

## La couverture sédimentaire syn-rift de la marge Nord-Gascogne et du Bassin armoricain (golfe de Gascogne) : à partir de nouvelles données de sismique réflexion

ISABELLE THINON<sup>1</sup>, JEAN-PIERRE RÉHAULT<sup>2</sup> et LUIS FIDALGO-GONZÁLEZ<sup>2, 3</sup>

*Mots-clés.* – Rifting, Sédiments syn-rifts, Crétacé, Bassin armoricain, Golfe de Gascogne

*Résumé.* – Le Bassin armoricain est un bassin sédimentaire profond situé au nord du golfe de Gascogne. Faute de données suffisantes, l'âge du bassin et son appartenance au domaine océanique ou à la marge armoricaine ont fait l'objet de nombreuses spéculations. Cette nouvelle étude sismo-stratigraphique, fondée sur une couverture dense de sismique réflexion, montre que la sédimentation dans le Bassin armoricain débute à l'Aptien, contemporaine de la dernière phase tectonique du rifting de la marge. La première formation sédimentaire de ce bassin, identifiée sous le nom de « couche 3B » et caractérisée par un faciès sismique chaotique et transparent, se serait mise en place par glissement dans la phase terminale du rifting lors de l'effondrement final de la marge, juste avant le début de l'ouverture océanique.

Les nouvelles données de sismique réflexion apportent aussi des informations sur l'évolution polyphasée de la marge pendant son rifting. Deux événements se sont produits au Crétacé inférieur, l'un anté-Berriasien, l'autre Aptien, séparés par une période de calme entre le Berriasien supérieur et l'Aptien inférieur. Le premier événement est responsable de la structuration de la marge en blocs crustaux, le second de son effondrement et de la mise en place des sédiments allochtones dans le Bassin armoricain.

### The syn-rift sedimentary cover of the North Biscay Margin (bay of Biscay) : from new reflection seismic data

*Key words.* – Bay of Biscay, Rifting, Syn-rift sediments, Cretaceous times, Armorican Basin

*Abstract.* – The Armorican Basin is a deep sedimentary basin lying at the footside of the North Bay of Biscay. From previous scattered inadequate data, the age and nature of this basin, oceanic domain or deep part of the Armorican margin itself were largely speculated. From this new seismo-stratigraphic study based on a dense seismic cover, the sedimentation within the Armorican Basin is beginning in the Aptian times, during the last tectonic rifting episode of the margin. The first sediments formation identified as the « 3B layer » is characterised on the profiles by a chaotic and transparent seismic facies and was emplaced by slumping process when the margin collapsed, at the final rifting phase, just before the oceanic accretion.

The new seismic reflection data give also some informations on the polyphased evolution of the North Biscay Margin during the rifting period. Two main events occurred during the Lower Cretaceous times (the first one is pre-Berriasian, the second is Aptian), separated by a quiet tectonic period including the Upper Berriasian and Lower Aptian times. The first event is responsible of the margin tectonic structuration in some blocks, the second of collapsing and the emplacement of the allochthonous sediments (3B layer) in the Armorican Basin.

Le golfe de Gascogne est un domaine océanique profond bordé par les marges conjuguées Nord-Gascogne (fig. 1) et Nord Ibérique. Il est le résultat d'une longue histoire géologique où deux périodes sont distinguées. La première est une phase d'ouverture induite par la divergence entre les plaques Ibérie, Europe et Amérique du Nord ; la seconde est une phase de fermeture due à la convergence entre l'Ibérie et l'Europe. Le rifting se serait initié pendant le Néocomien et se serait achevé à l'Aptien [e.g. Montadert, Roberts *et al.*, 1979 ; Derégnaucourt et Boillot, 1982 ; Montadert, 1984]. L'accrétion océanique dans le golfe commencerait à l'Aptien supérieur/Albien inférieur, juste après l'anomalie magnétique M0 (121 Ma, base de l'Aptien) [Debyser *et al.*,

1971, Montadert, Roberts *et al.*, 1979 ; Olivet, 1996]. Elle cesserait entre les anomalies magnétiques 34 (84 Ma, fin du Santonien) et 33 (79 Ma, Campanien), cette dernière n'ayant pas été reconnue dans le golfe de Gascogne [Williams, 1975]. La convergence entre l'Ibérie et l'Europe, du Turonien à l'Oligocène [Olivet, 1996 ; Thinon *et al.*, 2001], aboutit à la création des Pyrénées, à la fermeture partielle du golfe de Gascogne et à la déformation intense de la marge Nord Ibérique [e.g. Debyser *et al.*, 1971 ; Montadert, Roberts *et al.*, 1979 ; Derégnaucourt et Boillot, 1982]. Durant ces phases compressives, les structures liées au rifting ont été préservées dans la marge Nord-Gascogne [Derégnaucourt et Boillot, 1982 ; Thinon, 1999].

<sup>1</sup> BRGM CDG/MA, 3 rue Claude Guillemin, BP6009, 45060 Orléans ; i.thinon@brgm.fr

<sup>2</sup> IUEM, Technopole de Brest-Iroise, Place Nicolas Copernic, 29280 Plouzané, France.

<sup>3</sup> IFREMER, DRO-GM, BP 70, Place Nicolas Copernic, 29280 Plouzané, France.

Manuscrit déposé le 26 juillet 2001 ; accepté après révision le 30 avril 2002.

