

# Sedimentación cuaternaria en la plataforma y el talud continentales del Golfo de León (Mediterráneo nor-occidental). 1ª parte: Estratigrafía sísmica de baja y alta resolución

*Late Quaternary sedimentation on the Gulf of Lions continental shelf and slope (north-western Mediterranean).  
Part 1: Low and high-resolution seismic stratigraphy.*

J. Torres (\*)(\*\*), L. Droz (\*\*\*), B. Savoye (\*\*) y M. Canals (\*)

(\*) U.A. "Geociències Marines". CSIC-UB, GRQ Geociències Marines, Dep. Geologia Dinàmica, Geofísica i Paleontologia, Universitat de Barcelona, Campus de Pedralbes, E-08071 Barcelona.

(\*\*) DRO/GM, IFREMER, Centre de Brest, 29280 Plouzané, Francia.

(\*\*\*) CNRS URA 1278, Université de Brest, 29200 Brest, Francia.

## ABSTRACT

This paper is focused on the seismic stratigraphy of the Gulf of Lions continental shelf and slope, off the present Rhône Delta. A low resolution multichannel seismic profile allows to divide the Plio-Quaternary section in 10 seismic units ( $S_9$ - $S_{10}$ ) bounded by unconformities. The Plio-Quaternary boundary has been tentatively correlated on this profile from oil-exploration wells drilled near the study area. High-resolution seismic profiles allows a more detailed analysis of the uppermost part of the sedimentary section. The continental shelf section is divided into 6 major units (A-F) bounded by unconformities. These units are Quaternary in age and correlate with units  $S_9$  and  $S_{10}$  on multichannel seismic records. Units B-F shows a wedge shaped geometry and reach a maximum thickness at the shelf edge. These wedge-shaped seismic units are traced onto the slope in an intercanion area. Detailed analysis of the seismic facies on the slope shows that the sedimentary series defines cycles. Each basic cycle is composed of a couplet of two different sub-units: a lower mostly transparent sub-unit which correlates with a wedge shaped seismic unit on the shelf, and an upper mostly layered seismic unit on the slope which correlates with an erosional unconformity on the shelf. These sedimentary cycles are supposed to be related with sea-level fluctuations.

**Keywords:** Seismic stratigraphy, low and high resolution, Late Quaternary, Gulf of Lions, Rhône Delta.

*Geogaceta*, 20 (1) (1996), 131-134  
ISSN: 0213683X

## Introducción

El margen continental del Golfo de León, situado en el Mediterráneo nor-occidental, es un margen continental pasivo (Fig. 1). Su estructura y su relleno sedimentario han sido estudiados durante las dos últimas décadas gracias a los datos de sísmica de reflexión marina (Biju-Duval, 1984; Réhault *et al.*, 1984; Gorini *et al.*, 1993) y los sondeos de exploración petrolera (Cravatte *et al.*, 1974).

En los últimos años ha habido un interés creciente por los estudios en alta resolución de la cobertura sedimentaria superficial (cuaternaria) de este margen, tanto en la plataforma continental (Aloisi, 1986; Tesson *et al.*, 1990) como en el talud y el ascenso continental (Droz y Bellaiche, 1985; Torres *et al.*, 1995). Estos trabajos han demostrado que la sedimentación cuaternaria ha sido controlada principalmente por los ciclos de cambio eustático de alta frecuencia, asociados a los cambios climáticos.

Se pretende en este estudio analizar las relaciones entre la sedimentación cuaternaria y los cambios glacio-eustáticos. Para ello, este trabajo se presenta en dos partes. Esta primera parte contiene una descripción detallada de la estratigrafía sísmica de un transecto abarcando la plataforma y el talud continental situados frente al Delta del Ródano. Para ello, se dispone de datos de sondeo y de datos sísmicos de alta y baja resolución, adquiridos durante varias campañas realizadas en el margen continental del Golfo de León entre 1979 y 1993. Los perfiles de baja resolución muestran la estructura sedimentaria completa del relleno cenozoico de esta cuenca. Los perfiles de alta resolución permiten el análisis detallado de la estructura sedimentaria del Cuaternario Superior.

