RÉSULTATS

RÉSULTATS BIOSTRATIGRAPHIQUES 603
LES AMMONITES 603
LES BRACHIOPODES 615
LES BIVALVES 621
LES GASTÉROPODES 625
LES PETITS FORAMINIFÈRES BENTHIQUES 625
LES GRANDS FORAMINIFÈRES BENTHIQUES 630
LES ALGUES 630
STRATIGRAPHIE SÉQUENTIELLE 633
RÉSULTATS PALÉOGÉOGRAPHIQUES 653
LE CADRE DE L'EVOLUTION GEODYNAMIQUE 653
LA PALÉOGÉOGRAPHIE DU DOMAINE PYRÉNÉEN 658
LES PYRÉNÉES LIASIQUES, DOMAINE COMPRIS ENTRE DEUX "MARGES" MOBILES 663
RÉSULTATS PALÉOBIOGÉOGRAPHIQUES 668
PALÉOBIOGÉOGRAPHIQUES DES AMMONITES 669
PALÉOBIOGÉOGRAPHIE DES BRACHIOPODES 681
CONCLUSION GÉNÉRALE 686

RÉSULTATS BIOSTRATIGRAPHIQUES

I - LES AMMONITES 603
A - HETTANGIEN 603
B - SINÉMURIEN 603
C - PLIENSBACHIEN 603
D - TOARCIEN 609
E - AALENIEN 615
II - LES BRACHIOPODES 615
III - LES BIVALVES 621
IV - LES GASTÉROPODES 625
V - LES PETITS FORAMINIFÈRES BENTHIQUES 625
A - CORBIÈRES 625
B - PYRÉNÉES MÉRIDIONALES 626
C - ARIÈGE 628
D - CONCLUSION DE L'ÉTUDE DES FORAMINIFÈRES DES PYRÉNÉES 629
E - COMPARAISONS 630
VI - LES GRANDS FORAMINIFERES BENTHIQUES 630
VII - LES ALGUES 630

RÉSULTATS BIOSTRATIGRAPHIQUES

I - LES AMMONITES

A - HETTANGIEN

Tout le domaine aquitano-ibérique est soumis durant l'Hettangien à des environnements inter- à supratidaux qui ne livrent qu'une faunule de lamellibranches à faible valeur stratigraphique.

L'exemplaire unique de *Caloceras pirondii* (*Ammonitina*) trouvé dans les Asturies, à l'extrémité occidentale du domaine de sédimentation (G. DUBAR *et al.* 1963), fournit le seul repère validant formellement l'existence de l'Hettangien inférieur (zone à Planorbis, sous-zone à Johnstoni) à la base des assises calcaréo-dolomitiques du Lias que l'on peut corréler avec la Formation Arize.

B - SINÉMURIEN

Les environnements médio- à supralittoraux restent peu favorables, durant le Sinémurien inférieur, à l'installation des céphalopodes. Aucune ammonite n'est en effet signalée dans le domaine ibérique, ou ibéro-pyrénéen avant le Lotharingien inférieur (zone à Obtusum). A cette période, les premiers mouvements distensifs en rapport avec l'ouverture débutante de l'Atlantique Nord, permettent aux organismes pélagiques de coloniser les points les plus déclives de la plate-forme comme le bassin asturien (L.C. SUAREZ-VEGA, 1974) et le bassin basco-cantabrique (BRAGA *et al.*, 1988).

Les assemblages d'ammonites s'intègrent parfaitement dans le découpage standard adopté en Europe moyenne (R. MOUTERDE *et al.*, 1971, M. CORNA *et al.* 1997) :

Zone à Obtusum : Les genres *Asteroceras, Eparietites* et *Epophioceras* relèvent de la zone (J.C. BRAGA *et al.*, 1988).

Zone à Oxynotum : Les espèces *Cheltonia accipitris* (BUCK.) et *Gagaticeras finitimum* (BLAKE) en sont des éléments, avec les genres *Oxynoticeras* et *Palaeoechioceras* (J.C. BRAGA *et al.*, 1988).

Zone à Raricostatum :

Sous-zone à Raricostatum : Les successions les plus complètes de la zone ont été décrites dans la région cantabrique (J.C. BRAGA *et al.*,1988) et les Asturies (L.C. SUAREZ VEGA, 1974) où la présence d'*Echioceras* raricostés du groupe de *E. raricostatum* (ZIETEN) permet d'identifier l'horizon à Raricostatum des standards.

A la fin de la zone à Raricostatum, des *Paltechioceras* primitifs du groupe de *P. boehmi* (HUG) sont présents dans les Arbailles (Col de Categorena, niv. 99). La transgression issue du bassin dauphino-languedocien, permet également à ces espèces de pénétrer dans les Corbières nord-orientales (région de Narbonne) où elles sont assez nombreuses à la base de la Formation Montredon-des-Corbières (Ph. FAURE, 1981, 1985).

- **Horizon à Paltechioceras boehmi :** Les formes typiques de l'espèce, assez finement costées, sont présentes à la base du Membre du Rouc (niv. 11 de la Carrière du Rouc, à Montredon-des-Corbières) (pl. 2).

Sous-zone à Meigeni : Au cours de la sous-zone, la transgression se propage vers le centre de l'aire pyrénéenne et quelques ammonites atteignent les Pyrénées béarnaises (Mail Arrouy).

- **Horizon à Leptechioceras meigeni :** Ces *Leptechioceras* morphologiquement très variables sont localement abondants à la base du Membre du Pastouret (niv. 48 de la carrière du Pastouret, à l'Ouest de Narbonne) avec *L. nodotianum* (d'ORB.) et *Paltechioceras* cf. *charpentieri.* (SCHAFHÄULT) (pl. 2).

Nous rapportons également à l'horizon le "Banc à *Leptechioceras*" (niv. 1 de la coupe du Mail Arrouy, Pyrénées béarnaises), qui renferme des formes non déterminables au plan spécifique, mais dont la section lancéolée est assez typique des *Leptechioceras* du groupe de *L. macdonnelli.*

Sous-zone à Aplanatum : Elle n'est identifiée qu'aux extrémités occidentale (Arbailles) et orientale (Corbières) de la chaîne.

- **Horizon à Paltechioceras tardecrescens :** Ce *Paltechioceras* est présent, avec *Leptechioceras* sp. à la base de la Formation Categorena des Arbailles (Pyrénées basques)(pl. 2, fig. 10).

De cet horizon provient l'*Eoderoceras armatum* (SOW.) signalé par G. DUBAR (1925) dans un niveau assez élevé du Membre du Pastouret (Formation Montredon-des-Corbières)(pl. 3, fig. 1).

C - PLIENSBACHIEN

Les deux sous-étages, Carixien et Domérien, sont partout bien caractérisés dans le domaine ibéro-pyrénéen par des dépôts de plate-forme distale. Les ammonites, généralement abondantes, permettent d'identifier la totalité des zones et sous-zones du standard ouest-européen.

Les secteurs les plus propices sont les Pyrénées basques (Ph. FAURE, 1987), les Corbières orientales (Ph. FAURE, 1981, 1985) et les Sierras Marginales méridionales catalanes (Ph. FAURE, 1984) (fig. 312).

Les successions sont aisément corrélées avec d'autres secteurs de l'extrémité méridionale de l'Europe comme les

Chaînes Ibériques (M.J. COMAS-RENGIFO, 1985), les Chaînes Cantabriques (J.C. BRAGA *et al.* 1985, 1988) et la région des Grands-Causses (C. MEISTER, 1986, 1989). Nos résultats sont enrichis des données obtenues sur la bordure est-aquitaine (R. CUBAYNES *et al.*, 1984).

Zone à Jamesoni (fig. 312) :

Sous-zone à Taylori : Les données pyrénéennes ne permettent pas de caractériser la sous-zone de façon satisfaisante. Un unique *Eoderoceratidae* du groupe des *Apoderoceras* est récolté dans les Corbières orientales (Nord du Plan du Bosc, au Nord de Montredon-des-Corbières). A ce niveau, ce situe le niveau-repère à *Gibbirhynchia curviceps* (QUENST.).

Sous-zone à Polymorphus : Les ammonites sont excessivement rares dans les dépôts pourtant épais (plus de 15 m) que nous rapportons à la sous-zone dans les Corbières orientales (Membre du Roc d'Agel). Ce sont des *Oxynoticeratinae* à faible valeur stratigraphique du groupe de *Radstockiceras involutum* (POMP.)(pl. 3, fig. 6). Nous plaçons le niveau-repère à *Cuersithyris radstockiensis* (DAV.) à ce niveau.

