

Application des concepts de stratigraphie séquentielle à un profil sismique haute résolution transverse à la plate-forme rhôdaniennne

Michel TESSON, Christian RAVENNE et George P. ALLEN

Résumé – La plate-forme rhôdaniennne a conservé l'enregistrement sédimentaire des effets des variations glacio-eustatiques haute fréquence du Quaternaire terminal. Une analyse séquentielle est appliquée à des profils récents de sismique haute résolution, selon les modèles de Posamentier et Vail. Elle montre la présence de cortèges de bas niveau marin relatif perchés.

Application of sequence stratigraphy concepts to a high resolution seismic transect on the Rhône shelf

Abstract – *Sedimentary tracts associated to late quaternary glacio-eustatic sea level variations are preserved on the Rhône outer shelf. Sequence lines analysis of recent high resolution seismic lines, in the sense of Posamentier and Vail, shows existence of surimposed prograding shelf-perched lowstand wedges.*

Abridged English Version – INTRODUCTION. – Models have recently been developed for clastic sedimentation on shelves affected by cyclic variations of relative sea level. Prograding deposits have been considered as associated with either a relative high sea level stand ([1], [2]) or low sea level conditions ([3], [4]). This study deals with sequences deposited on the Rhône continental shelf during the Late Quaternary glacio-eustatic cycles. The results are interpreted in terms of shelf perched lowstand wedges as described by Posamentier *et al.* ([3], [4]).

DESCRIPTION. – A regional grid of shallow seismic profiles across the shelf (*Fig. 1*) has shown several surimposed sedimentary wedges over the mid-and outer shelves. The wedges comprise seaward prograding clinoforms bounded by erosional toplap and downlap surfaces (*Figs. 3 a and b*) (units B and C). The wedges thicken seaward to up to 50-60 m at the shelf edge and onlap onto the mid-shelf at a present water depth of about 80 m. The upper surface of the wedges are episodically eroded by channel-like features up to several kilometers wide and 10-15 m deep filled with irregular-to-horizontal bedded sediments.

Retrogradational deposits are locally preserved as a sediment sheet between the downlap surface at the base of unit B ("4", *Fig. 3 b*) and the erosional surface above the underlying unit C ("5", *Fig. 3 b*).

The most recent wedge (unit B) is overlain by backstepping parasequence scale prograding units. At their updip extremity, these are overlain by the present-day prograding Rhône Delta front, which forms a regressive highstand system tract.

DISCUSSION. – Prograding clinoforms suggest coastal deltaic progradation with facies similar to those of the present-day Rhône Delta. Internal oblique unconformable surfaces within the wedges (units B and C) represent successive downward shifts of coastal onlap and indicate that a step-wise sea level fall occurred during progradation. Unit B exhibits a constant coastal onlap at about 80-90 m (*Fig. 4*) and is most probably of ante-Wurm age [8].

Moreover, Late Quaternary subsidence rates may be considered as negligible [9]. Even though the top of clinoforms may have been eroded, units B and C, which are similar,

Note présentée par Jean AUBOUIN.

are interpreted as prograding lowstand wedges as defined by Posamentier *et al.* (1988), or "shelf-perched lowstand wedges".

The thin intercalated deposits are interpreted as transgressive. Their limited extent is attributed to rapid landward migration of the shoreline break during relative sea level rises. The apparent lack of highstand deposits should be indicative of stable highstand conditions too short to allow progradation to the outer shelf. Deposits of this period can probably be found on the inner shelf, possibly even under the emerged Rhône deltaic plain.

Upper unit A includes two system tracts deposited since the last glacial lowstand. The retrogressively stacked parasequence deposits of the lower part represent the transgressive system tract, overlapping landward over the underlying unit. The prograding upper part [6] joins the active delta front and is attributed to the incomplete highstand system tract which has evolved since the start of sea level rise reduction at the end of the Holocene (5,000 years ago).

