONAREP, réf. 31259.
- Rust B.R. 1982. Depositional models for braided alluvium. In: Miall, A.D. (éd.) - *Fluvial sedimentology*. Can. Soc. Petrol. Geol., Mem. 5, pp. 605-625.
- Salvan H.M. 1984. Les formations évaporitiques du Trias marocain. Problèmes stratigraphiques, paléogéographiques et paléoclimatologiques. Quelques réflexions. *Rev. Géol. dyn. Géogr. phys.*, 25, 87-203.
- Serra O. 1985. Diagraphies différées, base de l'interprétation. *Bull. des Centres Rech. Exploit.-Prod. Elf-Aquitaine*, Mém. 7, tome 2.
- Slimane A. & El Mostaine M. 1997. Observations biostratigraphiques au niveau des formations rouges de la séquence synrift dans les bassins des Doukkala et Essaouira. *Première Réunion du Groupe Marocain du Permien et du Trias*, Faculté des Sciences, Oujda, 28-30 nov. 1997, p. 54.
- Sundborg Å. 1956. The river Klarälven. A study of fluvial processes. *Geogr. Ann.*, Stockholm, 38, 2, 127-316.
- Tourani A., Lund J.J., Benaouiss N. & Gaupp R. 2000. Stratigraphy of Triassic syn-rift deposition in Western Morocco. *Zbl. Geol. Paläont.*, 9-10 (1998), 1193-1215
- Tye R.S., Battacharya, J.P., Lorscheid, J.A., Sindilar, S.T., Knock, D.G., Puls, D.D. & Levinson, R.A. 1999. Geology and stratigraphy of fluvial deltaic deposits in the Ivishak formation, application for development of Prudhoe Bay Field, Alaska. *A.A.P.G. Bull.*, 83, 1588-1623.
- Visher G.S. 1965. Use of vertical profile in environmental reconstitution. *A.A.P.G. Bull.*, 49, 41-61.

Manuscrit soumis le 23 mars 2004

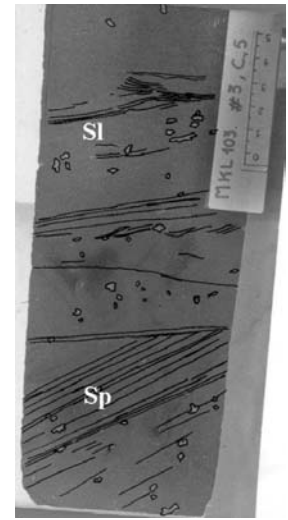
Version définitive acceptée le 28 décembre 2004



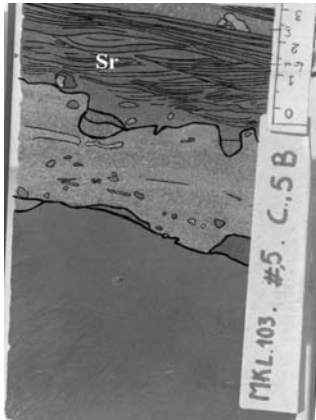
a



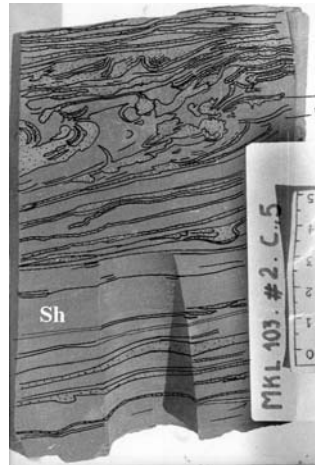
b



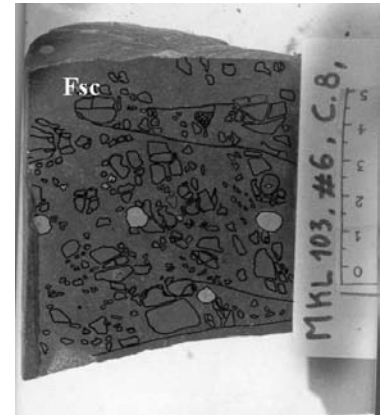
c



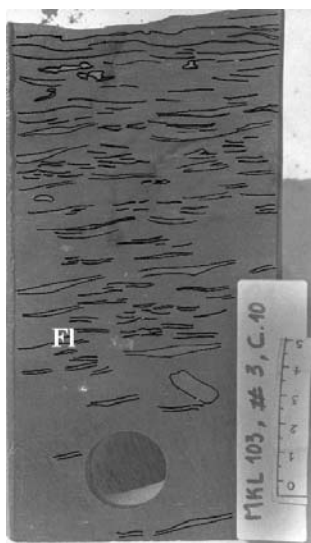
d



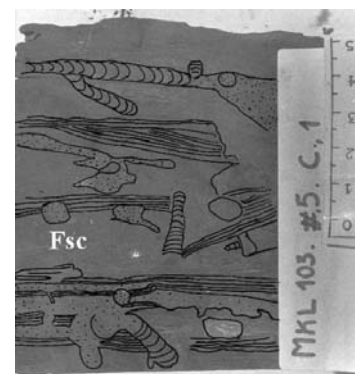
e



f



g



h

Planche I. Faciès sédimentaires observés dans les carottes du forage MKL-103. a, faciès Gm ; b, faciès St; c, faciès Sp (en bas) et Sl (en haut) ; d, faciès Sr ; f, faciès Fsc ; g, faciès Fl ; h, faciès Fsc

Planche II. Types d'illites observées dans les niveaux B1 à B4 des carottes du Trias du puits MKL-103.

- 1, cristaux en plaquettes isolées ;
- 2, cristaux en plaquettes empilées ;
- 3, cristaux en plaquettes isolées, dont forme générale irrégulière, sur lesquels poussent des petits filaments périphériques.