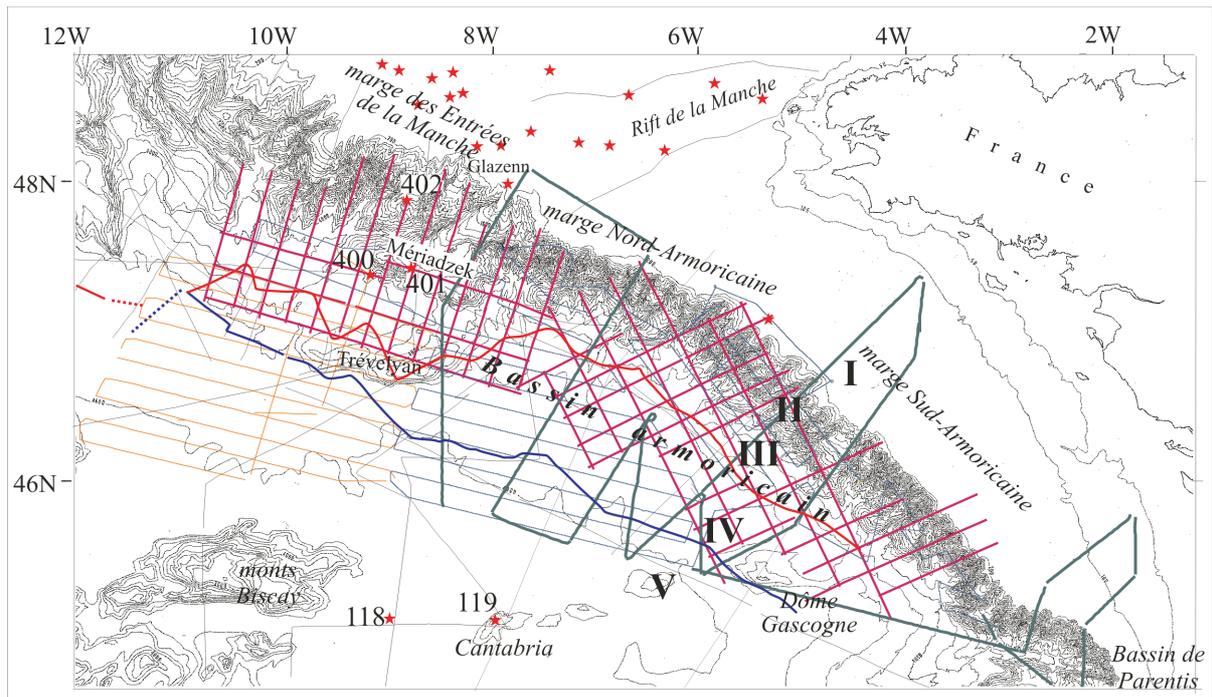


FIG. 1. – Bathymétrie [Sibuet *et al.*, 1994] du golfe de Gascogne et plan de position des profils de sismique réflexion. Isobathes : 200 m. Projection Mercator 1/2 400 000 à 41°N latitude. Le trait épais bleu représente la limite du domaine océanique. Le trait épais rouge est la limite des derniers blocs continentiels. Les domaines I, II, III, IV et V [Thinon, 1999 ; Thinon *et al.*, 2002] sont situés sur la carte. Les profils NORGASIS (vert), ZEE-GASCOGNE (bleu), SÉDIFAN (orange) et SNEA (violet), ainsi que les profils Noratlante, OC, Nestlante, Norestlante, etc... (noir) [Debyser *et al.*, 1971], sont reportés sur cette carte. Les forages DSDP et pétroliers sont représentés par des étoiles rouges.

FIG. 1. – Bathymetry of the Bay of Biscay [Sibuet *et al.*, 1994] and location of the seismic reflection profiles. The limit of the oceanic domain is the blue thick line. The limit of the last continental blocks is the red thick line. The I, II, III and IV structural domains [Thinon, 1999 ; Thinon *et al.*, 2002] are reported here. The NORGASIS profiles (green lines), ZEE-GASCOGNE profiles (blue lines), SEDIFAN profiles (amber lines) and SNEA lines (purple lines) are reported here with the old seismic profiles (black) [Debyser *et al.*, 1971]. The DSDP and petroleum holes are represented by the red stars.

La bathymétrie de la marge Nord-Gascogne (fig. 1) montre clairement deux provinces : la marge des Entrées de la Manche et la marge armoricaine. La marge des Entrées de la Manche est structurée par une succession de blocs de socle continental située au pied de la pente continentale [Debyser *et al.*, 1971 ; Montadert, Roberts *et al.*, 1979 ; Boillot *et al.*, 1995 ; Thinon, 1999]. La marge armoricaine se distingue par la rareté de ces blocs [Thinon, 1999] et par l'existence d'un bassin sédimentaire profond appelé Bassin armoricain (fig. 1). Ce dernier est limité à l'ouest par les escarpements de Mériadzek et de Trévélyan, et à l'est par le Dôme Gascogne. Trévélyan [Debyser *et al.*, 1971 ; Derégnaucourt et Boillot, 1982] et le Dôme Gascogne [Fidalgo-González, 1995 ; Thinon *et al.*, 2001] sont des structures inversées, reliefs nés de la convergence pyrénéenne.

Dans les années 70, une série sismique peu réflective (fig. 2) a été découverte sous 5 à 7 km d'épaisseur de sédiments dans le Bassin armoricain [Bacon *et al.*, 1969 ; Montadert *et al.*, 1971] et appelée « couche 3B » par la plupart des auteurs [e.g. Montadert *et al.*, 1971 ; Derégnaucourt et Boillot, 1982] puis « unité 4 » par Montadert [1984]. Nous conserverons ici la nomenclature « couche 3B » pour cette série. La couche 3B repose directement sur un horizon acoustique sub-horizontale, qui est attribué au toit du substratum [Montadert *et al.*, 1971, 1974 ; Sibuet *et al.*, 1971 ; Sichler *et al.*, 1971 ; Grau *et al.*, 1973] ou identifié comme le réflecteur S qui est interprété comme un plan de cisaillement par Barbier *et al.* [1986]. La couche 3B a été inter-

prétée comme : (1) un corps évaporitique triasique [Le Pichon *et al.*, 1971 ; Sibuet *et al.*, 1971 ; Grau *et al.*, 1973 ; Montadert *et al.*, 1974 ; Derégnaucourt et Boillot, 1982] ; (2) un corps basaltique intrusif du Trias ou du Crétacé inférieur [Montadert *et al.*, 1971, 1974] ; (3) une série sédimentaire anté-rift [Barbier *et al.*, 1986] ; (4) équivalente de la formation sédimentaire syn-rift 4 de la marge des Entrées de la Manche dont la morphostructure est expliquée par des intrusions volcaniques syn-rift ou contemporaines de la phase d'accrétion océanique [Montadert, 1984]. Cette incertitude sur la nature de la couche 3B entraîne des controverses sur la nature du substratum et sur l'âge du Bassin armoricain. Le substratum a été plus souvent défini comme une croûte continentale extrêmement amincie d'épaisseur inférieure à 3 km [Montadert *et al.*, 1971 ; Grau *et al.*, 1973 ; Avedik et Howard, 1979 ; Le Pichon et Sibuet, 1981 ; Derégnaucourt et Boillot, 1982 ; Barbier *et al.*, 1986] que comme une croûte océanique typique [Limond *et al.*, 1974 ; Montadert, Roberts *et al.*, 1979 ; Sibuet *et al.*, 1994]. Ce bassin pourrait : (1) être hérité du jeu d'un accident cisailant lié à l'orogénèse hercynienne [Ziegler, 1978] ; (2) résulter d'une première phase de distension permienne ou triasique, comme les bassins des régions avoisinantes (Manche, Aquitaine, Terre-Neuve, Portugal, Basco-cantabrique) [Olivet *et al.*, 1984 ; Vaillant, 1988 ; Olivet, 1996] ; (3) être créé au Crétacé inférieur peu avant l'accrétion océanique [Debyser *et al.*, 1971 ; de Charpal *et al.*, 1978 ; Le Pichon et Sibuet, 1981 ; Derégnaucourt et Boillot, 1982].

