

Lithoséquences et électroséquences dans le houiller du Bassin d'Abadla : comparaison des modèles et interprétations

Ahmed NEDJARI

USTHB Institut des Sciences de la Terre BP 32 El Alia Bab Ezzouar Alger
et URG 2 rue Didouche Mourad, Alger

Résumé: Dans le Bassin d'Abadla (Béchar, SW algérien), le Houiller, un remplissage fluvio-deltaïque moscovien est carotté et diagraphié en continu.

L'analyse des carottes de sondages et des enregistrements du gamma ray, de la résistivité et de la polarisation spontanée, ont permis d'identifier et de caractériser divers ordres séquentiels (2°, 3°, 4°) correspondant respectivement à des séquences d'environnement, des membres ou à des formations .

La comparaison des modèles déduits de ces deux sources d'informations, les observations directes des carottes, l'analyse de l'évolution du signal, montre une parfaite concordance et par conséquent une fiabilité des diagraphies en analyse séquentielle.

Par ailleurs, le décryptage réalisé à partir :

- de l'évolution du signal du gamma ray, qui enregistre le paramètre argilosité, donc la part de la décantation et le potentiel hydrodynamique de l'environnement,
- des organisations séquentielles, de faire la part des facteurs qui contrôlent les modèles : hydrodynamisme, dérive climatique, glacio-eustatisme.

Mots clés: Algérie - Béchar - Moscovien - Delta - Fluvio-lacustre - Houiller - Analyse séquentielle - Electroséquences.

Lithosequences and electric-sequences in Abadla Basin coal bearing : comparison models and interpretations

Abstract: In Abadla basin (Bechar, SW Algeria), the coal bearing deltaic plain and fluvio-lakustrine moscovian filling up phase is continuously cored and logged . Cores and log analysis allow to identify and characterize different order sequences (2, 3, 4), which correspond respectively to an environmental sequence, a member or a formation.

The comparison between the lithologic models and the logging ones show a good concordance, and unconsquentially logging reability in sequential analysis.

In the other side:

- the gamma ray signal interpretation, which record the clayly evolution and in fact the hydrodynamic potential,

- the organisation,

allowed to assess the sedimentary dynamic action, and the modifications probably linked to eustatic cycles or climatic changes.

Key words: Algeria - Bechar - Moscovian - Delta - Fluvio-lakustrine - Coal bearing - Sequential analysis - Electric - sequence.

1 - LE PROBLEME

Dans le Moscovien du bassin d'Abadla (Béchar, SW Oranais, fig. 1), la recherche de couches peu épaisses de charbon accumulées en environnement de plaine deltaïque (Formation Abadla III) et fluvio-lacustre (Formation Abadla IV) (Deleau 1962, E.R.E.M 1977, 1979, 1980, 1984, Nedjari 1991, 1995) a nécessité un carottage mécanique continu et des enregistrements diagraphiques (P.S, gamma ray, résistivité, gamma gamma, neutron).

L'analyse sédimentologique réalisée sur ces dépôts a permis un découpage scalarisé en litho-séquences de 2°, 3° et 4° ordre, fonction des enchaînements de faciès et de l'importance des discontinuités associées (Nedjari 1991) selon la méthode développée par J. Delfaud (1974). Elles correspondent respectivement à des séquences d'environnement, des membres ou à des formations, mais également à des séquences de 3°, 4° et 5° ordre au sens de Vail (1977).

Parrallèlement à cette démarche, une analyse électroséquentielle a été entreprise.

De ce fait, il a semblé intéressant :

- de confronter ces deux sources d'informations, car il est rare d'en disposer simultanément;

- de compléter les modèles classiques (Bersier 1952 et 1953, Serra 1970, 1979-1985, Miall 1977, 1979, Allen J.R.L 1965, Allen G.D 1987, Coleman

1980, Smith 1980, Smith *et al.*, 1983) par des motifs conformes à la réalité de terrain;

- d'esquisser une interprétation dynamique de ces électroséquences.

2 - LE CONTEXTE

Le Moscovien du bassin d'Abadla (fig. 1) est une mégaséquence régressive, comblement d'un bassin d'avant fosse, comportant des faciès épicontinentaux, deltaïques à influences tidales que clôturent des assises fluvio-lacustres, déposées sous climat équatorial dérivant vers un pôle plus aride (Nedjari 1991; 1995).

La Formation de plaine deltaïque (Abadla III), la plus épaisse (400 m) se singularise par le caractère chenalisant net de ses faciès gréseux. Les influences tidales, franches au début s'atténuent avec le temps au profit d'un régime de plaine alluviale où s'accumule un important matériel détritique de plus en plus grossier.

La Formation fluvio-lacustre (Abadla IV) correspond à une épaisse décharge détritique (200 m) dans un bassin aux dimensions modestes (75/80 km). Les cours d'eau ne devaient pas dépasser la centaine de km de long, donc de petits fleuves et rivières à l'échelle de cet antracophore (Nedjari, 1996). La sédimentation fluviale y est caractérisée par une relative abondance des dépôts limoneux à modifications pédogénétiques.