## Estratigrafía sísmica de baja resolución

La estructura sedimentaria del margen continental del Golfo de León se ilustra en

un perfil sísmico multicanal interpretado por Droz (1994) (Fig. 2). En este corte interpretativo se distinguen dos unidades mayores:

El zócalo pre-terciario, constituido por materiales paleozoicos y mesozoicos. Este zócalo fue estructurado durante la orogénesis alpina-pirenaica y la extensión oligomiocena, que dio lugar a la abertura de la Cuenca Provenzal.

La cobertura sedimentaria neógena, cuya potencia máxima alcanza los 8000 m, la cual se divide a su vez en cuatro secuencias mayores, separadas por discontinuidades (Cravatte *et al.*, 1974; Réhault *et al.*, 1984). Este estudio concierne a la parte más superficial de la secuencia más reciente, de edad pliocena-cuaternaria.

La base de la secuencia superior corresponde al techo de las evaporitas mesinienses en la cuenca profunda, y a su equivalente lateral, la superficie de erosión mesiniense en el margen continental. En el corte interpretativo de la Figura 2 la secuencia

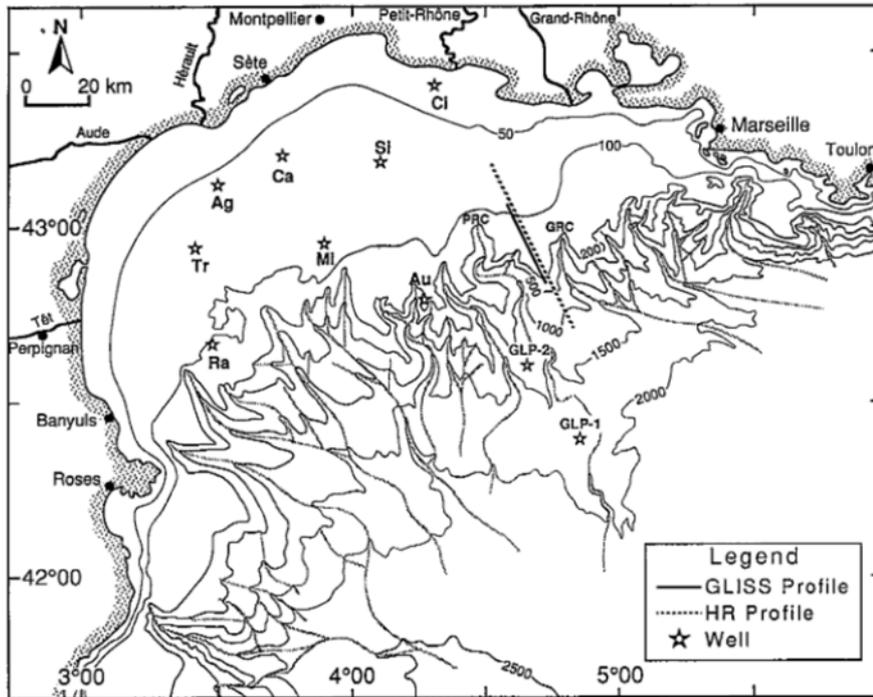


Figura 1. Mapa del Golfo de León. Se indica la posición de las líneas sísmicas, ilustradas en las figuras 2 y 3 de los sondeos de exploración petrolera utilizados. Batimetría en metros.

Figure 1. Location map of the well data used in this study and the seismic lines illustrated in figures 2 and 3. Bathymetry in meters.

superior ha sido dividida en 10 unidades, asociadas a diferentes fases de erosión e incisión del curso fósil del Ródano sobre la plataforma. La primera incisión importante se sitúa en la base de la unidad  $S_2$  y el inicio de la progradación de la plataforma hacia la cuenca está asociado con la deposición de la sub-unidad  $S_{1b}$ .