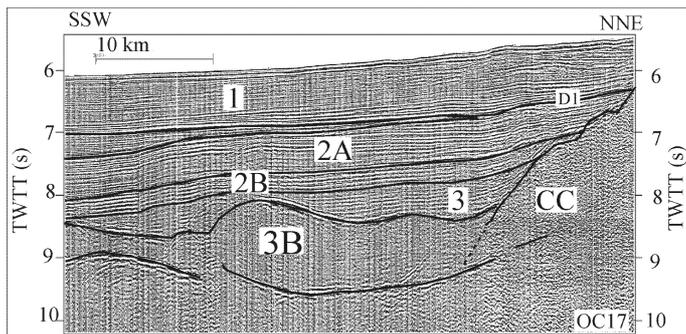


FIG. 2. – Section du profil OC17 au travers du Bassin armoricain localisée sur la figure 4 [modifiée d'après Montadert *et al.*, 1971]. 1 : unité d'âge quaternaire-éocène ; 2A : unité d'âge Eocène-Crétacé supérieur ; 2B : unité d'âge Crétacé supérieur – Cénomaniens ; 3 : unité d'âge Cénomaniens – Aptien ; CC : croûte continentale ; D1 : discordance éocène.

FIG. 2. – *Seismic section of the OC17 profile across the Armorican Basin [modified from Montadert et al., 1971]. 1 : Quaternary-Eocene Unit ; 2A : Eocene-Upper Cretaceous Unit ; 2B : Upper Cretaceous-Cenomanian Unit ; 3 : Cenomanian – Aptian Unit ; CC : continental crust ; D1 : Eocene unconformity.*

### LES BASES DE LA STRATIGRAPHIE DU GOLFE DE GASCOGNE

La nouvelle étude sismo-stratigraphique s'appuie sur l'interprétation d'un réseau sismique dense et régulier, constitué d'anciennes et de nouvelles données (fig. 1). Les profils de sismique réflexion acquis entre 1969 et 1981 [Debyser *et al.*, 1971 ; Montadert, Roberts *et al.*, 1979 ; Vaillant, 1988] et le réseau de 6500 km de lignes sismiques multitraces Société Nationale d'Elf Aquitaine [SNEA ; Barbier *et al.*, 1986] ont tous été ré-interprétés. Les profils d'Elf recouvrent la marge Nord-Gascogne et le bassin profond, mais aucun n'atteint le domaine océanique. En complément, des profils sismiques ont été réalisés ces dernières années par IFREMER, lors des campagnes NORGASIS (1994), ZEE-GASCOGNE (1997) et SÉDIFAN (1997). Pour les profils de sismique réflexion multitraces NORGASIS, 96 récepteurs (25m d'intervalle) et 8 à 10 canons à air sous le mode « monobulle » [Avedik *et al.*, 1993, 1996] ont été utilisés. L'intervalle de tir était de 50 m et le temps d'écoute de 17 std. Les lignes sismiques ont été traitées jusqu'au stade de la migration [Thinon, 1999] avec le logiciel ProMax. Les campagnes ZEE-GASCOGNE et SÉDIFAN ont acquis de longs profils de sismique réflexion multitraces (6 récepteurs, 2 canons à air, inter-tir de 50 m, temps d'écoute de 9 std). Le dense maillage sismique assure de bonnes corrélations pour les unités sismiques. La stratigraphie sismique proposée est ainsi bien contrainte.

Les forages 400, 401, 402 du Leg DSDP 48 (fig. 1, 3a) se situent dans le domaine des Entrées de la Manche [Montadert, Roberts *et al.*, 1979]. Le Site 400, situé à l'aplomb d'un demi-graben au pied de l'escarpement de Mériadzek, a traversé des formations sédimentaires datées du Quaternaire à l'Aptien supérieur et a mis en évidence un important hiatus entre l'Albien et le Campanien. Le Site 402, situé sur la partie supérieure de la pente continentale, présente des sédiments éocènes en discordance sur une série albo-aptienne. Le Site 401, situé sur la crête d'un bloc basculé appartenant à l'escarpement de Mériadzek, a traversé une succession stratigraphique complète de l'Aptien au Portlandien après

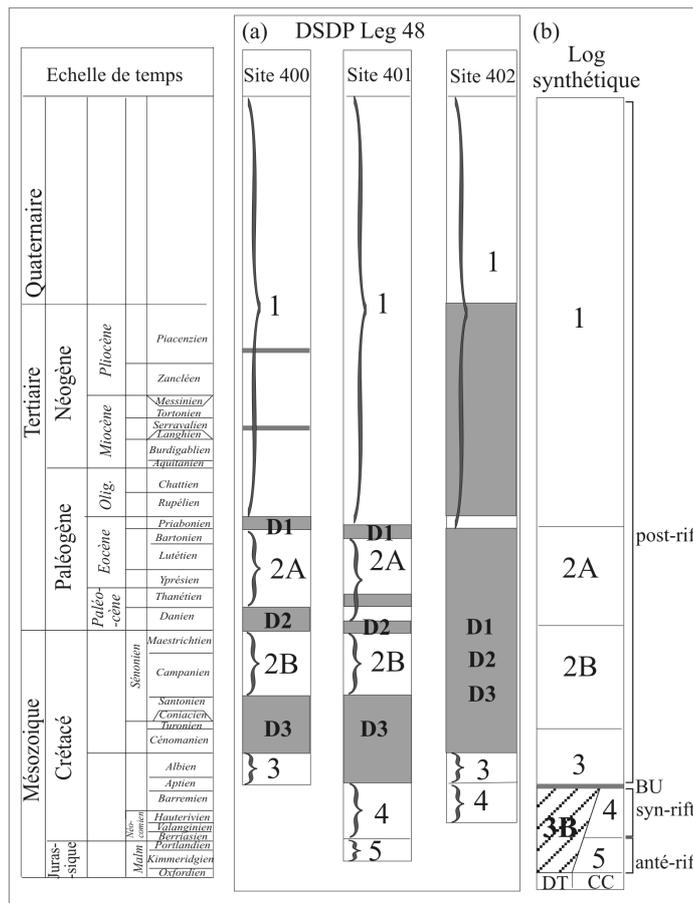


FIG. 3. – a. – Logs stratigraphiques simplifiés du Leg 48 [Montadert, Roberts *et al.*, 1979]. Les unités sismiques corrélées aux forages sont reportées, ainsi que les principales discordances. b. – Log synthétique des unités sismiques observées à partir des profils sismiques sur la marge Nord-Gascogne. L'échelle temps ne s'applique pas à la couche allochtone 3B. CC : croûte continentale ; DT : domaine transitionnel.