LITHOSÉQUENCES ET ÉLECTROSÉQUENCES DANS LE HOUILLER DU BASSIN D'ABADLA

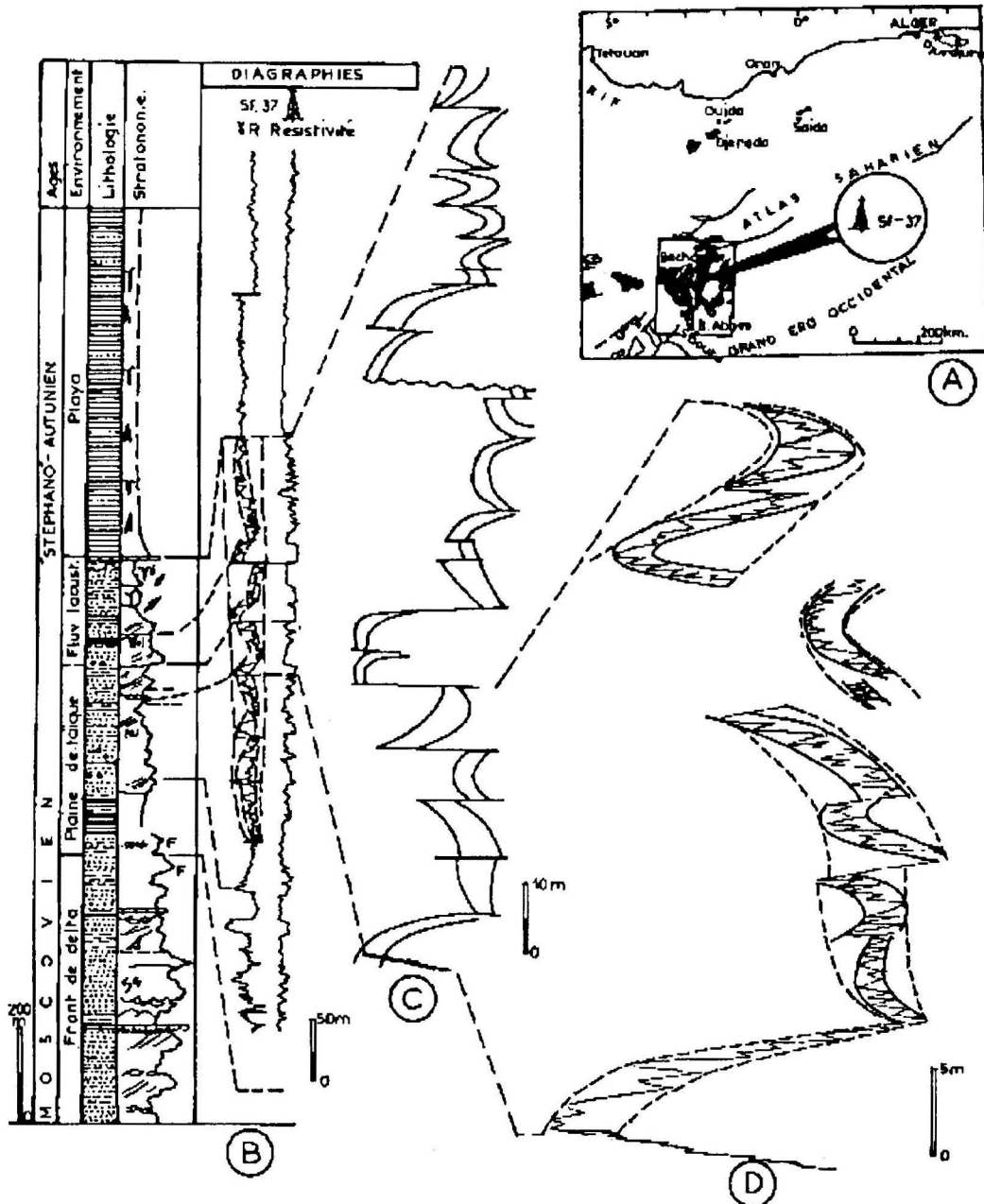


Fig. 1 - Analyse des électroséquences dans le Moscovien du Bassin d'Abadla. Sondage Sf 37.
Moscovian electric sequences analysis in Abadla Basin. Sf 37 Borehole.

A - Localisation du sondage Sf 37 (*Location of Sf. 37 borehole*); **B** - Coupe litho-sédimentologique. Découpage en méga et mésoséquences à partir d'une étude des carottes et sur enregistrement gamma ray et résistivité (*Litho-sedimentologic log. Mega and mesosequences subdivisions, realised from a cores, gamma ray and resistivity analysis*); **C** - Détails dans 3 mésoséquences (séquences de 3^e ordre) (*Details of 3 mesosequences (3^e order sequence)*); **D** - Les cycles élémentaires dans une électroséquence de moyenne échelle (*Elementary sequences of a middle scale electric sequence*)

Le modèle à crues saisonnières (Cant et walke, 1976; Miall, 1977; 1979) semble le plus adéquat. Les grès sont abondants avec un bon calibrage des grains.