Sous-zone à Brevispina : L'espèce-indice est présente, dans les Corbières orientales, où la sous-zone atteint une dizaine de mètres d'épaisseur à la base du Membre de la Blanquière (Formation Névian). Des *Platypleuroceras* remaniés nous permettent également de l'identifier à la base du niveau condensé de Saint-Sauveur (Membre du Saint-Sauveur, Formation Foix)(niv. 13A de la coupe de Saint-Sauveur) et dans les séries condensées de la base de la Formation d'Escales des Sierras Marginales septentrionales (niv. 8 de la coupe du Montsec de Meià, au Nord du Col de Peralba).

- **Horizon à Platypleuroceras brevispina** : Dans les Corbières, l'horizon rassemble tous les *Platypleuroceras* comme *P. brevispina* (SOW.), *P. rotundum* (QUENST.) et *P. tenuilobus* (QUENST.). Dans l'Ariège, *P. oblongum* (QUENST.), *P.* cf. *submuticum* (OPPEL), *P. nodosum* (FUTT.) et *Polymorphites acanthobronni* MOUTERDE *et al.* semblent provenir d'un niveau élevé de la sous-zone.

  Aucune subdivision n'a été possible dans les Pyrénées et nous n'avons pu repérer aucun des horizons élémentaires que nous avions séparé dans les séries du Quercy méridional (coupe de Tonnac, R. CUBAYNES *et al.*, 1984) :

  - **Sous-horizon à Platypleuroceras rotundum** : Présence seule des formes du groupe du type de *P. rotundum* (QUENST.).
  - **Sous-horizon à Platypleuroceras oblongum** : Association de *P. brevispina* (SOW.) et de formes à section plus comprimée du type *P. oblongum* (QUENST.).
  - **Sous-horizon à Platypleuroceras submuticum** : Prédominance de *Platypleuroceras* évolutes et comprimés du groupe de *P. submuticum* (OPPEL) et de *P. amplinatrix* (QUENST.) associés à une forme originale, *"Metaderoceras"* (?) gr. *nodoblongum* (QUENST.)(*in* CUBAYNES *et al.*, 1984).
  - **Sous-horizon à Platypleuroceras tenuilobus** : Les *Polymorphitinae* y possèdent des caractères intermédiaires entre les genres *Platypleuroceras* et *Uptonia.*

Sous-zone à Jamesoni : On assiste, au cours de la sous-zone, à la submersion généralisée de la plate-forme pyrénéenne. Dans les Corbières, la sous-zone atteint une dizaine de mètres d'épaisseur, avec un lithofaciès essentiellement marneux (partie supérieure du Membre de la Blanquière, Formation Névian). Dans les Arbailles (coupe du Pic de Belchou, Pyrénées basques), elle est plus condensée (3 m). Partout ailleurs, elle s'étale de façon pelliculaire au niveau de la "Dalle à *Montlivaultia*". Le niveau de remaniement du Saint-Sauveur (secteur de Foix, Ariège) fournit les faunes les plus abondantes et les plus représentatives de la sous-zone, dans un contexte taphonomique cependant ambiguë. Le standard zonal ne distingue aucune subdivision dans la sous-zone (J.-L. DOMMERGUES *et al.*, 1997). Il nous à cependant localement (Corbières) été possible de séparer deux niveaux distincts :

- **Horizon à Uptonia jamesoni :** Les *Uptonia*, assez monomorphes, rentrent tous dans le groupe de *U. jamesoni* (SOW.).
- **Horizon à Polymorphites bronni et Uptonia lata :** Dans la partie supérieure de la sous-zone, le genre est plus diversifié. Avec *Uptonia lata* (QUENST.) apparaissent *U. confusa* (QUENST.) et *Polymorphites bronni* (ROEMER) en abondance (niv. 16 de la coupe de la Blanquière, à Névian). *Radstockiceras* cf. *wiltshirei* (WRIGHT) y est présent ainsi que le premier *Acanthopleuroceratinae*, *Tropidoceras* sp. aff. *flandrini* (DUM.) (le Pastouret, niv. 62, à l'Ouest de Narbonne).

Zone à Ibex (fig. 312) :

Ses dépôts sont largement représentés et généralement bien caractérisés par les ammonites. Les Corbières orientales (Formation Névian) et les Sierras Marginales méridionales (Formation Escales) fournissent les successions les plus complètes.

Le renouvellement de la faune d'ammonites est complet. Les *Acanthopleuroceratinae* (genres *Tropidoceras* et *Acanthopleuroceras*) succèdent au *Polymorphitinae*.

Sous-zone à Masseanum :

- **Horizon à Tropidoceras masseanum :** L'horizon est bien repéré dans les Corbières orientales où il renferme *T. rotundum* (FUTT.), *T.* gr. *calliplocum* (GEMM.) et *T.* gr. *stalhi* (OPPEL) (la Roquette, niv. 22, à Fontjoncouse).

  Tropidoceras masseanum (d'ORB.) et *T.* gr. *futtereri* SPATH existent également, remaniés avec *Uptonia jamesoni,* dans le "Niveau du Saint-Sauveur" (niv. 13 de la coupe de Saint-Sauveur, à Foix).

Sous-zone à Valdani : Les cinq horizons de la biozonation standard y sont reconnus, en particulier dans les niveaux condensés du Membre de Quillanet des Corbières orientales (Formation Névian) (coupes de la Blanquière, de Quillanet, du Pastouret, du vallon des Palats).

- **Horizon à Acanthopleuroceras arietiforme :** Il est bien exprimé par la présence d'*Acanthopleuroceras* primitifs comme *A. arietiforme* (OPPEL) (la Blanquière, niv. 18, à Névian). *A.* cf. *carinatum* (OPPEL) s'y ajoute dans les Sierras Marginales (Camarasa, niv. 12).
- **Horizon à Acanthopleuroceras maugenesti :** *A. maugenesti* (d'ORB.) est présent dans les Corbières orientales (la Blanquière, niv. 19, à Névian) et dans les Pyrénées centrales du Comminges (Vallon de Serris, à Baudéan).