Therefore, the outer shelf may have been built up mainly by the accumulation of stacked lowstand wedge deposits separated by thin transgressive tracts during the Quaternary eustatic cycles. Shelf edge slumping and mass movement have most likely impeded lowstand wedge progradation beyond the physiographic shelf break.

This slumping of lowstand wedge deposits may be a source of sediment for lowstand turbidite fans.

INTRODUCTION. — Les modèles de sédimentation sur les marges soumises à des variations cycliques du niveau relatif des mers ont été décrits par Vail et ses collègues d'Exxon ([1], [2]). Récemment un complément essentiel a décrit le modèle sédimentologique détaillé de dépôt au cours d'un cycle du niveau marin relatif et, en particulier, l'existence de dépôts de bas-niveau marin sur le plateau externe ([3] et [4]). Il s'ensuit que l'analyse séquentielle de profils sismiques peut devenir délicate puisque les corps progradants de plate-forme peuvent être associés soit à une période de haut niveau marin relatif, soit à une période de baisse relative.

Cette Note montre, en s'appuyant sur des profils de sismique haute-résolution récemment enregistrés au large du Rhône (*fig. 1*), un exemple d'application de ces concepts. Au terme de l'analyse elle conclut et constitue une des premières descriptions détaillées de prismes sédimentaires deltaïques de bas-niveau marin accumulés sur la plate-forme « perched lowstand wedges », peu connus mais déjà décrits près du site [6].

DESCRIPTION. — (a) *Organisation régionale.* — La coupe sismique, trop longue, est présentée sous forme schématisée (*fig. 2*). La série sédimentaire y paraît constituée d'unités progradantes superposées en forme de prismes. Chaque prisme, marqué par des clinofformes peu pentés en direction du large ($< 2^\circ$ à leur sommet et sub-horizontaux à la base), est ouvert vers le bassin et son sommet se biseaute (onlap), en direction du continent, sur la plate-forme moyenne/interne.

(b) *Analyse détaillée.* — Chaque unité est composée de plusieurs corps sédimentaires séparés par des discontinuités de différentes natures. Celles-ci sont souvent des surfaces de troncature-érosion pouvant être associées à des progradations ou des « onlaps ».

L'unité C est composée de trois corps successifs. C₃, bien développé, est constitué d'une succession de réflecteurs progradants soit tronqués au sommet (top-lap) soit du type sigmoïdal. C₂ est un ensemble d'emboîtements complexes de réflecteurs obliques à sigmoïdes pentés qui jouxte le corps C₃. C₁ est peu développé ici. Il présente de

Fig. 1. — Plan de position du profil sismique-type étudié.
 Fig. 1. — Location map of the studied main seismic line.