A un matériel d'origine lointaine (alimentation par les formations du Paléozoïque inférieur) se mélangent les produits d'une érosion locale (galets carbonatés, débris de croûtes) en liaison avec la surrection des bordures du bassin.

La fraction argileuse héritée (illite, kaolinite) est enrichie en kaolinite de néoformation au niveau des paléosols.

Les couches de charbon sont peu épaisses (10 à 40 cm).

La partie du bassin reconnue par les coupes et les sondages est loin des bordures donc proche d'un système aval avec un réseau en tresses évoluant localement en un dispositif à méandres (Nedjari, 1991).

3 - LES ORGANISATIONS SEQUENTIELLES

L'analyse séquentielle: En plaine deltaïque les lithoséquences d'échelle moyenne (2° et 3° ordre) identifiées sont des plus classiques (Delfaud, 1974; 1974 et 1984) et associent : des faciès de chenaux (distributaires, chenaux de marées), des barres d'embouchures organisées en petits cordons, des sédiments de plaine deltaïque, vases à gastéropodes, ostracodes plus ou moins riches en matière organique, en débris végétaux pouvant constituer parfois des niveaux charbonneux.

Elles s'initient par une surface de remaniement. Des paléosols évolués clôturent les séquences de 3° ordre (Erhart, 1956; Nedjari, 1991).

Le modèle de séquence fluvio-lacustre comporte des dépôts de chenaux fluviaux (conglomérats, grès), des faciès de plaine (pélites, silts, charbons) et parfois des calcaires lacustres,

palustres à ostracodes, gastéropodes. Les modifications pédogénétiques sont abondantes en sommet de séquences (Nedjari, 1984; 1985; 1987; 1991; Freytet et Plaziat, 1982; Plaziat *et al.*, 1987).

L'analyse électroséquentielle

Elle est basée sur :

- une identification des électrofaciès et leur regroupement en séquences;
- le type de succession sédimentaire (substitution progressive, superposition franche ou alternance de faciès);
- la dérive lithologique des bancs et des interbancs au sein des séquences;
- l'évolution stratonomique (stratocroissance, stratodécroissance, stratonomie constante ou neutre).

Les types d'électroséquences identifiés sont au nombre de quatre .

Le premier (fig. 2 a) avec des faciès de chenaux (distributaires, chenaux de marée), des barres d'embouchures, des faciès de plaine deltaïque, est caractérisé par une argilosité et une stratonomie décroissantes. Ces séquences sont localisées essentiellement à la base de la Formation III. Elles traduisent des conditions marines assez marquées en raison de la présence de chenaux de marée.

Le second présente une stratonomie neutre, une argilosité sensiblement constante (fig. 2 b). Les arrivées de sable fin constituent des barres d'embouchures ou en partie des remplissages de chenaux de marée. Ce type d'électroséquence succède dans le temps au précédent.

Le troisième type (fig. 2 c) comporte du matériel fin argilo-silteux. La stratonomie est croissante, l'argilosité décroissante. Dans le détail l'évolution montre une argilosité croissante, neutre (équilibre