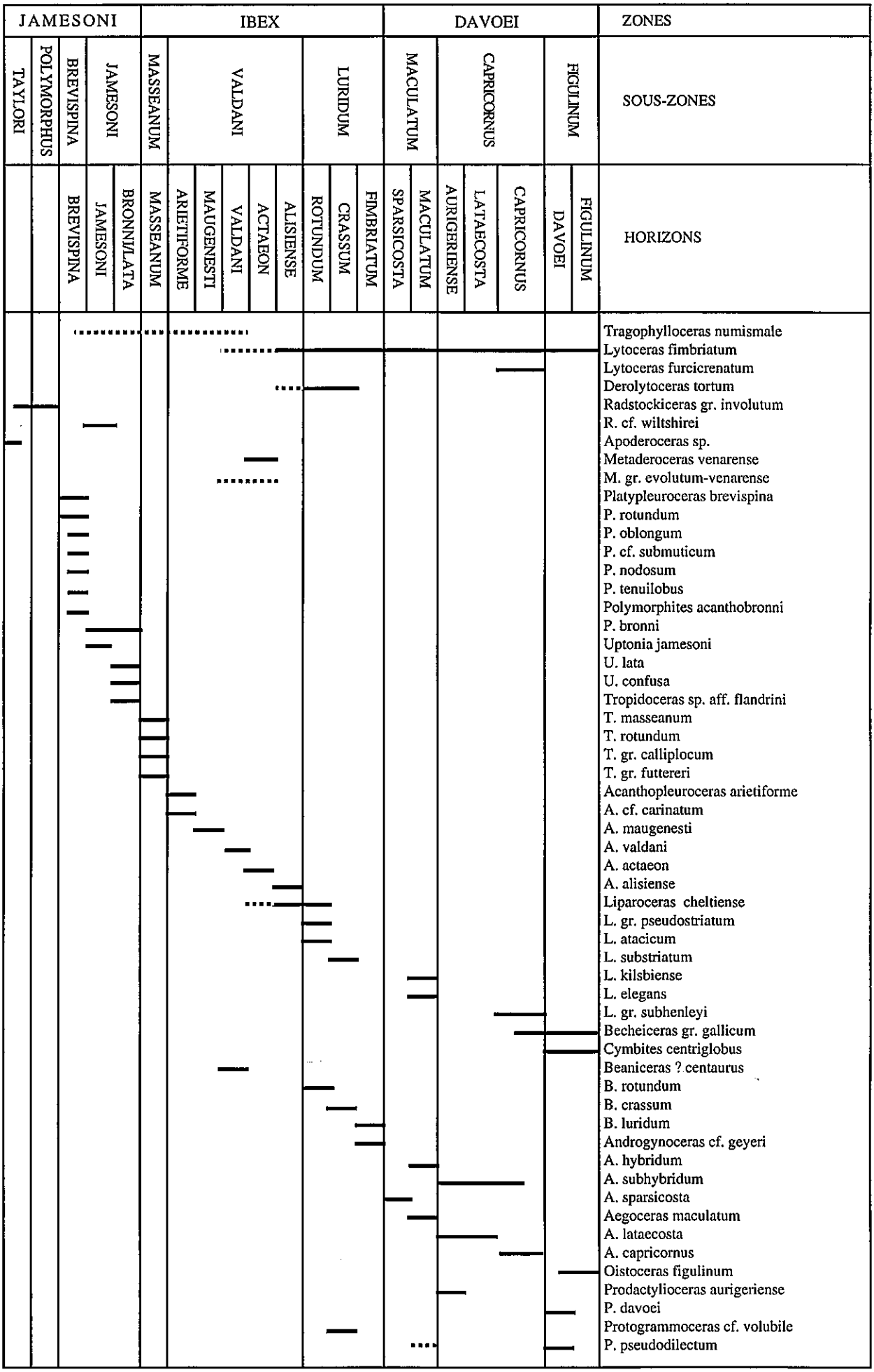


Fig. 312 : Tableau de répartition stratigraphique des ammonites du Carixien (Pliensbachien inférieur) dans les Pyrénées.

- **Horizon à Acanthopleuroceras valdani :** L'espèce-index, *A. valdani* (d'ORB.), est habituellement assez abondante et facilement reconnaissable. *Beaniceras* ? *centaurus* (d'ORB), premier représentant des *Liparoceratidae*, provient également de l'horizon (Réveillon, niv. 23, 24, à Narbonne).
- **Horizon à Acanthopleuroceras actaeon :** L'horizon est rarement identifié par son espèce-index (Quillanet, niv. 24, à Bizanet). Sa présence est plus facilement déduite de l'abondance épisodique des *Metaderoceras venarense* (d'ORB.) (Réveillon, niv. 24, à Narbonne). Les *Liparoceras* font leur première apparition (coupe de Quillanet).
- **Horizon à Acanthopleuroceras alisiense :** *A. alisiense* (REYN.) y est généralement abondant et l'horizon, l'un des plus fréquemment identifiés de la sous-zone, est présent dans les Corbières orientales (par exemple Quillanet, niv. 26 et 26.1, à Bizanet), les Corbières méridionales (la Caune d'Anders, niv. 8, à Tuchan) mais aussi dans les Pyrénées centrales (Saint-Sauveur, niv. 17, à Foix) et méridionales (Camarasa, niv. 12).

  Liparoceras gr. *cheltiense* (MURCHISON) y est assez fréquent. *Lytoceras fimbriatum* (SOW.) et son équivalent microconque, *Derolytoceras tortum* (QUENST.), deviennent pour la première fois abondants.

  Remarque : *M. venarense* (d'ORB.) a toujours une distribution stratigraphique limitée dans le temps, située pendant (Bourgogne, Corbières) ou après (Grands-Causses) l'horizon à Actaeon. A la même époque, une forme homologue, *M.* gr. *evolutum-venarense* existe dans le versant sud des Pyrénées (niv. 8 de la coupe du Col de Peralba, Montsec de Meià)(pl. 3, fig. 4), tout comme dans les Ibérides, où il fournit un repère biostratigraphique que l'on peut situer, sans précision supplémentaire, dans la partie supérieure de la sous-zone à Valdani. Cette forme, homologue des *Metaderoceras* méditerranéens, en diffère cependant par sa variabilité.

Sous-zone à Luridum : L'abondance momentanée des *Liparoceratidae* capricornes (genre *Beaniceras*) et des *Liparoceras s.s.* en facilite l'identification. Le Membre de Quillanet des Corbières orientales (Formation Névian) permet les meilleures observations paléontologiques. Par contre, dans les Pyrénées centrales et méridionales, la présence des ammonites est occultée par l'expansion d'un brachiopode, *Lobothyris punctata subpunctata* (DAV.) (Assise à Lobothyris).

Les premiers *Harpoceratinae* existent de façon isolée, avec *Protogrammoceras* gr. *volubile* (FUC.), dès la base de la sous-zone, dans les Sierras Marginales (Camarasa, niv. 13.1).

- **Horizon à Beaniceas rotundum :** L'espèce-index est rare (Vallon des Palats, niv. 4.2, à Fontjoncouse, Quillanet, niv. 28, à Bizanet). L'horizon est surtout caractérisé par l'abondance des *Liparoceras*, *L. cheltiense* (MURCHISON), *L.* gr. *pseudostriatum* (TRUEMAN) et *L. atacicum* n. sp. (pl. 6, fig. 5-9)
- **Horizon à Beaniceras crassum :** L'espèce-index y est abondante avec *Lytoceras fimbriatum* (SOW.) et *Derolytoceras tortum* (QUENST.) (Quillanet, niv. 29, à Bizanet). *Liparoceras substriatum* SPATH y est une forme rare de l'horizon.

  L'Assise à Lobothyris de l'Ariège se place précisément à ce niveau (Saint-Sauveur, niv. 20, à Foix) et des Pyrénées méridionales (Camarasa, niv. 13).
- **Horizon à Beaniceras luridum et Lytoceras fimbriatum :** Dans les Corbières, *Lytoceras fimbriatum* (SOW.) constitue un peuplement monospécifique épisodiquement très dense qui exclue momentanément tous les autres *Ammonitina*, en particulier l'espèce-indice *Beaniceras luridum* (SIMPS.) qui apparaît excessivement rare (la Blanquière, niv. 31 à Névian ; Quillanet, niv. 30, à Bizanet).

  Dans les Pyrénées occidentales, les *Lytoceras* sont absents et *Beaniceras luridum* (SIMPS.) est plus fréquent (niv. 114 de la coupe du Pic de Belchou).

  Dans les Pyrénées centrales et méridionales, *B. luridum* est parfois identifié, avec *Androgynoceras* cf. *geyeri* (SPATH) et *Aegoceras* gr. *maculatum*, dans les niveaux condensés qui assurent la transition avec la zone à Davoei (La Turère, Assise à Lobothyris ; Barranco de San Adrian – Turbón, niv. 1).

Zone à Davoei (fig. 312) : Elle est généralement associée à des faciès marneux dans lesquels les ammonites sont abondantes. La biozonation est calquée sur la séquence évolutive des *Liparoceratidae* "capricornes" appartenant aux genres *Aegoceras* et *Oistoceras*.

Sous-zone à Maculatum :

- **Horizon à Androgynoceras sparsicosta :** Ce niveau est généralement confondu avec l'horizon sous-jacent. *A. sparsicosta* (TRUEMAN) n'est identifiable que dans les séries les plus dilatées des Pyrénées basques (Ossès, niv. 60) et des Corbières orientales (la Blanquière, niv. 35, à Névian)(pl. 7, fig. 1-2).
- **Horizon à Aegoceras maculatum :** L'espèce-indice, *A. maculatum* (Y. et B.), toujours abondante, accompagne *Liparoceras kilsbiense* SPATH, *L. elegans* SPATH et *Androgynoceras hybridum* (Y. et B.) (Camarasa, niv. 14 ; Pont de Suert, niv. 22). Un *Harpoceratinae*, aff. *Protogrammoceras pseudodilectum* DOMMERGUES *et al.* y est répertorié dans les Sierras Marginales (pl. 10, fig. 2).

  L'horizon est également bien préservé dans l'Intervalle condensé qui clôture la Formation Névian des Corbières orientales (le Fournas, niv. 17, à Fraisse-des-Corbières ; Est de Treilles, niv. 10).

Sous-zone à Capricornus :

- **Horizon à Prodactylioceras aurigeriense :** L'horizon correspond à la brève période d'expansion de l'espèce *Prodactyliocras aurigeriense* DOMMERGUES, FAURE et MOUTERDE. Dans sa localité-type (Pont de Suert, niv. 23), l'espèce accompagne les premiers *Aegoceras lataecosta* (SIMPS.).