Se han utilizado los datos de dos sondeos próximos al perfil HR (Fig. 1), para calar sobre éste el límite Plioceno-Cuaternario. En la zona de la plataforma se han utilizado los datos del sondeo Autan (Cravatte *et al.*, 1974), y en la zona del talud continental los datos del sondeo GLP-2 (Droz, 1991). En el sondeo Autan, cuya proyección sobre el perfil HR se sitúa sobre el CDP 2600, se atravesaron 748 m de sedimentos cuaternarios y 1522 m de sedimentos pliocenos. En el sondeo GLP-2, cuya proyección se sitúa en el extremo sudeste del perfil HR (CDP 3600), no se recuperó el Cuaternario y los primeros sedimentos recuperados, a una profundidad de 579 m eran ya de edad pliocena. Se ha considerado esta profundidad como la potencia máxima posible del Cuaternario (579 m). Estas potencias de sedimento se han transformado en tiempos-dobles a partir (1) de las leyes de velocidad de propagación de las ondas sísmicas obtenidas en varios ESP realizados en la zona de estudio (Pascal *et*

*al.*, 1993), y (2) de los análisis de velocidades de migración pre-stack del propio perfil HR.

El calaje de estos dos sondeos se muestra en la Figura 2a. No se ha podido obtener un calaje preciso del límite Plioceno-Cuaternario, debido a que durante la transformación profundidad-tiempo intervienen varias fuentes de error, como la ambigüedad en los valores de la propagación de las ondas sísmicas, el hecho de que la potencia del Cuaternario en el sondeo GLP-2 puede haber sido sobrestimada y que la proyección sobre el perfil sea incorrecta. Sin embargo la diferencia de cota entre ambos sondeos es casi despreciable a la escala de este estudio. Se ha considerado en este estudio que el límite Plioceno-Cuaternario corresponde con el límite entre las unidades  $S_5$  y  $S_6$  (Fig. 2b). Las unidades  $S_6$  a  $S_{10}$  son, según este calaje, de edad cuaternaria.

**Estratigrafía sísmica de alta resolución**

*La plataforma continental*

La parte más superficial del recubrimiento sedimentario se ilustra en el corte interpretativo de un perfil sísmico de alta resolución (water-gun) de la campaña GLISS (Fig. 3). Este perfil (GL19), adquirido sobre el mismo transecto que el perfil HR, fue interpretado por Torres (1995).

Sobre la plataforma externa, la sección sedimentaria superficial está constituida por un apilamiento de unidades sísmicas en forma de prisma. Se han identificado 6 unidades mayores (A-F) limitadas por discontinuidades. El reflector  $D_p$ , correspondiente a la base de la unidad F, representa la discontinuidad más profunda identificada sin ambigüedad sobre el perfil GL19.

La unidad más superficial (A), tiene una geometría prismática abierta en dirección del continente. En detalle, esta unidad está constituida por varias sub-unidades retrogresivas, de geometría lenticular o en prisma (Gensous *et al.*, 1993b). Las dataciones absolutas por  $^{14}C$  permiten asignar una edad post-glacial a holocena (de 16 ka BP a Actual) para el conjunto de sub-unidades que constituyen la unidad A.

Por debajo de A, las unidades B-F tienen una geometría en forma de prisma abierto en dirección a la cuenca y se acuñan en dirección al continente (Fig. 2). Estas unidades sísmicas (B-F) alcanzan su mayor potencia (~50 m) en las proximidades del borde de la plataforma. La configuración interna de cada prisma individual está caracterizada por reflexiones oblicuas progradantes hacia la cuenca. La unidad C ha sido a su vez dividida en tres sub-unidades ( $C_1$ ,  $C_2$  y  $C_3$ ) limitadas por discontinuidades interpretadas como locales por Tesson (comm. pers.).

El prisma de bajo nivel colgado más reciente (Unidad B) aflora parcialmente en la zona externa de la plataforma. Varios testigos Kullenberg superficiales muestrearon esta unidad y demostraron la naturaleza deltaica de sus sedimentos. Un reflector fue muestreado y datado en 43 ka BP por Gensous *et al.* (1993a) (ver Fig. 3). Esta edad sitúa el reflector datado dentro del Würm y muestra que la deposición de la mayor parte del prisma de bajo nivel colgado B ha tenido lugar sobre la plataforma antes de 43 ka BP.