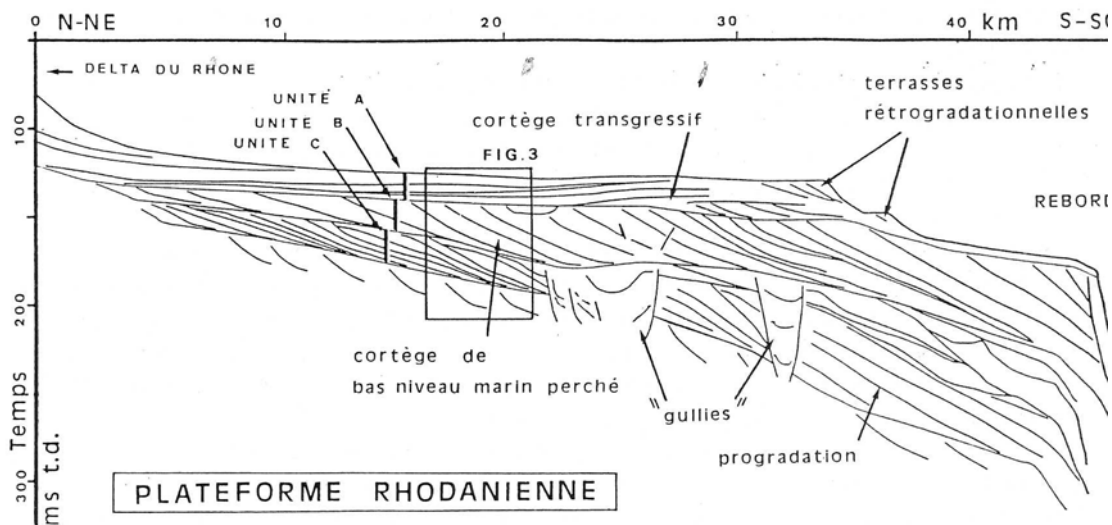
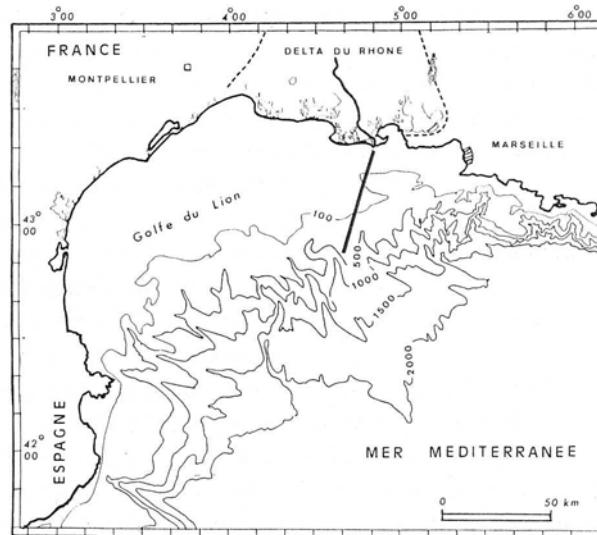


Fig. 2. — Coupe-temps schématisée montrant la structure interne des unités sédimentaires supérieures.
 Fig. 2. — Simplified line drawing of the seismic line showing internal structure of the upper units.

légers remplissages rétrogradationnels en « on-lap » venant progressivement recouvrir, en direction du continent, la surface « 5 ».

L'unité **B** se compose de deux corps : **B₂** est un corps progradant très similaire à **C₃**; **B₁** est un remplissage des incisions de chenaux qui érodent le sommet des cliniformes du prisme **B₂** sous-jacent. Il montre des réflecteurs horizontaux à obliques se terminant en « on-lap » contre les bords du chenal.

L'unité **A** se compose de deux corps. Le corps **A₂** montre, côté continent, des réflecteurs se biseautant sur la limite inférieure « 2 » (« on-lap » côtiers) et, sur le plateau externe, des structures en terrasses rétrogradationnelles à cliniformes pentés vers le large [5]. Le corps **A₁**, dont le sommet constitue le fond marin, se raccorde au front actif du delta du Rhône. Il s'épaissit en forme de prisme vers le continent et montre des cliniformes sigmoïdaux pentés vers le large.

DISCUSSION. — La configuration interne et externe des corps progradants C_3 et B_2 laisse penser à des dépôts côtiers deltaïques. Dans ce cas le sommet des cliniformes se serait mis en place sous une très faible tranche d'eau.

Le corps C_2 illustre des phénomènes de glissement et failles synsédimentaires rétrogradationnels, s'organisant en structures ressemblant à des remplissages de canyon (gullies).

Le corps C_1 pourrait représenter un cortège transgressif vestigiel dont la limite inférieure est une surface de transgression « 5 » et la limite supérieure une surface de base de progradation « 4 ». Le plus souvent ces deux surfaces sont confondues.

Enfin les deux corps A_2 et A_1 correspondraient respectivement à un cortège sédimentaire transgressif et à la partie distale (à l'endroit de l'illustration) du cortège de haut-niveau marin actuel [5] ou prisme épicontinental [6].