  P. aurigeriense est une forme endémique dont la répartition paléogéographique est limitée à la seule région ibéro-pyrénéenne, des Pyrénées ariégeoises (Col de Porte Pa, niv. 34, à Foix), aux Pyrénées commingeoises (La Gouardère, niv. 6, à Thèbes), aux Pyrénées basques (Col de Catagorena, niv. 150 et 154) et aux Chaînes Cantabriques et Ibériques, excluant le bas-Languedoc et la bordure est-aquitaine (J.-L. DOMMERGUES *et al.*, 1984)(pl. 8, fig. 4-5).
- **L'Horizon à Aegoceras lataecosta :** L'espèce-indice y est généralement abondante, en particulier dans le Membre du Pech de Foix (Formation Foix), où l'horizon atteint 4 à 5 m d'épaisseur, et dans la Formation Escales du secteur de Pont de Suert (niv. 28 à 32 de la coupe du Lac d'Escales).
- **Horizon à Aegoceras capricornus :** *A. capricornus* (SCHLOTH.) est associé à *Liparoceras* gr. *subhenleyi* SPATH et à

Androgynoceras subhybridum SPATH (la Blanquière, niv. 37, à Névian). *Lytoceras fimbriatum* (SOW.) y est localement abondant (coupes de Quillanet et de Réveillon), avec les premiers *Becheiceras gallicum* (SOW.) qui remplacent les *Liparoceras* (Pont de Suert, niv. 34).

Sous-zone à Figulinum :

- **Horizon à Prodactylioceras davoei** : Il est marqué par la brusque expansion de l'espèce *Prodactylioceras davoei* (SOW.) dont l'abondance momentanée efface presque totalement la lignée des *Liparoceratidae* capricornes. Seul *Becheiceras gallicum* (SOW.) y est présent en petit nombre.

  Protogrammoceras pseudodilectum DOMMERGUES, MEISTER et FAURE présent à ce niveau dans les Corbières (Réveillon, niv. 46.1, à Narbonne), témoigne d'influences méditerranéennes plus marquées (J.-L. DOMMERGUES *et al.*, 1985)(pl. 10, fig. 1). Le genre *Juraphyllites* l'accompagne.

  Remarque : Nous avons discuté ailleurs (J.-L DOMMERGUES *et al.*, 1984) de la répartition spatio-temporelle des *Prodactylioceras davoei* et de sa signification. Toujours strictement localisée dans la base de la sous-zone à Figulinum, l'espèce montre une large diffusion dans le domaine nord-ouest européen qui semble se limiter aux aires de plate-forme épicontinentale. Nous avons pu constater son absence dans les zones les plus subsidentes de l'aire pyrénéenne comme le secteur de Pont de Suert (Zone Sud-pyrénéenne) et les Arbailles (Pyrénées basques).

- **Horizon à Oistoceras figulinum** : *O. figulinum* (SIMPS.) est assez abondant dans les Corbières nord-orientales (la Blanquière, niv. 48, à Névian) et dans les niveaux condensés carixiens qui surmontent la Formation Névian des Corbières méridionales (coupes du Fournas, du Mas de Nouvelle, Ouest de Treilles).

  Lorsque l'ammonite index est absente, c'est l'abondance des *Lytoceras fimbriatum* (SOW.) et des *Becheiceras gallicum* (SOW.) qui fournit le meilleur indice de l'horizon (Lac d'Escales, niv. 39, à Pont de Suert). *Cymbites centriglobosus* (OPPEL) y est commun.

Zone à Margaritatus (fig. 313) : Sur l'ensemble du domaine pyrénéen, l'apparition de la sédimentation argileuse témoigne d'un approfondissement marqué de l'aire de dépôt. Les ammonites seront surtout abondantes dans la partie inférieure de la zone (sous-zone à Stokesi) et à son sommet (sous-zone à Gibbosus).

Sous-zone à Stokesi : Elle est marquée par l'expansion brutale des *Harpoceratinae* du groupe des *Matteiceras*. Les *Amaltheus* prennent le relais des *Liparoceratidae*. Ils ne seront cependant pas dominant avant le Domérien moyen.

- **Horizon à Lytoceras fimbriatum et Amaltheus stokesi :** L'horizon est caractérisé par la première apparition d'*Amaltheus stokesi* (SOW.) et, de façon négative, par l'absence des *Harpoceratinae*. Il est surtout remarquable par l'abondance des *Lytoceras fimbriatum* (SOW.) et des *Becheiceras gallicum* (SOW.)(coupes de la Blanquière, de Quillanet et de Réveillon, dans les Corbières, coupe de Rebouc dans les Pyrénées commingeoises, coupe du Col de Categorena, dans les Arbailles). Il est ainsi difficile à dissocier de l'horizon précédent.

  Remarque : La même constatation d'un léger décalage entre l'apparition d'*Amaltheus stokesi* et l'arrivée des premiers *Matteiceras* avait été faite sur la bordure est-aquitaine (horizon à Stokesi de J.-L. DOMMERGUES *et al.*, 1982 et de R. CUBAYNES *et al.*, 1984).

- **Horizon à Protogrammoceras (Matteiceras) occidentale :** *P. (M.) occidentale* (DOMMERGUES) est le premier *Harpoceratinae* réellement implanté dans le domaine nord-ouest européen (J.-L. DOMMERGUES *et al.*, 1982).

  L'horizon, dont le contenu est bien documenté sur la bordure est-aquitaine (R. CUBAYNES *et al.*, 1984), n'est identifié que dans les régions exemptes de condensation au passage Carixien-Domérien, ce qui explique que des conditions favorables à son identification n'aient été réunies que sur un faible nombre de coupes : niv. 43 de la coupe de Pont de Suert, niv. 7 de la coupe de Rebouc, dans les Pyrénées commingeoises occidentales, niv. 60 de la coupe d'Ossès, dans les Pyrénées basques (pl. 10, fig. 3-4).

- **Horizon à Protogrammoceras (Matteiceras) monestieri :** Il est partout bien identifiable grâce à l'abondance et à la diversité des *Matteiceras* qu'il renferme (Quillanet, niv. 50, à Bizanet). *P. (M.) monestieri* FISCHER est accompagné de *P. (M.) diornatum* DOMMERGUES, MEISTER et FAURE et *P. (M.) isselioides* DOMMERGUES, MEISTER et FAURE. *Amaltheus stokesi* (SOW.) et *Becheiceras gallicum* (SOW.) restent minoritaires. La fréquence des *Lytoceras fimbriatum* (SOW.) diminue fortement.

- **Horizon à Protogrammoceras (Matteiceras) nitescens :** *P. (M.) nitescens* (Y. & B.) prédomine maintenant avec les mêmes *P. (M.) isselioides*, *P. (M.) diornatum* et les premiers *P. (Fieldingiceras) fieldingii* (REYN.). *Amaltheus stokesi* (SOW.) et *Becheiceras gallicum* (SOW.) sont toujours nombreux (par exemple, Quillanet, niv. 51).

- **Horizon à Protogrammoceras celebratum :** Il est généralement très condensé. Nous l'avons rarement identifié dans les Corbières orientales par l'association de *P. (P.) celebratum* (FUC.), *P. (Fieldingiceras) fieldingii* (REYN.), *Amaltheus stokesi* (SOW.) et *A. bifurcus* HOW. (la Blanquière, niv. 55 ; Quillanet, niv. 54 ; la Combe de Méric, niv. 26, à Fontjoncouse).

Sous-zone à Subnodosus : Les Amaltheidés apparaissent réellement en masse. Les *Harpoceratinae*, les *Juraphyllitidae* et les *Lytoceratidae* sont abondants dans les niveaux de base. Ils se raréfient ensuite.

- **Horizon à Depressum :** La faune y est riche et diversifiée dans les Corbières orientales. Son développement maximum est de 15 m à la base de la Formation Fontjoncouse (niv. 27 à 32 de la coupe de la Combe de Méric, à Fontjoncouse). L'essentiel de la faune repose sur la présence du couple dimorphe *P. (Fieldingiceras) fieldingii* (REYN.) - *depressum* (QUENST.). *Amaltheus margaritatus* MONTF., *A. subnodosus* (Y. & B.) et *A. gloriosus* (HYATT) s'y associent à *Amauroceras wertheri* (LANGE), *Cymbites centriglobosus* (OPPEL), *Juraphyllites planispira* (OPPEL), *Zetoceras* gr. *disciformis* (REYNES). Le couple dimorphe *Lytoceras* gr. *villae* (MENEGH.) - *Derolytoceras* gr. *tortum* (QUENST.) succède à *L. fimbriatum* (SOW.) qui disparaît définitivement à la fin de la sous-zone à Stokesi. Les *Becheiceras* persistent.

  L'horizon est aussi très bien représenté dans les Corbières orientales (Combe de Pereille, niv. 22, à Fraisse-des-Corbières) et méridionales (le Mas de Nouvelle, niv. 5, à Tuchan), les Pyrénées centrales (Sud de Faux, niv. 27, Ariège) et la Zone de Pedraforca (Josa de Cadi, niv. 23, 24-25, 27).