FIG. 3. – a. – *Simplified stratigraphical logs of the Leg 48 holes [Montadert, Roberts et al., 1979]. The seismic units correlated to the holes and the major unconformities are reported here. b. – Synthetic log of the seismic units observed from the seismic lines on the North Biscay Margin. The time scale does not apply to the 3B allochthonous layer. CC : continental crust ; DT : transitional domain.*

un hiatus entre l'Aptien et le Campanien. Seul, ce dernier forage a permis « d'effleurer » une série récifale d'âge kimméridgien à portlandien [Montadert, Roberts *et al.*, 1979 ; Vaillant, 1988]. Sur la plate-forme des Entrées de la Manche (fig. 1), la majorité des forages pétroliers d'Elf implantés en 1979 présente, entre autres, un important hiatus et/ou un changement d'environnement sédimentaire dans l'Aptien ou entre l'Aptien et l'Albien [Ruffell, 1995]. Sur la marge de l'Eperon de Goban, les forages DSDP du Leg 80 ont foré du basalte daté de l'Albien [de Graciansky *et al.*, 1985]. Les travaux effectués par Brunet [1991] sur les forages pétroliers implantés dans le bassin de Parentis (fig. 1) mettent en évidence trois phases principales de subsidence corrélées à des phases de distension : au Trias, à la fin du Jurassique (Kimméridgien – voire Oxfordien) et au Crétacé inférieur (Barrémien-Aptien inférieur-Albien inférieur).

Les nouvelles observations effectuées sur la couverture sédimentaire et les travaux réalisés sur la structure profonde de la marge Nord-Gascogne [Thinon, 1999 ; Thinon *et al.*,

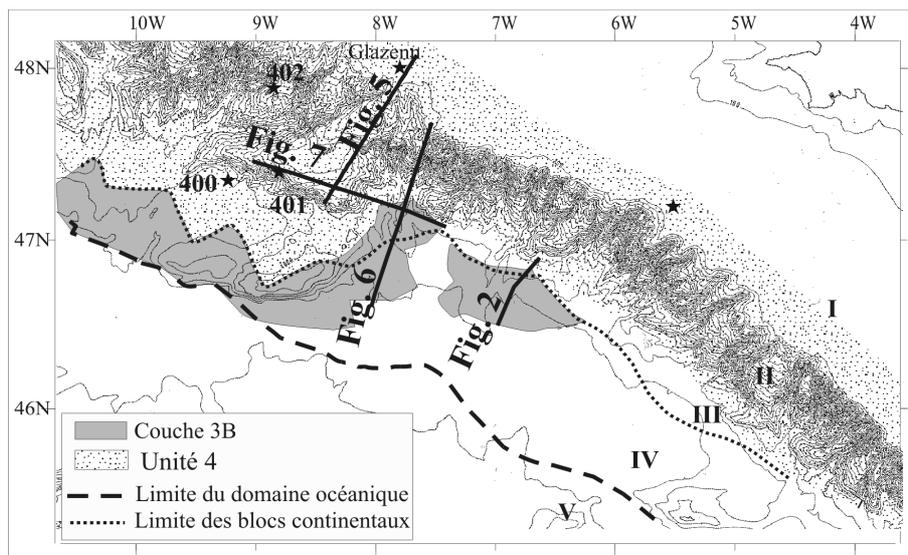


FIG. 4. – Carte de distribution des unités syn-rift autochtone (unité 4) et allochtone (couche 3B). Les illustrations sismiques et les forages présentés dans ce papier sont reportés sur cette carte. I : plate-forme continentale ; II : pente continentale ; III : domaine des blocs de croûte continentale ; IV : domaine transitionnel ; V : domaine océanique.

FIG. 4. – Map of the distribution of the autochthonous syn-rift (unit 4) and the allochthonous syn-rift (3B layer) units. The seismic illustrations and the holes presented in this paper are here reported. I : continental shelf ; II : continental slope ; III : domain of the continental blocks ; IV : transitional domain ; V : oceanic domain.

2002] ont permis de subdiviser la marge en cinq domaines (fig. 1, 4) : la plate-forme (I), la pente continentale (II), un domaine où sont confinés les blocs basculés, horsts et autres structures extensives (III), un domaine transitionnel (IV) dont les caractéristiques sismiques sont différentes des domaines continental et océanique, et le domaine océanique vrai (V).

## OBSERVATIONS SISMQUES

Par souci d'homogénéité avec les travaux antérieurs, la nomenclature des principales unités stratigraphiques définies dans les années 70 et 80 pour le golfe de Gascogne [Debyser *et al.*, 1971 ; Montadert, Roberts *et al.*, 1979 ; Derégnaucourt et Boillot, 1982] est ici reprise. Sept unités sismiques sont distinguées au sein de la couverture sédimentaire. Elles sont rangées en trois familles, apparues successivement avant (unité 5), pendant (unités 4 et 3B) et après (unités 3, 2B, 2A et 1) le rifting. Les unités post-rift ne sont pas présentées dans ce papier.

### L'unité anté-rift

L'unité sismique *anté-rift*, appelée unité 5, constitue la partie supérieure du socle acoustique de la marge. Forée lors du Leg DSDP 48 Site 401 (fig. 3a, 5, 6, 7) au sommet d'un bloc basculé, le niveau supérieur de cette unité serait un dépôt de plate-forme daté du Portlandien [Montadert, Roberts *et al.*, 1979]. En comparaison, l'unité anté-rift de la marge de Galice est datée de l'Oxfordien au Kimméridgien [Mauffret et Montadert, 1988]. Dans la marge Nord-Gascogne, la plupart des auteurs [e.g. Montadert, Roberts *et al.*, 1979 ; Barbier *et al.*, 1986 ; Vaillant, 1988] caractérisent l'unité anté-rift par un ensemble de réflexions sub-parallèles de basse fréquence, basculées avec le bloc de socle

qu'elles recouvrent (fig. 5, 6). Vaillant [1988] souligne que si son toit est fortement diffractant, à l'inverse, sa base est incertaine.

### La break-up unconformity

La break-up unconformity est la discordance majeure de la marge, qui sépare les séries syn-rift et post-rift. Elle marque ainsi la fin du rifting et l'initiation de l'accrétion océanique. Inexistante dans le domaine océanique, elle est clairement observée sur le domaine continental sous la forme d'un réflecteur acoustique fortement discordant, parfaitement continu, lisse, de très forte amplitude et de basse fréquence (BU ; fig. 5, 6), en continuité avec la surface de troncature des réflecteurs de l'unité sous-jacente et est souvent associée à une surface d'érosion au sommet des blocs (fig. 5, 6). Grâce aux forages du Leg 48, cette discordance est datée de l'Aptien. On notera qu'à cette période existe un important hiatus et/ou changement d'environnement sédimentaire sur les marges de l'Eperon de Goban [de Graciansky *et al.*, 1985], de Galice [Réhault et Mauffret, 1979 ; Mauffret et Montadert, 1988] et de Terre-Neuve [Grant *et al.*, 1988].