*El talud continental*

La unidad «post-glacial» A, está constituida en el talud por una fina película superficial con una potencia máxima inferior a 2 metros y sólo se puede identificar con certitud en los testigos Kullenberg.

Cada una de las discontinuidades que limitan los prismas de bajo nivel identificados en la plataforma ha sido prolongada en dirección a la cuenca a través del talud. Estas discontinuidades corresponden a superficies de erosión sobre la plataforma que pasan, en el talud, a superficies conformes. En el interfluvio Gran-Ródano—Pequeño-Ródano, la unidad B ha sido dividida en dos sub-unidades, cada una con una facies sísmica y una configuración interna dife-

rente (Torres *et al.*, 1995):

La sub-unidad superior tiene una geometría en forma de prisma abierto hacia la cuenca y una facies sísmica estratificada de alta frecuencia, con una configuración divergente hacia la cuenca. El prisma se acuña sobre la plataforma externa, en las proximidades del borde de plataforma. El techo de esta sub-unidad está truncado y sellado por la unidad A. Las reflexiones sísmicas bien estratificadas que constituyen esta sub-unidad, tienen una configuración ligeramente divergente en dirección de la cuenca; en dirección del continente, la facies estratificada pasa lateralmente a una facies caótica. Esta sub-unidad superior sólo existe en el talud y alcanza una potencia máxima de 200 ms tiempo-doble (~150 m).

La sub-unidad inferior se caracteriza, en el talud superior, por una facies sísmica semitransparente a transparente y una configuración interna convergente en dirección a la cuenca. Esta subunidad corresponde a la prolongación hacia la cuenca del prisma de bajo nivel B colgado sobre la plataforma.

El reflector datado por Gensous *et al.* (1993a) ha sido correlacionado sobre nuestras líneas sísmicas. Dicho reflector, indicado sobre el corte interpretativo del perfil GL19 (Fig. 3), aflora unos 2.5 km al Norte del acunamiento de la sub-unidad estratificada de B. La prolongación de este reflector hacia el talud permite precisar su posición relativa con respecto a las sub-unidades transparente y estratificada de la unidad B. El reflector (43 ka BP) se sitúa en el tercio inferior de la sub-unidad transparente. La edad de deposición de la sub-unidad estratificada de B se halla dentro de un intervalo de tiempo que va desde 43 ka BP a 16-18 ka BP, correspondiendo esta última edad al inicio de la deposición de la unidad A en el talud.

La asociación de geometrías y facies sísmicas reconocida en el seno de la unidad B, ha sido también identificada por Torres *et al.* (1995) en las unidades sísmicas C y D, pero sus sub-unidades estratificadas tienen una potencia netamente inferior (< 30 m) a la de la sub-unidad estratificada de B. En las sub-unidades más profundas (E y F) no se ha podido reconocer claramente una sub-unidad superior con facies estratificada.

**Ciclicidad de los depósitos de plataforma y talud**

Las unidades sísmicas en forma de prisma situadas bajo la unidad A han sido interpretadas por Tesson *et al.* (1990) como un conjunto de prismas de bajo nivel colgado. Cada prisma de bajo nivel colgado sobre la plataforma es el resultado de un proceso de