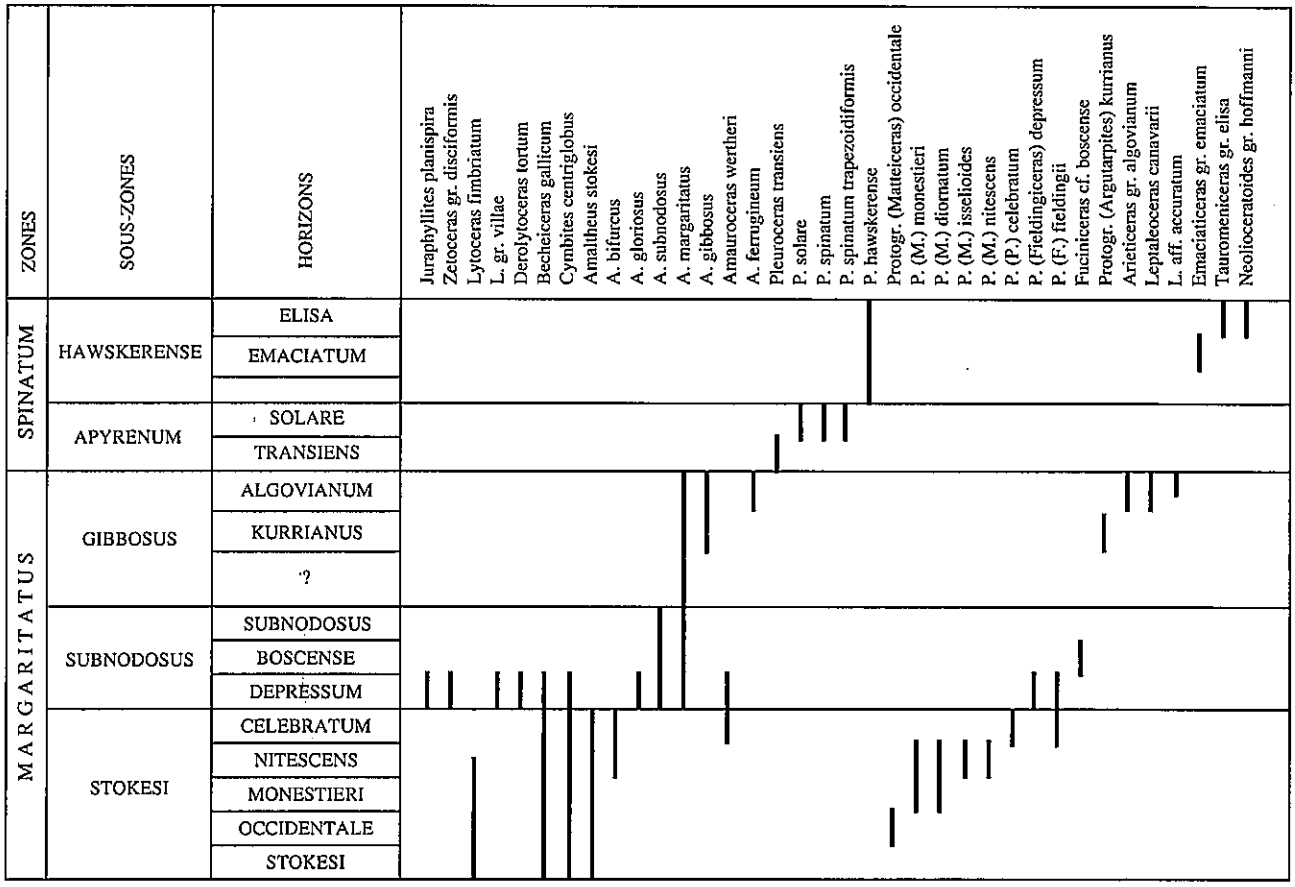


Fig. 313 : Tableau de répartition stratigraphique des ammonites du Domérien (Pliensbachien supérieur) dans les Pyrénées.

- **Horizon à Fuciniceras boscense :** Il n'a été observé qu'en un point des Corbières orientales où le rare *Fuciniceras* cf. *boscense* (REYN.)(pl. 10, fig. 13) accompagne *Amaltheus subnodosus* (Y. & B.) (niv. 8.2 de la coupe du vallon des Palats, au Sud de Fontjoncouse).
- **Horizon à Amaltheus subnodosus** : La partie moyenne de la Formation Fontjoncouse montre un net appauvrissement des populations fossiles. *Amaltheus subnodosus* (Y. & B) est la seule ammonite régulièrement rencontrée (par exemple, la Combe de Méric, niv. 9, à Fontjoncouse).

Sous-zone à Gibbosus : Les ammonites sont absentes à sa partie inférieure et les horizons standards à *Reynesoceras raggazoni*, *Arieticeras macrum* et à *A. ugdulenai* n'ont pu être identifiés.

- **Horizon à Protogrammoceras (Argutarpites) kurrianus :** Nous situons dans cet horizon les rares exemplaires de *P. (A.) kurrianus* (OPPEL) recueillis (Saint-Christol, niv. 9, à Fontjoncouse, Pic de Belchou, niv. 185).
- **Horizon à Arieticeras algovianum :** Les *Arieticeras* du groupe de A. *algovianum* (OPPEL) apparaissent en nombre. L'horizon est très fossilifère dans les Corbières orientales. (Saint-Christol, niv. 8, à Fontjoncouse) et les Pyrénées basques (Pic de Belchou, niv. 78, 80). Il renferme également plusieurs *Leptaleoceras* dont d'assez abondants *L. canavarii* (GEMM.) (pl. 11) et des exemplaires isolés de *L.* aff. *canavarii* (pl. 11) et *L.* aff. *accuratum* (pl. 11).

Les Amalthées sont à nouveau abondants et diversifiés avec *Amaltheus margaritatus* MONTF., *A. gibbosus* (SCHLOTH.), *A. laevigatus* HOWARTH et *Amauroceras ferrugineum* (SIMPS.).

Les *Phylloceratidae* et les *Juraphyllitidae* sont partout totalement absents.

Zone à Spinatum (fig. 313) : L'apparition du genre *Pleuroceras* coïncide généralement avec le retour de la sédimentation carbonatée et des conditions de plate-forme externe moins favorables aux ammonites dont les exemplaires sont désormais rares et toujours isolés, ce qui est peu propice à l'établissement d'une échelle biostratigraphique locale. Nous avons cependant pu identifier plusieurs niveaux du standard zonal de J.-L. DOMMERGUES *et al.* (1997).

Sous-zone à Apyrenum :

- **Horizon à Pleuroceras transiens** : *P. transiens* (FRENZEN) est une forme de transition entre les genres *Amaltheus* et *Pleuroceras*. Plusieurs spécimens sont prélevés à la base de la Barre à Pecten des Corbières orientales (Saint-Christol, niv. 7, à Fontjoncouse) et du Béarn (Nord du Cap d'Aspe - Mail Arrouy, niv. 13).
- **Horizon à Pleuroceras solare :** Dans les Corbières orientales (secteur de Fontjoncouse), *P. solare* (PHILL.) est accompagné de *P.* gr. *spinatum* (BRUG.) et de *P. solare trapezoidiformis* MAUB. (par exemple, niv. 5 de la coupe de la Catalane).

Sous-zone à Hawskerense : Il est possible d'identifier plusieurs des horizons élémentaires observés dans le bassin ibérique (M.-J. COMAS-RENGIFO, 1985). La rareté des faunes ne permet cependant par de leur assigner un ordre chronologique formel.

- **Horizon à Pleuroceras hawskerense et Emaciaticeras emaciatum :** *Pleuroceras hawskerense* (Y. & B.) et *Emaciaticeras* gr. *emaciatum* (CATT.) sont associés au sommet de la Barre à Pecten des Sierras Marginales catalanes (Ouest de Padrinàs,

niv. 1 ; Ouest du relief 1336, niv. 30, à Alinyà)(pl. 11, fig. 6-7) et du Béarn occidental (Ouest du Col de Sudou, niv. 9).

- **Horizon à Pleuroceras hawskerense et Tauromeniceras elisa :** C'est le niveau le plus fréquemment identifié dans les Corbières orientales où l'espèce-indice, *P. hawskerense* (Y. & B.), est toujours très abondantes avec quelques *Arieticeratinae* et *Harpoceratinae* d'origine téthysienne comme *Tauromeniceras* cf. *elisa* (FUC.) (colline 246, niv. 25, à Fontjoncouse)(pl. 11, fig. 8) et *Neolioceratoides* gr. *hoffmani* (GEMM.) (Pic de Belchou, niv. 218)(pl. 11, fig. 11).