— Des systèmes régressifs pouvant s'accumuler soit sous forme de cortèges de haut-niveau relatif (PHN) ou de bas-niveau (PBN), l'interprétation en termes de stratigraphie séquentielle peut être délicate (*fig. 3 b et c*). Les éléments de réponse relèvent d'un calage chronostratigraphique et/ou d'une analyse stratigraphique étendue à la totalité de la coupe associée à une prise en considération du contexte régional.

Plus à l'Ouest, des séries similaires ont été datées du Pléistocène terminal. Cependant l'absence de corrélations directes avec cette zone rend douteuse l'extrapolation à notre aire d'étude.

Les prismes progradants montrent des cliniformes épisodiquement tronqués par des surfaces obliques sur lesquelles les cliniformes suivants se biseautent (onlap) avec un décalage vers le bas. Ces dispositions par ailleurs connues [7] sont indicatrices d'une baisse relative du niveau marin par pulsations. Il ne s'agit donc déjà plus de conditions de haut-niveau marin relatif.

L'examen régional du sommet du prisme B (*fig. 4*) montre qu'il se biseaute vers le continent entre 80 et 90 m sous le niveau marin actuel. Sa mise en place la plus probable (ré-examen en cours) serait immédiatement antérieure au dernier maximum Glaciaire ([5] et [8]). S'il s'agissait d'un cortège de haut-niveau, il faudrait envisager une subsidence d'au moins 50-60 m. Ce serait en contradiction avec un taux de subsidence considéré comme négligeable pour le Quaternaire terminal [9].

Il est donc pratiquement assuré que les cortèges sédimentaires progradants étudiés ont été mis en place durant la phase terminale des baisses relatives du niveau marin. Nous avons alors ici les illustration-types des « perched lowstand wedges » récemment envisagés [4].

— En termes de stratigraphie séquentielle les corps C_3 et C_2 auraient été déposés vers la fin d'une période de chute irrégulière du niveau marin relatif. Le ravinement « 5 », au sommet, marque une période de remontée rapide n'ayant pu édifier un cortège transgressif important (C). Cette surface de ravinement, dans les limites de la résolution sismique, lorsqu'elle est aussi une base de progradation marque une limite de séquence. L'absence de cortège de haut-niveau marin peut être attribuée à une durée trop courte, un taux d'apports faible ou une migration latérale des centres de dépôts.

L'ensemble B_2/B_1 est à nouveau un cortège de bas-niveau marin de type perche dont la base des progradations est la limite inférieure de séquence. Au-dessus de la surface de ravinement ou surface transgressive « 5 », un cortège transgressif A_2 puis un cortège de haut-niveau marin A_1 viennent compléter cette séquence supérieure.

CONCLUSIONS. — Cette Note, malgré l'acquisition récente de profils sismique haute-résolution assez spectaculaires, rappelle la prudence requise pour une analyse en stratigraphie séquentielle clairement exprimée par Vail et coll. ([1] à [4]). Une vision régionale