### Les unités syn-rift

Dans la littérature, une formation syn-rift se définit par la présence de structures sédimentaires en éventail déposées dans les dépressions créées entre les blocs basculés. Ces structures se présentent comme des réflecteurs concordants avec le socle dans la partie inférieure du dépôt et devenant de moins en moins inclinés ou presque horizontaux au toit de la formation. Ces structures sédimentaires divergentes seraient l'empreinte d'un dépôt synchrone avec le basculement du bloc. Ce terme de syn-rift fait appel à une géométrie des réflecteurs que nous n'observons que très

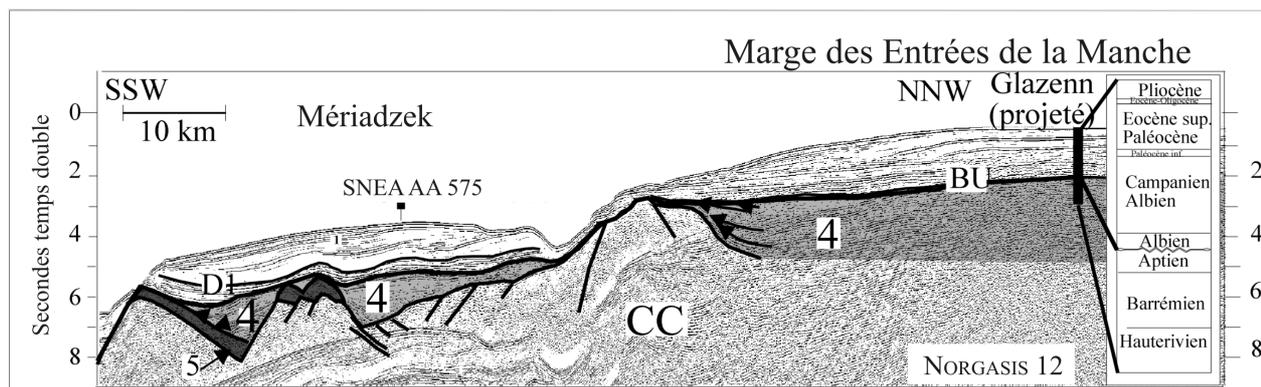


FIG. 5. – Profil NORGASIS 12, perpendiculaire à la marge des Entrées de la Manche (localisation fig. 4). Les blocs de socle comportent la série *anté-rift* (5). L'unité syn-rift autochtone (4) repose en onlap sur le socle acoustique. On note une érosion de la crête du blocs scellée par la *break-up unconformity* (BU). La colonne stratigraphique à droite représente la projection du forage Glazenn (cf. fig. 4) sur le profil. Le croisement avec le profil SNEA AA575 (fig. 7) y est reporté. CC : croûte continentale ; D1 : discordance éocène.

FIG. 5. – NORGASIS 12 profile, perpendicular to the Western Approaches Margin (for location refer to fig. 4). The tilted block has the pre-rift unit (5). The autochthonous syn-rift unit (4) is in onlap over the acoustic basement. We note the occurrence of an erosion of the block that is sealed by the break-up unconformity (BU). The stratigraphic log of the Glazenn hole (fig. 4) has been projected on this line. The cross of this line with the SNEA AA575 line (fig. 7) is here reported. CC : continental crust ; D1 : Eocene unconformity.

rarement sur la marge Nord-Gascogne (fig. 6). Dans la suite de cet article, ce terme sera employé uniquement pour désigner les unités situées entre les unités post-rift et les unités *anté-rift*.

Deux formations syn-rift sont distinguées : une formation autochtone (unité 4) de la plate-forme jusqu'à l'extrémité de la zone III (fig. 4) et une formation allochtone (unité 3B) dans la zone IV au pied des derniers blocs continentaux (fig. 4).

#### Unité sismique 4 : formation autochtone

L'unité 4 se distribue en petites poches d'épaisseur variable (0 à 2 std), qui remplissent les dépressions créées entre les blocs (fig. 6, 7). Les structures sédimentaires en éventail (fig. 6) sont rares et peu développées. Cette unité se caractérise, le plus souvent, par une série composée d'une succession de réflecteurs de basse fréquence, parallèles, sub-horizontaux, en *onlap* sur le socle acoustique. La géométrie des réflecteurs suggère un environnement de dépôt calme car le remplissage s'est effectué après le basculement des blocs. L'absence d'enregistrement de mouvement tectonique pourrait s'expliquer par un mouvement des blocs extrêmement rapide par rapport au taux de sédimentation.

D'après les résultats du Leg 103 Site 638 sur la marge du banc de Galice, Boillot *et al.* [1988] ont réinterprété la partie supérieure litée et basculée des blocs du profil GP101 comme étant la première unité syn-rift. Sur cette base, ces mêmes auteurs [p. 747] ont réinterprété l'*anté-rift* (unité 5) du profil OC412 de la marge Nord-Gascogne comme étant une puissante série syn-rift (unité 4) litée et basculée. Sans forage plus pénétrant, nous considérons que la transposition sur la marge Nord-Gascogne des observations réalisées à l'ouest de l'Ibérie reste délicate. Ajoutons que la base de cette unité ne peut pas y être établie [Vaillant, 1988] contrairement aux observations réalisées sur les profils au large de Galice où le contraste de l'unité syn-rift avec l'*anté-rift* est fort (fig. 6).

Si l'on se base sur les travaux antérieurs [Montadert, Roberts *et al.*, 1979 ; Derégnaucourt et Boillot, 1982], le

rifting de la marge des Entrées de la Manche se situe entre le Jurassique terminal et l'Aptien supérieur (fig. 3). Cette datation est confirmée par les forages pétroliers de la plate-forme des Entrées de la Manche (fig. 1) où l'unité 4 correspond à une importante série de l'Hauterivien, Barrémien et Aptien inférieur [Ruffell, 1995 ; comm. Pers. Elf]. De plus, l'épaisseur de l'unité sismique 4 sur les profils reflète l'importante amplitude de la subsidence barrémo-aptienne observée dans les bassins aquitains et pyrénéens et sur les marges Nord Ibérique et de l'Eperon de Goban [Brunet, 1991]. D'un autre côté, les séries syn-rift de la marge de Galice ont été datées du Valanginien à l'Hauterivien pour la série syn-rift 5A et de l'Hauterivien à l'Aptien pour l'unité syn-rift 4 [Mauffret et Montadert, 1988]. Nous suggérons donc que l'accumulation des sédiments syn-rift entre les blocs continentaux a commencé au début du Crétacé, s'est intensifiée au Barrémien et s'est achevée à l'Aptien. Le mouvement des blocs est daté à la base du Berriasien ou avant. Nous n'avons pour l'instant aucun moyen de dater plus précisément cet événement sur la marge Nord-Gascogne.

#### Unité sismique 3B : formation allochtone

Le faciès sismique de l'unité 3B est transparent à très peu réflectif. Son toit est un réflecteur toujours continu, lisse et réfléchissant. Cette unité est recouverte en onlap par les premiers dépôts post-rift, correspondant aux sédiments albo-cénomaniens. Contrairement à l'unité 4 (fig. 5, 6, 7), l'unité 3B crée des reliefs au pied du domaine continental (fig. 2, 6). Sur les profils (fig. 6), la couche 3B, de faible épaisseur et comportant des réflecteurs sismiques sub-parallèles de faible amplitude, évolue en direction de l'océan vers un corps épais (2 std maximum), difforme et transparent, qui se biseaute en direction du domaine océanique (fig. 2, 6). Pour remarque, son faciès sismique est comparable à celui des *Enigmatic Terranes* du banc de Galice [Boillot *et al.*, 1995].