Remarque : Ces formes, d'origine téthysienne, sont surtout abondantes dans les confins méridionaux de l'Europe. Elles atteignent en petit nombre le domaine languedocien (Grands-Causses) avec *Emaciaticeras* gr. *lottii* (GEMM.) (horizon à Lottii de C. MEISTER, 1989). Les "*Naxensiceras modicum* FUC." et "*N. pulcherrimum* FUC." signalés par J. MATTEI (1971, 1985) dans la région de Bédarieux, sont aussi des éléments purement téthysiens présents à cette époque dans la sous-zone à Hawskerense du Languedoc.

D - TOARCIEN

Dans les Pyrénées méridionales (Ph. FAURE, 1984), le Toarcien connaît une sédimentation terrigène de plate forme externe ou de vasière protégée, habituellement riche en organismes benthiques (brachiopodes) et en ammonites. Les analogies de faciès et de milieu de sédimentation avec les Chaînes Ibériques permettent d'utiles comparaisons (A. GOY, 1974, A. GOY et G. MARTINEZ, 1990).

Dans les Corbières, le Toarcien inférieur est absent, par lacune sédimentaire. Le Toarcien moyen-supérieur est, par contre, très propice à l'étude des ammonites (Ph. FAURE, 1981, 1985). Les faciès et les assemblages fossiles sont assez proches de ceux que l'on peut observer en bas-Languedoc (J. MATTEI, 1971) ou dans les Grands-Causses (J. GUEX, 1972, 1975) (fig. 314 à 316). Les Pyrénées basques connaissent une sédimentation continue de plate-forme distale (Ph. FAURE, 1987). Les faciès et les faunes recueillies sont les mêmes que dans les Chaînes Cantabriques (M.-J. COMAS-RENGIFO *et al.*, 1988). Dans les Pyrénées centrales, l'instabilité de la sédimentation altère fortement la succession des faunes dans un intervalle de temps compris entre la zone à Bifrons *pro parte* et la zone à Pseudoradiosa *pro parte*, durée de l'Intervalle condensé intra-Toarcien.

Zone à Tenuicostatum (fig. 314) : Elle est partout marquée par l'apparition brutale des *Dactylioceratidae* qui succèdent aux *Amaltheidae* et aux *Arieticeratinae* du Domérien.

Sous-zone à Paltus : On distingue deux horizons élémentaires :

- **Horizon à Dactylioceras pseudocommune :** Cet horizon, essentiellement représenté par des *Dactylioceras* primitifs du groupe de *D. pseudocommune* FUC., est parfois identifié dans les derniers bancs carbonatés de la Barre à Pecten (coupes d'Alinyà et d'Àger).
- **Horizon à Dactylioceras gr. mirabile et Protogrammoceras (Paltarpites) paltus :** *D.* gr. *mirabile* FUC. y accompagne les *Harpoceratinae P. (Paltarpites) paltus* BUCK. *et P. (Protogrammoceras ?.) gabillyi* n. nom. (Pont de Suert, niv. 61 ; Camarasa, niv. 20)(pl. 11, fig. 14-17).

  Les *Harpoceratinae* (*Leioceratoides* gr. *lorioli-micitoi*) et les *Hildoceratinae* (*Neolioceratoides* gr. *schopeni-hoffmanni*) d'affinité domérienne qui accompagnent habituellement l'horizon dans les Ibérides (A. GOY et G. MARTINEZ, 1990) sont ici absents.

Sous-zone à Semicelatum : L'espèce-indice *D.* (*Orthodactylites*) *semicelatum* (SIMPS.) y est abondante.

- **Horizon à Dactylioceras (Orthodactylites) semicelatum :** Sa composition est habituellement oligospécifique, en particulier dans les Corbières où *D. (O.) semicelatum* constitue l'essentiel de la faune des niveaux condensés de la base du Toarcien (la Catalane, niv. 1 à Fontjoncouse ; la Girbaude, niv. 22, à Massac). *Protogrammoceras (P. ?) madagascariense* (THEV.) s'y ajoute dans les Pyrénées méridionales et les Chaînes Catalanes (pl. 12, fig. 1).

  La condensation sédimentaire qui règne généralement à la base des marnes du Toarcien, ne permet pas de séparer les horizons élémentaires identifiés dans le Poitou (J. GABILLY, 1976), les Chaînes Ibériques (A. GOY et G. MARTINEZ, 1990) et la Bourgogne où S. ELMI *et al.* (1997) distinguent trois horizons, respectivement, à *Dactylioceras (Orthodactylites) crosbeyi* (SIMPS.)(équivalent de l'horizon à la sous-zone à Clevelandicum de M.K. HOWARTH, 1973), à *D. (O.) tenuicostatum* (Y. & B.) et à *D. (O.) semicelatum* (SIMPS.).

Zone à Serpentinum (fig. 314) : La rapide expansion des genres *Hildaites* et *Harpoceras* en marque la base.

Sous-zone à Elegantulum : Les Pyrénées méridionales permettent les meilleures observations. La sous-zone correspond à la période d'extension des grands "*Harpoceratoides*" (*sensu* J. GABILLY, 1976), "*H". kisslingi* (HUG), "*H". alternatus* (SIMPS.) et "*H". strangewaysi* (SOW.), formes souvent difficiles à distinguer que M.K. HOWARTH regroupe dans sous le même taxon *Harpoceras serpentinum* (SCHLOTH.). Les *Hildaites H. murleyi* (BUCK.), *H. forte* BUCK. et *H. subserpentinum* BUCK. sont présents pendant toute la durée de la sous-zone avec *Dactylioceras (Orthodactylites) semiannulatum* HOWARTH et *Nodicoeloceras crassoides* (SIMPS.).

Les deux horizons élémentaires distingués par la zonation standard sont difficiles à séparer. Dans les Pyrénées méridionales, la base de la sous-zone (Horizon à Elegantulum) montre la densité maximale des peuplements de brachiopodes *Soaresirhynchia bouchardi* (DAV.). *Hildaites wrighti* (SPATH) semble cantonné dans ces niveaux.

Sous-zone à Falciferum : Elle voit l'épanouissement des *Harpoceras* typiques du groupe de *H. falciferum* (SOW.).

- **Horizon à Harpoceras pseudoserpentinum :** L'horizon est rarement individualisé (Ouest d'Arrayos, niv. 18, Pyrénées basques). Il renferme *Harpoceras pseudoserpentinum* GAB., des *Hildaites* et *D. (O.) semiannulatum* HOWARTH.
- **Horizon à Orthildaites douvillei :** La période est comprise entre la disparition de *H. pseudoserpentinum* GAB. et l'apparition du genre *Hildoceras*. *Orthildaites douvillei* (HAUG) caractérise plutôt la partie supérieure de l'horizon (La Coma - Calvera, niv. 28 ; l'Ametlla de Montsec, niv. 25). Il renferme *Peronoceras fibulatum* (SOW.), les derniers *Hildaites* et *Nodicoeloceras crassoides* (SIMPS.).