LITHOSÉQUENCES ET ÉLECTROSÉQUENCES DANS LE HOUILLER DU BASSIN D'ABADLA

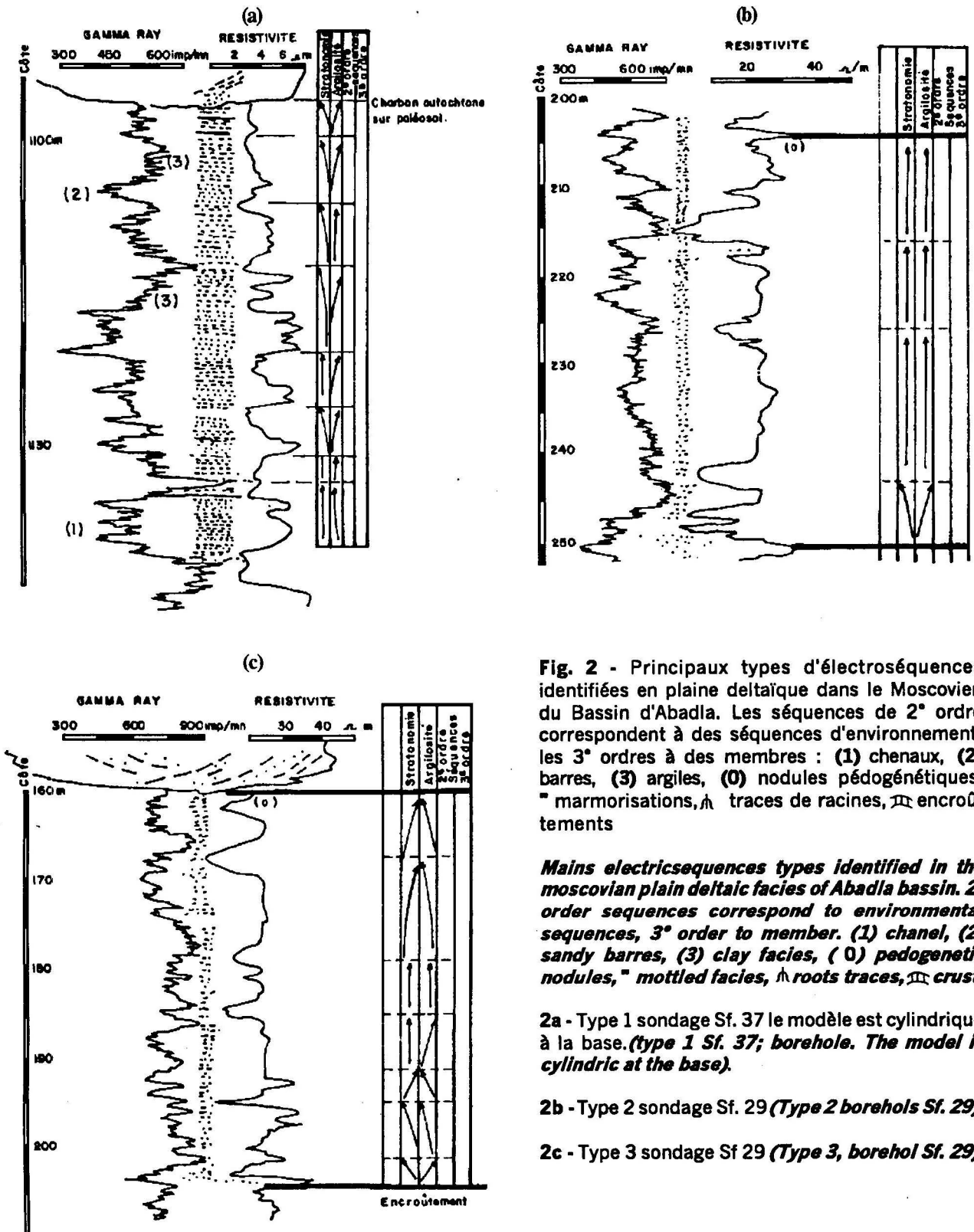


Fig. 2 - Principaux types d'électroséquences identifiées en plaine deltaïque dans le Moscovien du Bassin d'Abadla. Les séquences de 2^e ordre correspondent à des séquences d'environnement, les 3^e ordres à des membres : (1) chenaux, (2) barres, (3) argiles, (0) nodules pédogénétiques, " marmorisations, √ traces de racines, ∩ encroûtements

Mains electricsequences types identified in the moscovian plain deltaic facies of Abadla basin. 2^o order sequences correspond to environmental sequences, 3^o order to member. (1) chanel, (2) sandy barres, (3) clay facies, (0) pedogenetic nodules, " mottled facies, √ roots traces, ∩ crust

2a - Type 1 sondage Sf. 37 le modèle est cylindrique à la base. (type 1 Sf. 37; borehole. The model is cylindric at the base).

2b - Type 2 sondage Sf. 29 (Type 2 borehols Sf. 29).

2c - Type 3 sondage Sf 29 (Type 3, borehol Sf. 29).

des apports) puis décroissante. La stratonomie est généralement opposée à ce phénomène. Dans la partie supérieure, en régime de plaine deltaïque alluviale et fluvio-lacustre, le modèle (fig. 3) montre une évolution strato et granodécroissante nette.

Le quatrième type est sensiblement identique dans ses grandes lignes au type 3. Dans le détail, les évolutions sont plus complexes.

La comparaison des lithoséquences et des électroséquences montre une parfaite corrélation. Un seul exemple est présenté en illustration (fig. 4).

4 - UNE INTERPRETATION DYNAMIQUE DES ELECTROSEQUENCES

Dans une approche, le gamma-ray semble être très approprié (Kazi-Tani, 1992), parce qu'il enregistre un paramètre important : l'argilosité. L'argile représente les interbancs et exprime ainsi la part de la décantation. Les bancs gréseux, quand à eux, traduisent le potentiel hydrodynamique de l'environnement.

Le pouvoir de cet outil a permis de reconnaître trois types d'organisations sédimentaires en fonction des ordres séquentiels.

Dans l'exemple traité (fig. 1) à l'ordre le plus élevé, la caractéristique principale est une strato-croissance régulière des assises gréseuses tandis que les intervalles argilo-silteux demeurent constants. A cette échelle, le seul facteur contrôlant l'organisation sédimentaire est la stratonomie. Dans cet intervalle, les séquences de 3^{ème} ordre s'organisent autour de deux faciès, l'un gréseux et massif à la base, l'autre argilo-silteux et alternant au sommet. Il s'agit, suivant les cas, d'une superposition franche ou d'une substitution progressive. L'évolution générale à cette échelle est sensiblement cyclique, argilo-croissante à la base, argilo-décroissante par la suite. Ces électroséquences, d'une cinquantaine de mètres d'épaisseur, renferment à leur tour des électroséquences d'ordre