La nouvelle couverture sismique a permis de positionner dans la colonne stratigraphique la couche 3B du Bassin

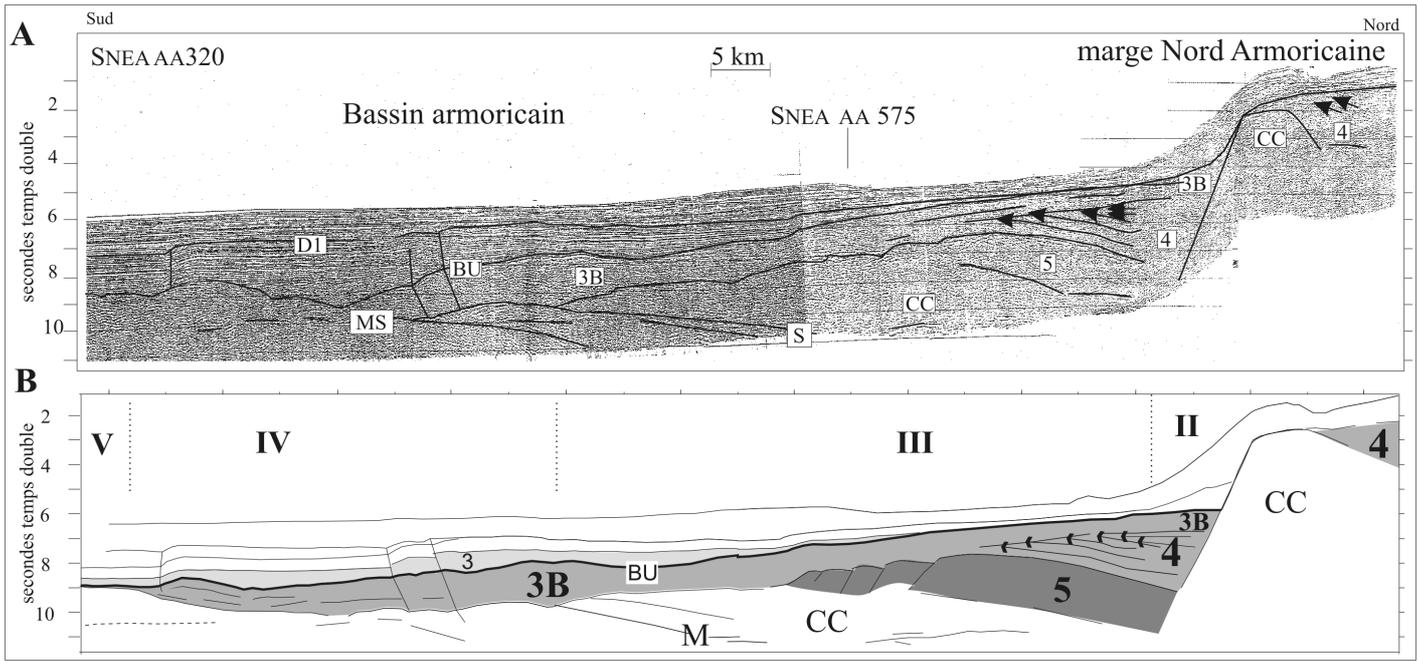


FIG. 6. – Profil SNEA, perpendiculaire à la marge Nord Armoricaine (localisation fig. 4). La base de la série anté-rift (unité 5) est incertaine. L'unité syn-rift autochtone (unité 4) présente des réflecteurs divergents uniquement dans sa partie supérieure. CC : croûte continentale ; M : Moho ; MS : toit du substratum transitionnel ; BU : *break-up unconformity* ; S : réflecteur S. Pour les domaines II, III et IV voir figure 4. Le croisement avec le profil SNEA AA 575 (fig. 7) y est reporté.

FIG. 6. – SNEA profile, perpendicular to the North Armorican margin (for location refer to the fig. 4). The base of the pre-rift unit (5) is uncertain. The autochthonous syn-rift unit (4) presents divergent reflectors only in its upper part. CC : continental crust ; M : Moho ; MS : top of the transitional substratum ; BU : *break-up unconformity* ; S : S reflector. For to II, III and IV domains refer to fig. 4. The cross of this line with the SNEA AA 575 line (fig. 7) is here reported.

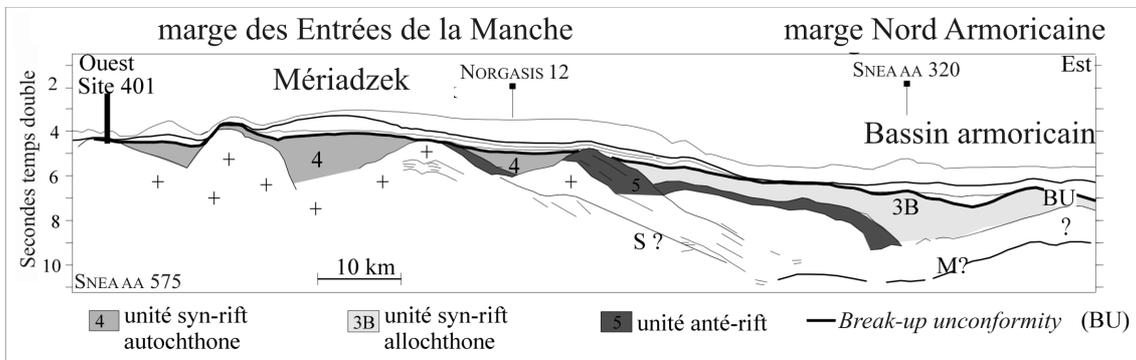


FIG. 7. – Profil SNEA, parallèle à la marge Nord-Gascogne (localisation fig. 4). Les croisements avec les autres profils SNEA (fig. 5, 6) y sont reportés.

FIG. 7. – SNEA Profiles, parallel to the North Biscay Margin (for location refer to the fig. 4). The crosses of this line with the other SNEA lines (fig. 5, 6) are here reported.

armoricain par rapport aux sédiments post-rift, à la *break-up unconformity*, à l'unité syn-rift 4 et à l'unité anté-rift 5 des Entrées de la Manche (fig. 3b). Sa position stratigraphique apparaît sans ambiguïté sur un profil SNEA (fig. 6). Cette couche 3B repose soit sur l'unité 4, l'unité 5 ou le sommet des blocs continentaux dans le domaine continental, et directement sur le substratum du domaine transitionnel (fig. 3b, 6). On note que le toit de l'unité 3B se confond avec la *break-up unconformity* (fig. 6). Sur la base des corrélations sismo-stratigraphiques, nous interprétons la couche 3B comme une formation sédimentaire, dont sa mise en place est postérieure au dépôt de l'unité 4 et presque syn-

chrone de la *break-up unconformity*. Elle se serait donc produite dans la phase terminale du *rifting*, dans l'Aptien.