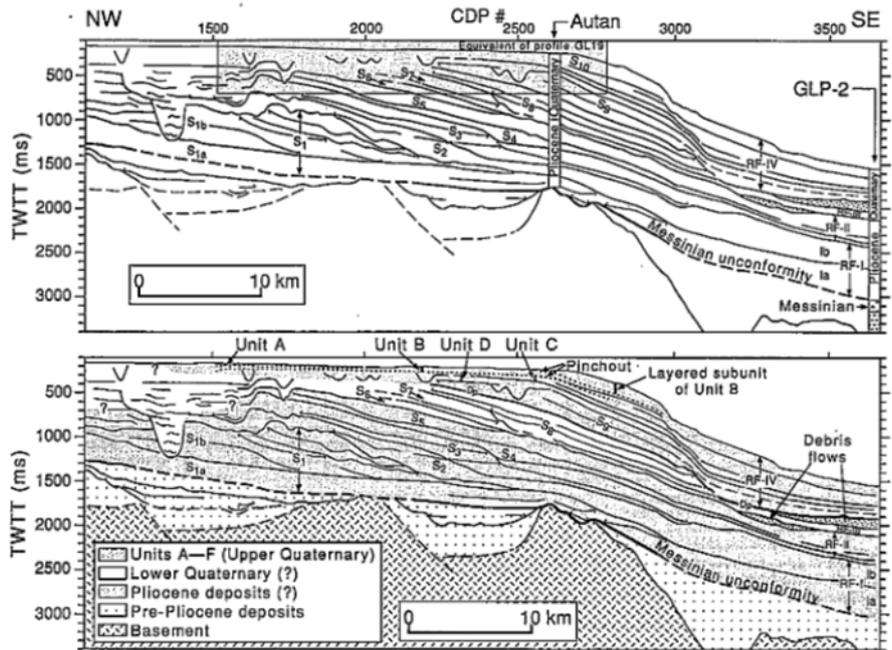


Figura 2. Corte interpretativo de un perfil sísmico multicanal HR en la plataforma externa y el talud continentales del Golfo de León. El perfil ha sido calado con los datos de dos sondeos de exploración petrolífera realizados a proximidad de la zona de estudio. Arriba (a): corte interpretativo según Droz (1994). Abajo (b): interpretación hecha en este estudio.

Figure 2. Interpretative line-drawing of a HR multichannel seismic profile from the Gulf of Lions shelf and slope (Droz, 1994). This profile has been tied with two exploration wells drilled near the study area.

regresión forzada (Posamentier *et al.*, 1992). Desde un punto de vista conceptual, estos prismas de bajo nivel colgados forman parte del cortejo sedimentario de bajo nivel (Posamentier y Vail, 1988). La plataforma continental parece estar constituida casi exclusivamente por prismas de bajo nivel colgados. La potencia de estas unidades varía de un prisma a otro, pero su configuración interna es siempre la misma. La estructura interna progradante de cada prisma refleja la progradación del Delta del Ródano y de la línea de costa. Cada episodio de progradación corresponde a una disminución del espacio disponible (*accommodation*) sobre la plataforma, asociada a una caída relativa del nivel del mar. No se han podido reconocer, intercaladas entre estos prismas de bajo nivel, otras unidades que puedan ser asociadas a los periodos de subida y alto eustático (cortejos sedimentarios transgresivos y de alto nivel). La unidad A parece ser la única excepción a esta regla.

Los depósitos del talud continental frente al Delta del Ródano describen ciclos sedimentarios; cada ciclo elemental está constituido por dos sub-unidades con diferentes geometrías y facies sísmicas. Los ciclos sedimentarios no son todos iguales; el espesor de la sub-unidad estratificada puede variar notablemente de una unidad a otra e in-

cluso podría no existir en algunas unidades. Estas diferencias sugieren que las condiciones de sedimentación, al menos en el talud, no han sido las mismas para todas las unidades (eustatismo, flujo sedimentario...). La escasez de dataciones absolutas de la serie sedimentaria hace que sólo se pueda especular sobre los mecanismos sedimentarios, la edad de deposición y la relación con los ciclos glacio-eustáticos del Cuaternario de la sub-unidad estratificada de B.