inférieur (séquences de 2^o ordre), décamétriques, dont la plupart possèdent un habitus cyclique le plus souvent haché par des discontinuités interséquentielles de divers types. Cette cyclicité doit être cependant mise sur le compte d'une dérive lithologique comme le montre l'analyse des signaux constitutifs. L'analyse sédimentologique (Nedjari, 1991 et 1995) pour l'ensemble montre des sédiments de plaine deltaïque tidale puis du fluvio-lacustre. Globalement le remplissage s'enrichit en matériel clastique, sous la forme d'assises gréseuses puis grésos-conglomératiques, de plus en plus épaisses. La dynamique sédimentaire est donc progradante. De ce fait, l'organisation stratocroissante à l'ordre le plus élevé s'interprète comme un système deltaïque progradant. Par contre, les séquences de 3^o ordre sont d'interprétation un peu plus complexe. Elles superposent des faciès de plaine sur des remplissages de chenaux de type chenal de marée, distributaire, fluvial. La forme cyclique qu'elles affectent parfois, trahissent l'influence d'un facteur harmonique qui contrôle à cette échelle l'organisation sédimentaire. Cela pourrait être le glacio-eustatisme (Kazi-Tani 1992) en relation avec les évolutions de l'inlandsis de Dwyka au cours du Carbonifère supérieur. A l'intérieur de ces séquences de 3^o ordre s'individualisent des électroséquences cycliques (fig. 1) qui associent d'autres électroséquences, métriques. L'habitus en cycles à ces deux ordres scalaires, est entièrement sous le contrôle du rapport sable/argile du sédiment, sans que l'on puisse soupçonner une influence de la stratonomie. La dynamique sédimentaire n'est pas, dans ces conditions, mise en cause. Les dérives climatiques, avec le jeu de périodes rhexistatiques (Erhart, 1956), pourvoyeuses de silice détritique, éolienne ou alluviale, et de périodes biostatiques filtrantes, riches en produits ultra-fins, pourraient expliquer l'essentiel de ces évolutions.

5 - CONCLUSIONS

Cette analyse électroséquentielle a permis de discriminer les différents ordres scalaires des séquences, d'évaluer la part des évolutions strato-