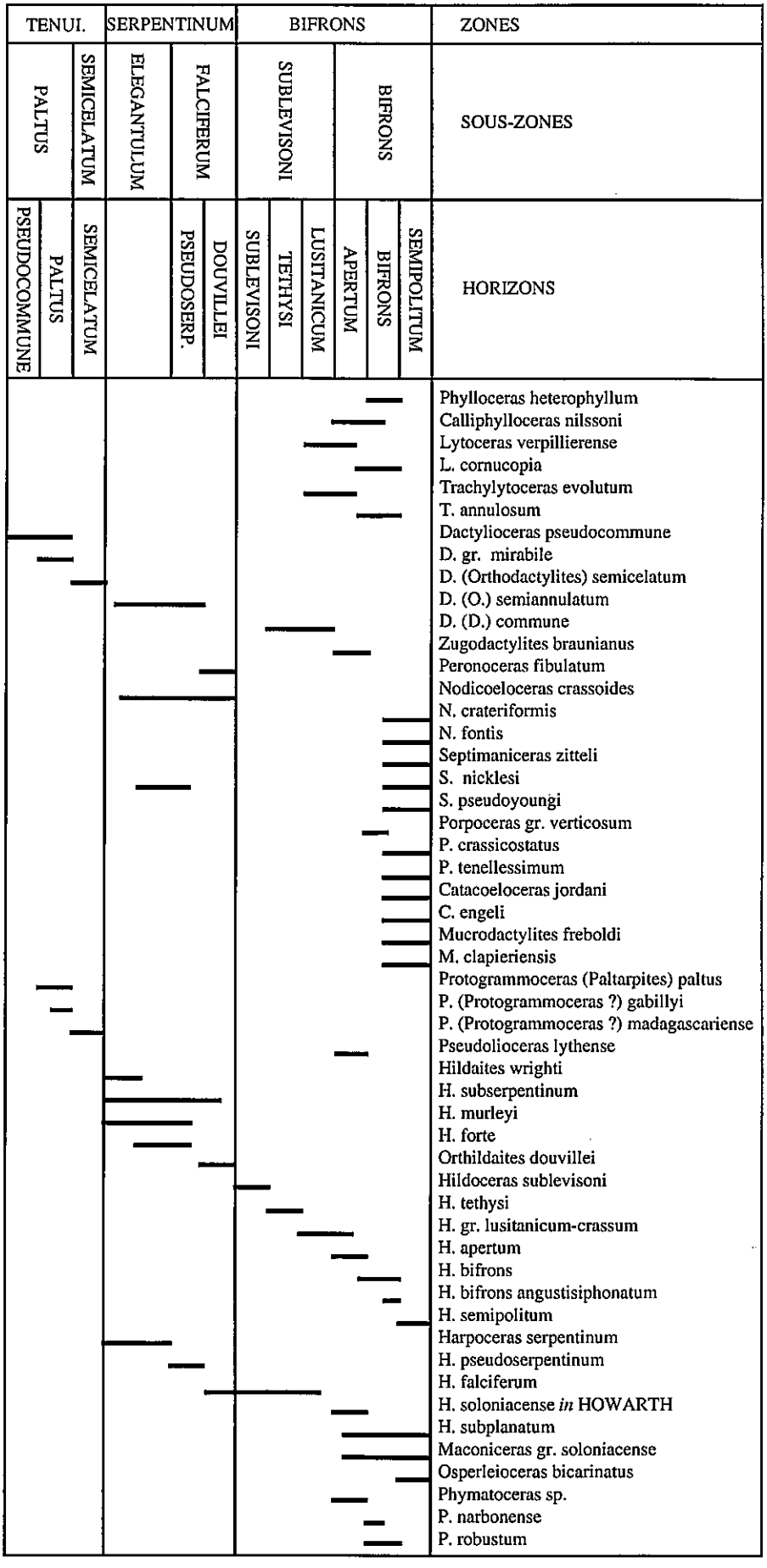


Fig. 314 : Tableau de répartition stratigraphique des ammonites du Toarcien inférieur et moyen *pro parte* dans les Pyrénées.

Zone à Bifrons (fig. 314) : Sa limite inférieure nous apparaît partout bien tracée par l'apparition du genre *Hildoceras* qui succède aux *Hildaites* et *Orthildaites*. La lignée évolutive des *Hildoceras* a partout permis de séparer tous les horizons standards.

Sous-zone à Sublevisoni : Le sillon latéral des *Hildoceras* y est absent ou archaïque.

- **Horizon à Hildoceras sublevisoni :** L'espèce-indice est habituellement abondante (par exemple, niv. 30 de la coupe du Pic de Belchou, Arbailles).
- **Horizon à Hildoceras tethysi :** L'espèce-indice permet de l'identifier (Pic de Belchou, niv. 203). Dans les Corbières, ce niveau correspond également à une brève période d'expansion des espèces *Dactylioceras* (*D.*) *commune* (SOW.)(Combe de Pereille, niv. 10). Une même constatation avait incité J. GABILLY (1971, 1976) à individualiser dans le Poitou un horizon à Commune. Cette subdivision, à valeur trop "locale", est aujourd'hui abandonnée.
- **Horizon à Hildoceras lusitanicum :** Il est peuplé d'*Hildoceras* à sillon très légèrement marqué, du groupe des *H. lusitanicum* (MEISTER) et de son variant *H. crassum* MEISTER. C'est aussi le niveau principal du couple dimorphe *Lytoceras verpillierense* RULLEAU – *Trachylytoceras evolutum* RULLEAU. *Harpoceras falciferum* (SOW.) persiste, avec *Dactylioceras (D.) commune* (SOW.) (par exemple, Aguilar, niv. 4-5, à Tuchan ; Pic de Belchou, niv. 40).

La sous-zone à Bifrons : Le sillon des *Hildoceras* y est plus ou moins bien marqué.

- **Horizon à Hildoceras apertum :** *Hildoceras apertum* GAB. en constitue l'élément fondamental. Dans les Corbières orientales, où il est le plus fossilifère, l'horizon fournit les derniers *Hildoceras lusitanicum* (MEISTER), *Harpoceras soloniacense* (LISS. *in* HOWARTH), *H. subplanatum* (OPPEL.), *Pseudolioceras lythense* (Y.& B.), *Nodicoeloceras lobatum* (BUCK.), *Calliphylloceras nilssoni* (HEBERT) ainsi que le premier représentant des *Phymatoceratinae*, *Phymatoceras* sp. ind. (pl. 15, fig. 13). C'est également le niveau de *Zugodactylites braunianum* (d'ORB.) (le niveau est l'équivalent de l'horizon à Braunianus des Causses de J. GUEX, 1972) (par exemple, Aguilar, niv. 6, à Tuchan).
- **Horizon à Hildoceras bifrons :** Il correspond à la durée d'expansion de l'espèce-indice *H. bifrons* (BRUG.). Son morphotype *H. bifrons angustisiphonatum* PRINZ est surtout présent dans la partie supérieure de l'horizon.

  Harpoceras subplanatum (OPPEL), *Maconiceras soloniacense* (LISS.), *Phymatoceras narbonense* (BUCK.), *P. robustum* (HYATT), *Porpoceras* gr. *vortex* (SIMPS.) sont surtout présents dans la inférieure de l'horizon. Sa partie supérieure renferme une population très diversifiée de *Dactylioceratidae* parmi lesquels de nombreuses formes décrites comme endémiques dans les Causses par J. GUEX (1972) : *Catacoeloceras jordani* GUEX, *Mucrodactylites clapieriensis* GUEX, *Porpoceras crassicostatus* GUEX, *P. tenellissimum* (MONEST.), *Nodicoeloceras crateriformis* (MONEST.), *N. fontis* GUEX, *Septimaniceras zitteli* (OPPEL), *S. nicklesi* (GUEX) et *S. pseudoyoungi* (GUEX) (par exemple, Les Corneilles, niv. 11, à Fitou).

  On y rencontre également le couple dimorphe *Lytoceras cornucopia* (Y. & B.) - *Trachylytoceras annulosum* (MONEST), *Phylloceras heterophyllum* (SOW.) et *Calliphylloceras nilssoni* (HEBERT).
- **Horizon à Hildoceras semipolitum :** Avec *Hildoceras semipolitum* BUCK. apparaissent les premiers *Osperleioceras bicarinatum* (ZIETEN). Les *Dactylioceratidae* déjà énumérés dans l'horizon à Bifrons, sont abondants, en particulier *Catacoeloceras jordani* GUEX et *Mucrodactylites clapieriensis* GUEX (Est du Mont Redonnel, niv. 12, à Fontjoncouse).

Zone à Variabilis (fig. 315) : L'apparition du genre *Haugia* permet de bien en tracer la limite inférieure.

Sous-zone à Variabilis : Elle est surtout fossilifère dans les Corbières orientales où elle est marquée par l'abondance des *Osperleioceras bicarinatum* (ZIETEN) et des *Dactylioceratidae* comme *Catacoeloceras* gr. *confectum* BUCK, *C.* gr. *dumortieri* (de BRUN), *C.* gr. *raquinianum* (d'ORB.) et *Mucrodactylites mucronatus* (d'ORB.).

Nous avons pu séparer les horizons stratigraphiques de J. GABILLY (1990) et de S. ELMI *et al.* (1991).

- **Horizon à Haugia evoluta :** Il est représenté dans les Corbières orientales par un horizon plus ou moins condensé (la Serre, niv. 14, à Feuilla, les Corneilles, niv. 12, à Fitou) qui devient oolithique dans les Corbières méridionales où il fournit, avec *H. variabilis* (d'ORB.) et *H. evoluta* GAB. : *Denckmannia* gr. *pustulosa* (SIMPS.), *Pseudolioceras boulbiense* (Y. & B.) et *Paroniceras sternale* (v. BUCH.)(Col de Boussac, niv. C, à Montgaillard).
- **Horizon à Haugia jugosa :** Dans le Membre des Palats des Corbières, *H. variabilis* (d'ORB.) et *H. jugosa* (SOW.) s'associent à *Brodieia* gr. *primaria* (SCHIR.), *Denckmannia* gr. *pustulosa* - *malagma* et les mêmes abondants *Dactylioceratidae*.