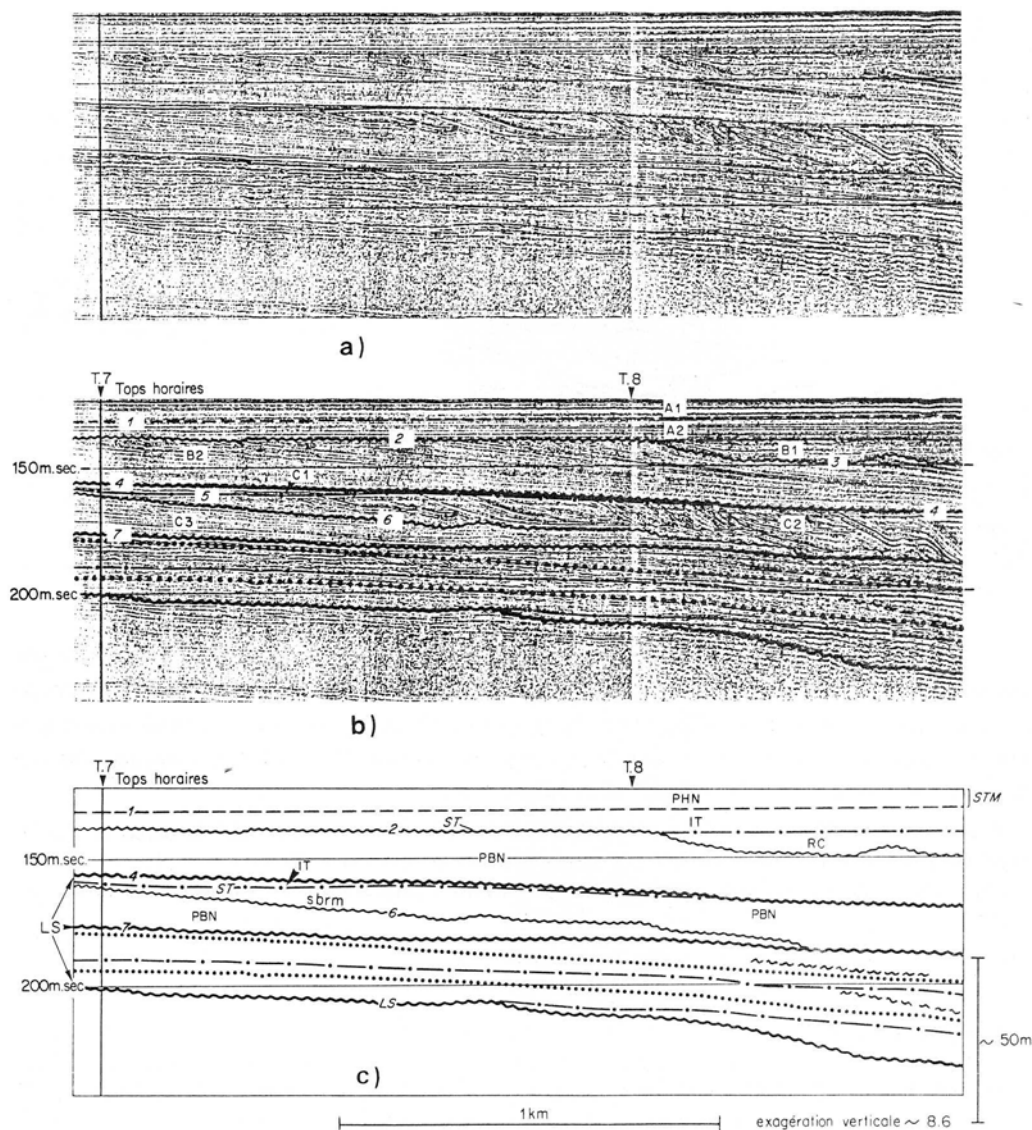


Fig. 3. (a) Section brute. (b) Section interprétée. (c) Analyse stratigraphique. LS, PBN, Sbrm, ST, IT et PHN : respectivement Limite de Séquence, Prisme de Bas Niveau perché, Surface de base de remobilisation, Surface de Transgression, Intervalle Transgressif, Prisme de Haut Niveau.

Fig. 3. — (a) Original section. (b) Line drawing. (c) Stratigraphic analysis. LS, PBN, Sbrm, ST, IT and PHN: respectively Sequence Boundary, perched Lowstand Wedge, Basal remobilisation discontinuity, Transgressive Surface, Transgressive System Tract et Highstand System Tract.

précise est d'autant plus nécessaire à la maîtrise des facteurs clefs (eustatisme et tectonique) que les bases stratigraphiques et sédimentologiques sont incertaines.

La présente analyse détaillée des cortèges sédimentaires deltaïques de bas-niveau marin perchés du plateau externe rhodanien, quoique concise, vient illustrer les plus récents ([3] et [4]) modèles présentés. Des développements plus importants seront par ailleurs publiés.

L'échelle d'étude des cortèges et corps sédimentaires, dans le cas présenté, se rapproche suffisamment de celle des études d'affleurements pour justifier et rendre nécessaire des études comparatives.