**Comparación de los perfiles de alta y baja resolución**

Se han proyectado en punteado los límites de las unidades sísmicas B-F, identificadas en los registros sísmicos de alta resolución, sobre el corte interpretativo del perfil HR (Fig. 2b). Las unidades B-F del perfil GL19 equivalen a las unidades S<sub>9</sub> y S<sub>10</sub> del perfil HR (Fig. 2b). En detalle, la unidad S<sub>9</sub> del perfil HR corresponde a las unidades B y C del perfil GL19; la unidad S<sub>10</sub> corresponde a las unidades D, E y F del perfil GL19. El reflector Dp (base de F) corresponde a la base de la unidad S<sub>10</sub>. Esta comparación permite atribuir una edad cuaternaria a la totalidad de unidades sísmicas de alta resolución. La potencia total de las unidades sísmicas B-F (~400 m) corres-

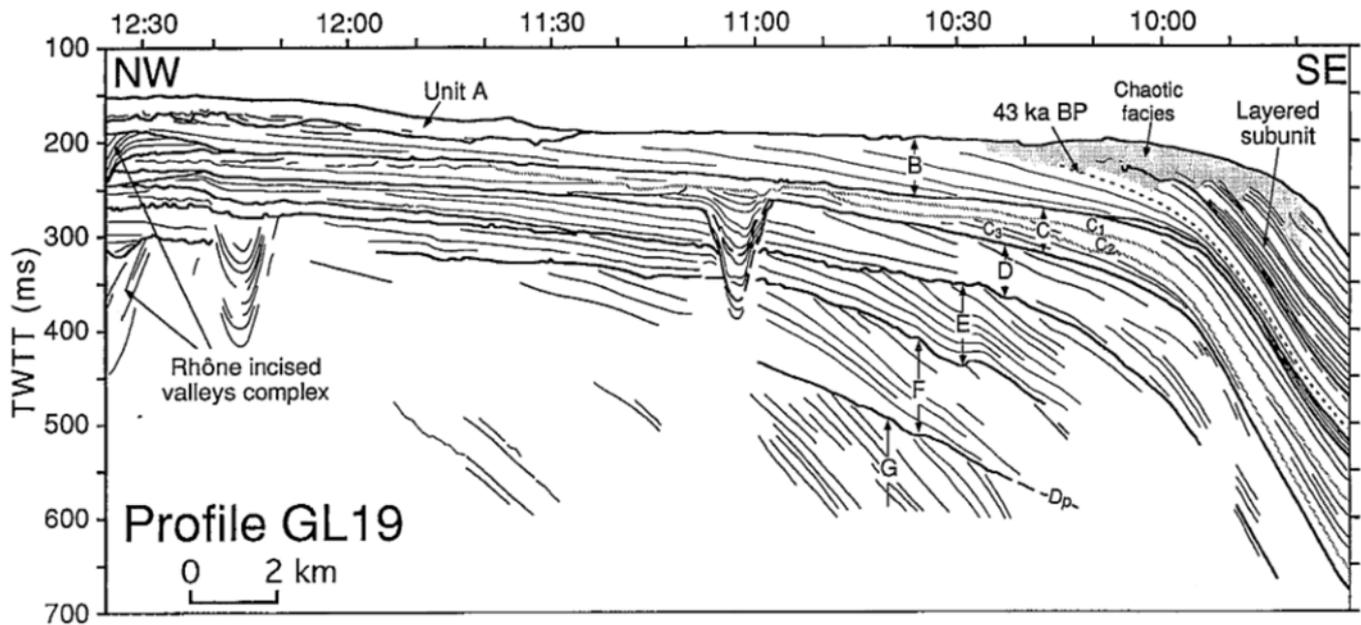


Figura 3. Corte interpretativo del perfil de cañón de agua GL19 de la campaña GLISS (1993). Este corte muestra las principales unidades sísmicas identificadas en el sector de estudio: A, B, C, D, E, F y G.

Figure 3. Interpretative line-drawing of the GL19 water-gun seismic profile acquired during the GLISS survey (1993). This section shows the main high-resolution seismic units identified in this study: A, B, C, D, E, F and G.

ponde sobre el perfil HR a una gran parte de la potencia total del Cuaternario.

### Conclusión

El análisis de un perfil de sismica de baja resolución ha permitido identificar 10 unidades sísmicas ( $S_1$  a  $S_{10}$ ) limitadas por discontinuidades erosivas dentro del Plioceno-Cuaternario. El límite entre el Plioceno y el Cuaternario ha podido ser calado con una cierta precisión gracias a los datos de dos sondeos. Este calaje ha permitido atribuir una edad pliocena a las unidades  $S_1$  a  $S_3$  y una edad cuaternaria a las unidades  $S_6$  a  $S_{10}$ .