LITHOSÉQUENCES ET ÉLECTROSÉQUENCES DANS LE HOULLER DU BASSIN D'ABADLA

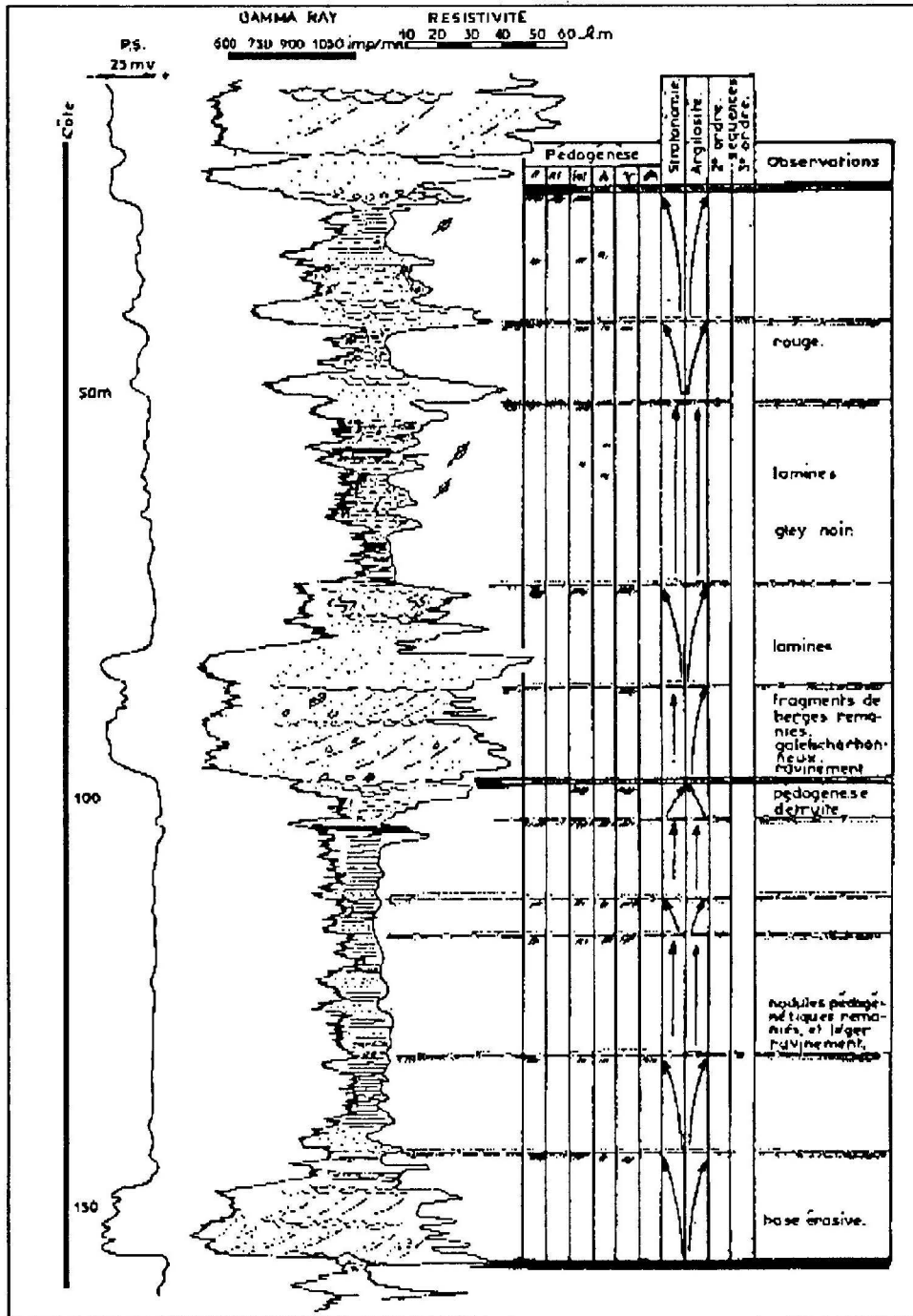


Fig. 3 - Modèle de séquence de 3° ordre en plaine deltaïque alluviale. Habillage des électrofaciès réalisé d'après carottes et lames minces. Sondage Sf 37. " Marmorisations, (O) nodules pédogénétiques, √ dessiccation, √ traces de racines, √ encroûtements. Alluvial deltaic plain 3° order sequence model. Realised by core and thin sections analysis. Sf 37 borehole. " Mottled facies, (O) pedogenetic nodules, √ roots traces, √ crusts.