Sur les profils, la morphologie de la couche 3B suggère une nature plastique, relativement souple et déformable (fig. 2, 6, 7). Elle semble avoir été acquise lors de sa mise en place puisque l'unité 3 (premiers dépôts post-rift), qui repose en onlap sur la couche 3B, ne présente aucune déformation liée à celle-ci (fig. 2, 6, 7). Nous interprétons la couche 3B comme un corps glissé, qui s'est stabilisé au pied des derniers blocs de socle continental sur le substratum du domaine transitionnel tout au long de la marge

Nord-Gascogne (fig. 4). En effet, plusieurs profils montrent le déversement de la formation 3B dans le domaine transitionnel, en particulier dans la partie occidentale du Bassin armoricain (fig. 7). Ajoutons que, la différence de profondeur de dépôt (500 m) observée entre les premiers sédiments *post-rift* de Mériadzek et ceux de Trévelyen, forés lors du Leg 48 [Montadert, Roberts *et al.*, 1979], étaye l'hypothèse d'un effondrement rapide du domaine transitionnel par rapport à la marge, accompagné d'un glissement sédimentaire qui formerait la couche 3B.

## CONCLUSIONS

Cette nouvelle étude sismo-stratigraphique apporte des informations complémentaires sur la période de *rifting* de la marge Nord-Gascogne. Cette période n'est pas un processus tectonique continu et progressif dans le temps : elle comporte deux principaux événements tectoniques. Le premier serait une structuration rapide de la marge en horsts et grabens et quelques blocs basculés (avant les dépôts du Berriasien) : les figures sédimentaires en éventail sont rares et peu développées (fig. 6). Cet épisode tectonique serait suivi par une importante subsidence du Berriasien à l'Aptien, comme nous le montre l'important dépôt en onlap de l'unité 4 (fig. 5). Le second événement tectonique se serait produit dans la phase terminale du *rifting* dans l'Aptien. Il s'agirait d'un fort et rapide effondrement du domaine transitionnel, souligné par la mise en place de la couche 3B allochtone et scellé par la *break-up unconformity* (fig. 6, 7). Cet effondrement aurait donné naissance au Bassin armoricain. Sur la

marge de Galice, deux stades ont été établies durant la phase de *rifting* [Boillot et Winterer, 1988] : le stade inférieur, daté du Valanginien à l'Hauterivien, est souligné par l'unité *syn-rift* 4 caractérisée par la présence de structures de glissement et de coulées boueuses [Boillot et Winterer, 1988]. Il y a donc de fortes similitudes mais conclure à une totale identité est au-delà des données disponibles.

La nouvelle couverture sismique a aussi permis d'éliminer la controverse qui existait sur la nature de la couche 3B, et donc, sur l'âge de la sédimentation du Bassin armoricain. Sur la base des corrélations sismo-stratigraphiques, nous interprétons la couche 3B comme un corps sédimentaire allochtone mis en place par glissement sur le substratum sub-horizontale du domaine transitionnel (fig. 4, 6). La mise en place de cette couche se serait produite dans l'Aptien, pendant la phase terminale du *rifting* et/ou lors de l'initiation de l'accrétion océanique. Cette couche est la première couche sédimentaire reposant sur le domaine transitionnel dans le Bassin armoricain. La sédimentation du Bassin armoricain aurait ainsi débuté dans l'Aptien. La nature et l'âge relatif de la couche 3B excluent une origine permotriasique pour le Bassin armoricain (sauf lacune sédimentaire pendant plus de 80 Ma). La sédimentation du Bassin armoricain serait donc récente, contemporaine de la fin du *rifting* et de l'initiation de l'accrétion océanique.

*Remerciements.* – Les auteurs remercient le laboratoire de Géologie Marine de l'IUE (Brest), le département DRO-GM de l'IFREMER (Brest), et Elf-Aquitaine. Ils remercient, tout particulièrement, J.L. Olivet et D. Aslanian (IFREMER) pour leurs précieux conseils, ainsi que les reviewers pour leurs commentaires pertinents.

## Références

- AVEDIK F. & HOWARD D. (1979). – Preliminary results of a seismic refraction study in the Meriadzek-Trevelyan area, Bay of Biscay. *In* : L. MONTADERT, D.G. ROBERTS *et al.*, Eds., *Init. Rep. Deep Sea Drill. Proj.* **48**. – Washington, U.S. Govt. Print. Off., 1015-1023.
- AVEDIK F., RENARD V., ALLENOU J. P. & MORVAN B. (1993). – Single-bubble airgun array for deep exploration. – *Geophysics*, **38**, 366-382.
- AVEDIK F., HIRN A., RENARD V., NICOLICH R., OLIVET J.L. & SACHPAZI M. (1996). – « Single-bubble » marine source offers new perspectives for lithospheric exploration. – *Tectonophysics*, **267**, 57-71.
- BACON M., GRAY F. & MATTHEWS D.H. (1969). – Crustal structure studies in the Bay of Biscay. – *Earth Planet. Sci. Lett.*, **6**, 377-385.
- BARBIER F., DUVERGÉ J. & LE PICHON X. (1986). – Structure profonde de la marge Nord-Gascogne. Implications sur le mécanisme de *rifting* et de formation de la marge continentale. – *Bull. Comité de recherche et de production de la Soc. Nat. Elf Aquitaine*, **10**, 105-121.
- BOILLOT G., BESLIER M.O., KRAWCZYK C.M., RAPPIN D. & RESTON T.J. (1995). – The formation of passive margins : constraints from the crustal structure and segmentation of the deep Galicia margin, Spain. *In* : SCRUTTON *et al.*, Eds., *The tectonics, sedimentation and palaeoceanography of the North Atlantic region*. – *Geol. Soc. Sp. Publ.*, **90**, 71-91.
- BOILLOT G., GIRARDEAU J. & KORNPROBST J. (1988). – Rifting of the Galician margin : Crustal thinning and emplacement of mantle rocks on the seafloor. *In* : G. BOILLOT, E.L. WINTERER *et al.*, *Proc. ODP, Sci. Results*, **103**. – College Station, TX, 741-756.
- BOILLOT G. & WINTERER E.L. (1988). – Drilling on the Galicia Margin : Retrospect and prospect. *In* : G. BOILLOT, E.L. WINTERER *et al.*, *Proc. ODP, Sci. Results*, **103**. – College Station, TX, 809-828.
- BRUNET M.F. (1991). – Subsidence et géodynamique du bassin d'Aquitaine. Relations avec l'ouverture de l'Atlantique. – Thèse de doctorat d'état, Université de Paris VI, 288p. – En dépôt à l'université de Paris VI.
- DE CHARPAL O., GUENOC P., MONTADERT L. & ROBERTS D.G. (1978). – Rifting, crustal attenuation and subsidence in the Bay of Biscay. – *Nature*, **275**, 706-711.
- DEBYSER J., LE PICHON X. & MONTADERT L. (1971). – Histoire structurale du golfe de Gascogne. Symposium. – Technip, Paris, 22 (I & II).
- DERÉGNAUCOURT D. & BOILLOT G. (1982). – Structure géologique du golfe de Gascogne. – *Bull. BRGM*, **1**, 149-178.
- FIDALGO-GONZÁLEZ L. (1995). – Les monts sous-marins dans le golfe de Gascogne : témoins de son évolution ? – Mémoire de DEA, Université de Bretagne Occidentale, 37 p. – En dépôt à l'IUEM (Brest).
- DE GRACIANSKY P.C., PAOG C.W. *et al.* (1985). – *Init. Rep. Deep Sea drill. Proj.*, **80**. – Washington, U.S. Govt. Print. Off., California, 679 p.
- GRANT A., JANSÁ L.F., MCALPINE K.D. & EDWARDS A. (1988). – Mesozoic-Cenozoic geology of the Eastern margin of the Grand Banks and its relation to Galicia Bank. *In* : G. BOILLOT, E.L. WINTERER *et al.* Eds., *Proc. ODP, Sci. Results*, **103**. – College Station, TX, 787-808.
- GRAU G., MONTADERT L., DELTEIL R. & WINNOCK E. (1973). – Structure of the European continental margin between Portugal and Ireland, from seismic data. – *Tectonophysics*, **20**, 319-339.
- LE PICHON X., BONNIN J., FRANCHETEAU J. & SIBUET J.C. (1971). – Une hypothèse d'évolution tectonique du golfe de Gascogne. *In* : DEBYSER *et al.*, Eds., *Histoire structurale du golfe de Gascogne*, **22(II)**. – Technip, Eds., Paris, VI.11.1-VI.11.44.