Los perfiles de sismica alta resolución muestran que la cobertura sedimentaria superficial está constituida por unidades en forma de prisma (A-F), limitadas por discontinuidades. Las unidades B-F tienen una geometría en forma de prisma abierto hacia la cuenca y una configuración interna progradante. Estas unidades describen ciclos sedimentarios en la plataforma y en el talud continental que podrían estar relacionados con los ciclos glacio-eustáticos del Cuaternario.

La comparación de los registros sísmicos de alta y baja resolución ha permitido asignar una edad cuaternaria a las unidades A-F. Estas unidades, equivalentes a las unidades  $S_9$  y  $S_{10}$  del perfil sísmico HR, representan una gran parte del espesor total del

Cuaternario.

### Agradecimientos

El primer autor se benefició de una beca del MEC en el Centro IFREMER de Brest (Francia). El trabajo se inscribe en el proyecto MAS2-CT93-0053 del Programa MAST II de la Unión Europea. El GRQ de la Universidad de Barcelona ha recibido asimismo el apoyo de la CIRIT de la Generalitat de Catalunya (ref. GRQ94/95-1026). Se agradecen a Lluís Pomar y al Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universitat de les Illes Balears los medios y facilidades puestas a disposición de J. Torres durante la preparación de esta comunicación.

### Referencias

- Aloisi, J.C. (1986) *Thèse d'Etat*, Univ. de Perpignan, 182 pp.  
 Biju-Duval, B. (1984) En: Boillot, G. (Ed.), "Les marges actuelles et fossiles autour de la France", Masson, 249-334.  
 Cravatte, J., Dufaure, P., Prim, M. and Rouais, S. (1974) *Notes et Mémoires de la Compagnie Française des Pétroles*, 2: 209-274.  
 Droz, L. y Bellaiche, G. (1985) *AAPG Bull.*, 69:460-479.  
 Droz, L. (1991) *Diplôme d'Habilitation à Diriger des Recherches*, Univ. Paris VI, 254 pp.

- Droz, L. (1994) *Ocean drilling Project proposal*, 18 pp.  
 Gensous, B., Tesson, M. and Arnold, M. (1993a) *C. R. Acad. Sci. Paris, Série II*, 317: 803-810.  
 Gensous, B., Williamson, D. and Tesson, M. (1993b) En: *Posamentier, H.W., Summerhayes, C.P., Haq, B.U. y Allen, G.P. (eds.), «Sequence Stratigraphy and facies associations»*. Inter. Assoc. Sed., Sp. Pub., 18: 197-211.  
 Gorini, C., Le Marrec, A. y Mauffret, A. (1993) *Bull. Soc. Géol. France*, 164: 353-363.  
 Pascal, G., Mauffret, A. and Patriat, P. (1993) *Geoph. J. Intern.*, 113: 701-726.  
 Posamentier, H.W., Allen, G.P., James, D.P. and Tesson, M. (1992) *AAPG Bull.*, 76: 1687-1709.  
 Posamentier, H.W., y Vail, P.R. (1988) En: Wilgus, C.K., Hastings, B.S., Kendall, C.G.S.C., Posamentier, H.W., Ross, C.A. y Van Wagoner, J.C. (eds.), "Sea-level changes — An integrated approach". SEPM, Sp. Pub., 42: 125-154.  
 Réhault, J.P., Boillot, G. and Mauffret, A. (1984) *Mar. Geol.*, 55: 447-477.  
 Tesson, M., Gensous, B., Allen, G.P. and Ravenne, C. (1990b) *Mar. Geol.*, 91: 325-332.  
 Torres, J. (1995) *Tesis Doct.*, Univ. Barcelona, 353 pp.  
 Torres, J., Savoye, B. and Cochonat, P. (1995) *J. Sed. Res.*, B65: 368-387.