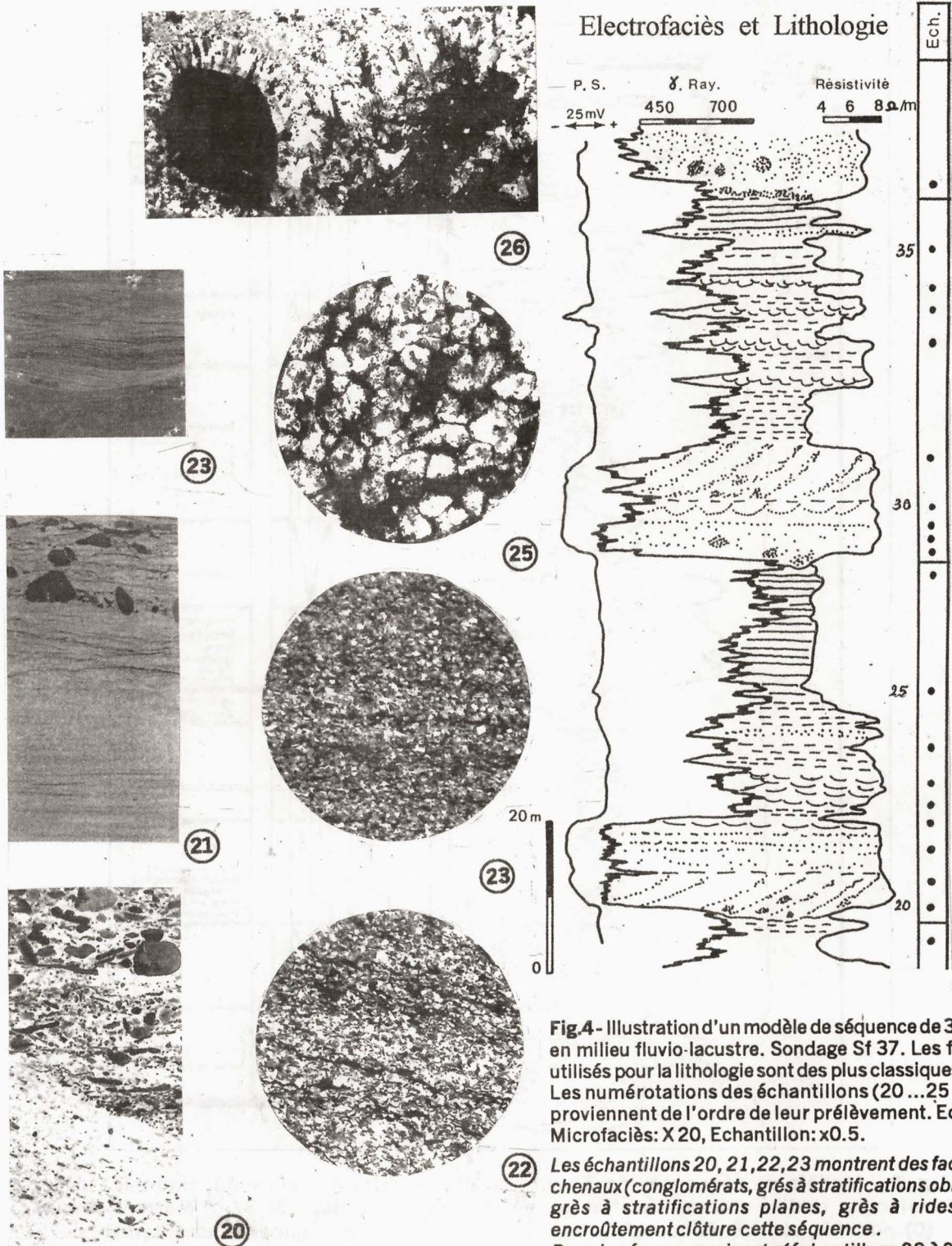


Fig.4- Illustration d'un modèle de séquence de 3^o ordre en milieu fluvio-lacustre. Sondage Sf 37. Les figurés utilisés pour la lithologie sont des plus classiques. Les numérotations des échantillons (20 ...25 etc...) proviennent de l'ordre de leur prélèvement. Echelle: Microfaciès: X20, Echantillon: x0.5.

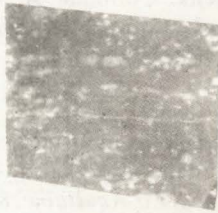
22 Les échantillons 20, 21, 22, 23 montrent des faciès de chenaux (conglomérats, grès à stratifications obliques, grès à stratifications planes, grès à rides). Un encroûtement clôture cette séquence.

Dans la séquence suivante (échantillons 28 à 37), les faciès sont plus fins. On relève le même type d'évolution et un encroûtement au sommet (37).

LITHOSÉQUENCES ET ÉLECTROSÉQUENCES DANS LE HOULLER DU BASSIN D'ABADLA



32



31



31



29



28



36



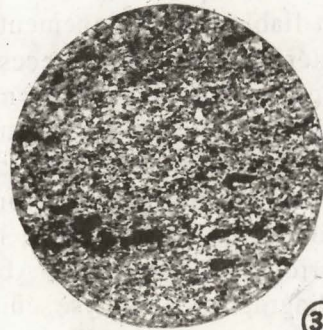
35



33



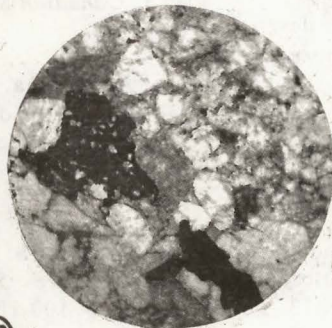
37



33



30



28

Fluvio-lakustrine 3^o order sequence modele illustration. Sf 37 borehole. Classics lithologic figures are used (20, 25... samples). Scale: Microfacies X 20, samples: x0,5.

Samples 20, 21, 22, and 23 show chanel facies (conglomerat, sandstones with obliques or planes stratifications, and ripples marks). A crust end this sequence.

In the following sequence (samples 28 to 37) facies are finer. The evolution type is the same with a crust at the top.

nomiques et lithologiques, de cerner, ainsi, les actions de la dynamique sédimentaire et des dérives lithologiques probablement dues à des cycles eustatiques et enfin de définir les environnements de dépôt.