- LE PICHON X. & SIBUET J.C. (1981). – Passive margins : a model of formation. – *J. Geophys. Res.*, **86**, 3708-3720.
- LIMOND W.Q., GRAY F., GRAU G., FAIL J.P., MONTADERT L. & PATRIAT Ph. (1974). – A seismic study in the Bay of Biscay. – *Earth Planet. Sci. Lett.*, **23**, 357-358.
- MAUFFRET A. & MONTADERT L. (1988). – Seismic stratigraphy off Galicia. In : G. BOILLOT, E.L. WINTERER *et al.*, *Proc. ODP, Sci. Results*, **103**. – College Station, TX, 13-30.
- MONTADERT L. (1984). – La marge au nord du golfe de Gascogne. Segmentation morphologique et structurale. In : G. BOILLOT, L. MONTADERT, M. LEMOINE & B. BIJU-DUVAL, *Les marges continentales actuelles et fossiles autour de la France*. – Masson, Paris, 82-121.
- MONTADERT L., DAMOTTE B., FAIL J.P., DELTEIL J.R. & VALERY P. (1971). – Structure géologique de la plaine abyssale du golfe de Gascogne. In : DEBYSER *et al.*, Eds., *Histoire structurale du golfe de Gascogne*, **22(II)**. – Technip, Paris, VI.14.1-VI.14.42.
- MONTADERT L., ROBERTS D.G. *et al.* (1979). – *Init. Rep. Deep Sea drill. Proj.*, **48**. – Washington, U.S. Govt. Print. Off., 1183 p.
- MONTADERT L., WINNOCK E., DELTEIL J.R. & GRAU M. (1974). – Continental margins of Galicia-Portugal and Bay of Biscay. In : C.A. BURK & C.L. DRAKE, Eds., *The geology of continental margins*, 323-341.
- OLIVET J.L., BONIN J., BEUZART P. & AUZENDE J.M. (1984). – Cinématique de l'Atlantique Nord et Central. – *Rapports scientifiques et techniques*, **54**. – Publ. Centre National pour l'Exploitation des Océans (CNEXO), Brest, 108p. – En dépôt à IFREMER (Brest – France).
- OLIVET J.L. (1996). – La cinématique de la plaque ibérique. – *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, **20**, 131-195.
- RÉHAULT J.P. & MAUFFRET A. (1979). – Relationships between tectonics and sedimentation around the northwestern Iberian margin. In : J.C. SIBUET *et al.*, Eds., *Init. Rep. Deep Sea Drill. Proj.*, **47**. – Washington, U.S. Govt. Print. Off., 663-681.
- RUFFELL A. (1995). – Evolution and hydrocarbon prospectivity of the Brittany Basin (Western Approaches Trough), offshore north-west France. – *Mar. Petrol. Geol.*, **12**, 387-407.
- SIBUET J.C., MONTI S. & PAUTOT G. (1994). – New bathymetric map of the Bay of Biscay. – *C. R. Acad. Sci.*, Paris, **318**, 615-625.
- SIBUET J.C., PAUTOT G. & LE PICHON X. (1971). – Interprétation structurale du golfe de Gascogne à partir des profils de sismique, In : DEBYSER *et al.*, *Histoire structurale du golfe de Gascogne* Paris, **22 (II)**. – Technip, Paris, VI.10.1-VI.10.31.
- SICHLER B., MARTINAIS J., SIBUET J.C. & LE PICHON X. (1971). – Vitesse des ondes sismiques dans les couches sédimentaires profondes du golfe de Gascogne. In : DEBYSER *et al.*, Eds., *Histoire structurale du golfe de Gascogne*, **22 (II)**. – Technip, Paris, VI.8.1-VI.8.19.
- THINON I. (1999). – Structure profonde de la marge Nord-Gascogne et du Bassin armoricain (golfe de Gascogne). – Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, 332p. – En dépôt à l'IUEM (Brest).
- THINON I., FIDALGO-GONZÁLEZ L., RÉHAULT J.P. & OLIVET J.L. (2001). – Pyrenean deformations in the Bay of Biscay. – *C. R. Acad. Sci.*, Paris, **332** (9), 561-568.
- THINON I., MATIAS L., RÉHAULT J.P., HIRN A., FIDALGO-GONZÁLEZ L. & AVEDIK F. (2002). – Deep structure of the Armorican Basin (Bay of Biscay) : A review from Norgasis reflection and refraction seismic data. – *J. Geol. Soc., Londres* (sous presse).
- VAILLANT X. (1988). – L'extrémité de la marge Nord-Gascogne : contexte stratigraphique, structural et cinématique. implications géodynamiques. – Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, 278 p. – En dépôt à l'IUEM (Brest).
- WILLIAMS C.A. (1975). – Sea-floor spreading in the Bay of Biscay and its relationship to the North Atlantic. – *Earth Planet. Sci. Lett.*, **24**, 440-456.
- ZIEGLER P.A. (1978). – Northwestern Europe : Tectonics and basin development. – *Geol. Mijnb.*, **57**, 589-626.