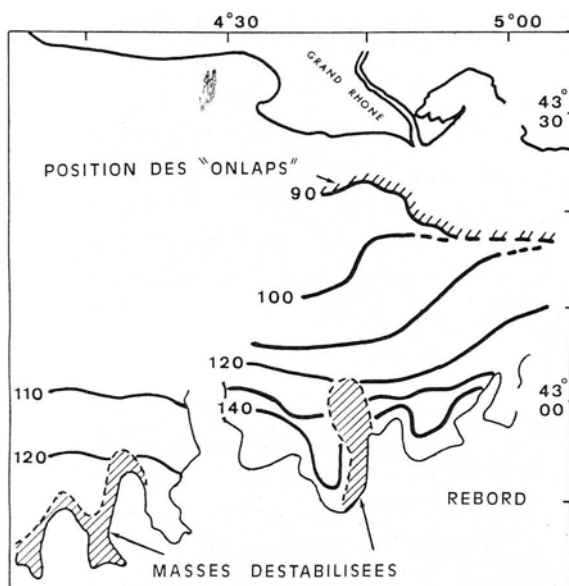


Fig. 4. — Carte isobathe du toit de l'unité B. Profondeurs en mètres.
 Fig. 4. — Contour map of top of units B.
 Water depths are in meters.

Le complexe rhodanien offre un site d'étude privilégié pour l'analyse des modèles de dépôt sur les marges soumises aux variations cycliques du niveau marin relatif. La reprise des travaux initiaux (ante-1976), avec des moyens techniques de sismique haute-résolution encore plus performante est à la fois justifiée et nécessaire. Toutefois l'acquisition des données doit être à la fois homogène et exhaustive.

Remerciements à l'équipage du *N/O G.-Petit*, à l'I.U.N. de Naples et à l'Université de Barcelone dont la collaboration a permis d'utiliser une sismique haute-résolution indisponible en France.

Étude réalisée dans le cadre de « Message Sédimentaire » du programme Dynamique et Bilan de la Terre (I.N.S.U.).

Note remise le 13 septembre 1989, acceptée le 24 octobre 1989.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] P. R. VAIL, R. M. MITCHUM JR, R. G. TODD, J. M. WIDMIER, S. THOMPSON, III, J. B. SANGREE, J. N. BUBB et W. G. HATLELID, in *Seismic Stratigraphy-applications to hydrocarbon exploration*, C. E. PAYTON éd., A.A.P.G., Mémoire, 26, 1977, p. 49-205.
- [2] P. R. VAIL, J. P. COLIN, R. J. DU CHÈNE, J. KUCHLY, F. MEDIIVILLA et V. TRIFILIEFF, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, III, 8, n° 7, p. 1301-1321.
- [3] H. W. POSAMENTIER, M. T. JERVEY et P. R. VAIL, S.E.P.M., Special Publication, n° 42, 1988, p. 109-125.
- [4] H. W. POSAMENTIER et P. R. VAIL, S.E.P.M., Special Publication, n° 42, 1988, p. 125-155.
- [5] A. MONACO, *Thèse Doctorat d'État*, Université de Perpignan, 1971, 295 p.
- [6] J. C. ALOISI, *Thèse Doctorat d'État*, Université de Perpignan, 1986, 162 p.
- [7] J. M. PLINT, S.E.P.M. Special Publication, n° 42, 1988, p. 357-371.
- [8] J. LABEYRIE, C. LALOU, A. MONACO et J. THOMMERET, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 282, série D, 1976, p. 349-352.
- [9] D. LEFEBVRE, *Thèse 3^e cycle*, Université Pierre-et-Marie-Curie, Paris, 1980, 163 p.

Laboratoire de Sédimentologie et Géochimie marine, Université de Perpignan, 66000 Perpignan;
 Institut français du Pétrole, 92500 Rueil-Malmaison;
 Total Exploration Laboratory, 33605 Pessac.