Par ailleurs, la confrontation de ces résultats avec ceux issus de l'analyse sédimentologique directe sur des puits qui ont reçu des carottages mécaniques et électriques continus montre que la méthode est fiable en environnement houiller. Il aurait été intéressant de comparer ces résultats avec ceux des bassins sahariens, mais cela aurait nécessité une analyse fine d'un matériel qui n'est pas toujours disponible en raison surtout du peu d'intérêt suscité par ces formations. Dans le bassin du Mézarif (Nedjari, 1991), un équivalent oriental du bassin d'Abadla, en l'absence de diagraphies, l'analyse sédimentologique montre beaucoup de similitudes avec les remplissages des dépo-centres. Sur les bordures de ce bassin prédominent des faciès de tidal flat et de sebkha et avec lesquelles la comparaison n'est plus possible.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLEN, J. R. L., 1965. A review of the origin and characteristics of recent alluvial sediments, *Sedim.*, t. 5, p. 89-181.
- ALLEN, G. P., 1987. Les deltas : sédimentologie et exploitation pétrolière. *Bull. Soc. géol. France* (8), t. III, n° 7, p. 1247-1269.
- BERSIER, A., 1952. La sédimentation cyclothématique des fosses paraliques de subsidence. *C. R. 19^{ème} Congrès Inter. Alger, Sect.* 13, 14, p. 81-83.
- Bersier, A., 1953. La sédimentation cyclique des faciès détritiques, molasse et houiller. Signification et causes. *Rev. I.F.P.*, 8, IV, 5, p. 51-55.
- CANT, D.T. ET WALKER R. G., 1976. Développement of a braided fluvial facies model for the Devonian battery point sandstones. *Quebec Can. J. Earth. Sc.*, v. 13.
- COLEMAN, J. M., *et al.*, 1980. Deltaic sand bodies. Education course note series 15, coastal studies institute Louisiana State University. *A. A. P. G.*, 171 p.
- DELEAU, P., 1962. Le bassin houiller d'Abadla (Sud-Oranais). *Publ. Serv. Carte géol. d'Algérie, nouv. sér.*, n° 14, 318 p., 51 fig., 3 pl.
- DELEAUD, J., 1974. Typologie scalaire des séquences sédimentaires en fonction du milieu de dépôt. *Bull. Soc. géol. France*, (7), XVI, n° 6, p. 643-650, 4 fig.
- DELFAUD, J., 1974. La sédimentation deltaïque ancienne. Exemples nord-sahariens. Colloque A. G. S. O. Sédimentation silico-clastique, Pau, Déc. 1973, *Bull. Centre Rech. Pau-SNPA*, 8, 1, p. 241-262, 13 fig.
- DELFAUD, J., 1984. Le contexte dynamique de la sédimentation continentale. Modèles d'organisation. *Bull. Centre. Rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine*, 8, 1, p. 27-53, 16 fig., 2 tabl.
- E.R.E.M., 1977-1979-1980-1984. Rapports internes inédits.
- ERHART, H., 1956. La genèse des sols en tant que phénomène géologique, *Masson Paris*, 83 p.
- FREYDET, P., ET PLAZIAT, J. C., 1982. Continental carbonate sedimentation and pedogenesis - Late Cretaceous and early Tertiary - of Southern France. *Contribution to Sedimentology n° 12*, Ed. by B.H Purser, Schweizerbart'sche Verlag, Stuttgart, 217 p., 59 fig., 49 pl.
- KAZI-TANI, N., 1992. Approche de l'eustatisme par le gamma ray: proposition d'une méthode. *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 314, Série II, pp. 783-789.
- MIALL, A. D., 1977. A review of the braided river depositional environment. *Earth Sc. Review*, t. 13, p. 1-62.
- MIALL, A. D., (ed.) 1979. Fluvial sedimentology. Mem. n° 5, *Canadian Soc. of Petrol. Geologists*, 859 p., Calgary.
- NEDJARI, A., 1984 a. La séquence de type Guir : une séquence de 3^{ème} ordre en milieu fluvio-lacustre dans le bassin houiller d'Abadla (Sud-Ouest oranais, Algérie). *5^{ème} Congr. Europ. Sédim., Marseille*, p. 316-317.
- NEDJARI, A., 1984 b. Un langage séquentiel en milieu fluvio-lacustre. *5^{ème} Sém. Nat. Sci. Terre, Alger*, résumé, p. 100-101, 1 fig., 2 tabl.
- NEDJARI, A., 1985. Sedimentary discontinuities in fluvio-lacustrine environments. Abstr. 6th European Regional Meeting I. A. S., Lleida (Espagne), p. 317.

LITHOSÉQUENCES ET ÉLECTROSÉQUENCES DANS LE HOUILLER DU BASSIN D'ABADLA

- NEDJARI, A., 1987.** Les séquences climatiques dans le houiller du Bassin de Béchar, P. I. G. C. n° 252, C.N.R.S. France, *Ed. N. Petit-Maire et C. Vaubesian*, p. 76.
- NEDJARI, A., 1991.** Dynamique du remplissage littoral et continental moscovo-permien du bassin d'avant fosse de Béchar-(Algérie). Electroséquences, modèles sédimentaires, Paléopédogénèses. *Thèse Doct. Etat, USTHB Alger*. 289 p 183 fig. 9 pl. ph.
- NEDJARI, A., 1995.** Le dernier grand épandage détritico hercynien au Sahara: exemple du bassin de Béchar-Abadla. *Bulletin du Service géologique de l'Algérie*. Vol. 6,n°2, pp.195-209, 6 fig.
- NEDJARI, A., 1996.** Le bassin de Béchar au Carbonifère : bassin houiller ou anthracophore.(Sous presse). Séminaire de géologie minière ORGM Boumerdes 1996.
- Plaziat, J. C., Fryetet, P. et Marec, P., 1987.** Sédimentation molassique et paléopédogenèse en Languedoc. *Livret-guide A.S.F.*, 127 p.
- SERRA, O., 1970.** Diagraphies et stratigraphie. Colloque sur les méthodes et les tendances de la stratigraphie, Orsay, 86 p.
- SERRA, O., 1979-1985.** Diagraphies différées. Bases de l'interprétation (acquisition et interprétation). *Bull. Cent. Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, Mém. 1 et 7, t. 1 et 2, 740 p.
- SMITH, D. G., ET SMITH N. D., 1980.** Sedimentation in anastomosed river systems : example from alluvial valleys near Banff, Alberta. *Jour. Sed. Petrol.*, t. 50, p. 157-164.
- SMITH, D. G., 1983.** Anastomosed fluvial deposits : modern examples from Western Canada. In Collinson J.D. et Lewin J. (Eds)., *Modern and Ancient Fluvial systems, I.A.S. Spec. publ.*, 6, p. 155-168, fig.
- VAIL, P. R., MITCHUM, R. M., ET THOMPSON, J. R., 1977.** Seismic stratigraphy and global changes of sea level. Part n° 4 : Global cycles of relative changes of sea level. In *Seismic stratigraphy. Application to hydrocarbon exploration. A.A.P.G.*, 26, 216 p., E. Payton Edit.