  L'horizon est parfois identifié dans l'Intervalle condensé intra-toarcien de l'Ariège (La Poumarède, niv. 10, à Clermont-sur-Arize).

Sous-zone à Illustris : *Osperleioceras bicarinatum* (ZIETEN) est encore abondant dans les Pyrénées languedociennes, avec des *Dactylioceratidae* et *Lytoceras sublineatum* (OPPEL)

- **Horizon à Haugia illustris :** Dans les Corbières, la faune de l'horizon est très diversifiée : *Haugia illustris* (DENCK.), *Brodeia lehmanni* GUEX, *Denckmannia* gr. *rudis* (SIMPS.), *D. tumefacta* BUCK., *D. fabalis* (SIMPS.) et les derniers *Dactylioceratidae* : *Catacoeloceras* gr. *raquinianum* (d'ORB.), *Mucrodactylites mucronatus* (d'ORB.).

  Padagrosites aratum (BUCK) est présent dans les Pyrénées méridionales (Alós de Balaguer, niv. 7) et *P. pseudosubregale* GUEX, dans les Arbailles (Pic de Belchou, niv. 255). C'est aussi, dans les Pyrénées méridionales, le niveau de *Denckmannia obliquata* (Y. & B.) et de *D* ? aff. *rheumatisans* (DUM.) (Camarasa, niv. 39).
- **Horizon à Haugia phillipsi :** Les *Haugia* à costulation flexueuse du groupe *H. metallaria-phillipsi* permettent très rarement d'identifier l'horizon (Bergeries de Témèzou, niv. 20, à Padern, Corbières méridionales).

La sous-zone à Vitiosa : *Haugiella vitiosa* (BUCK.) et *H. dubari* FAURE en sont les seuls représentants avec *Osperleioceras bicarinatum* (ZIETEN) (Sud du Mont Redonnel, niv. 9, à Fontjoncouse).

La zone à Thouarsense (fig. 315) : Elle n'est bien exposée que dans les Corbières orientales. Ailleurs, elle coïncide avec une importante phase de vacuité sédimentaire. Les faunes sont largement dominées par des *Grammoceratinae*

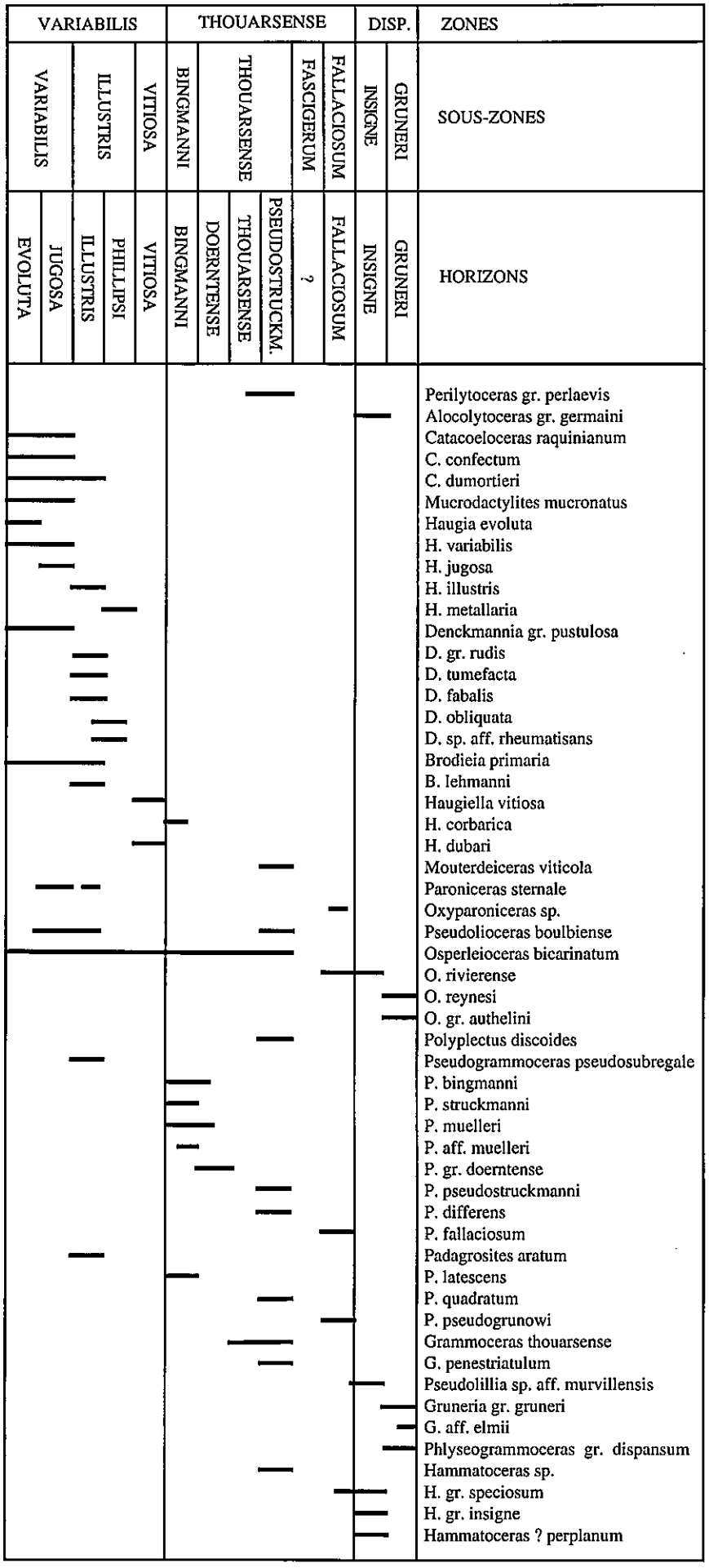


Fig. 315 : Tableau de répartition stratigraphique des ammonites du Toarcien moyen *pro parte* et du Toarcien supérieur *pro parte* dans les Pyrénées.

(*Pseudogrammoceras, Grammoceras*) auxquels s'ajoutent dans le domaine languedocien, d'assez nombreux *Harpoceratinae* (*Osperleioceras*). *O. rivierens*e (MONEST.) prend progressivement le relais de *O. bicarinatum* (ZIETEN) au sommet de la zone.

Sous-zone à Protogrammoceras bingmanni :

- **Horizon à Pseudogrammoceras bingmanni :** L'espèce-indice *P. bingmanni* (DENCK.) cohabite avec des formes affines telles que *P. struckmanni* (DENCK.), *P. muelleri* (DENCK.), *P.* aff. *muelleri* (DENCK.) et *Padagrosites latescens* (SIMPS.)(Sud du Mont Redonnel, niv. 10).

  A la base de la sous-zone, *Haugiella corbarica* FAURE est le dernier représentant de la sous-famille des *Phymatoceratinae* (Sud du Mont Redonnel, niv. 10)(pl. 17, fig. 9-10).

Sous-zone à Thouarsense : Sa partie inférieure est peu fossilifère et seules les coupes des Corbières orientales ont permis quelques observations.

- **Horizon à Pseudogrammoceras doerntense :** Avec *P.* gr. *doerntense* (DENCK.), les premiers *Grammoceras* et les toujours nombreux *Osperleioceras bicarinatum* (ZIET.) (Sud du Mont Redonnel, niv. 12, Fontjoncouse).
- **Horizon à Grammoceras thouarsense** : Il fournit *G* gr. *thouarsense* (d'ORB.), *G.* gr. *striatulum* (SOW.) et quelques *Pseudogrammoceras* non déterminés au niveau spécifique (Est du Mont Redonnel, niv. 62).
- **Horizon à Grammoceras thouarsense et Pseudogrammoceras pseudostruckmanni :** Ce niveau est très fossilifère dans le Lobe de Bizanet (Corbières nord-orientales) où il correspond à un horizon de condensation, la "Dalle à *Grammoceras*" (coupes de la Caguille et du Pech Sendre). *Grammoceras thouarsense* (d'ORB.) y est très abondant avec *Pseudogrammoceras pseudostruckmanni* GAB., *P. differens* (ERNST) et *Perilytoceras* gr. *perlaevis* (DENCK.). *Padagrosites quadratum* HAUG, *Polyplectus discoides* (ZIETEN), *Pseudolioceras boulbiense* (Y. et B.), les derniers *Osperleioceras bicarinatum* (ZIET.), *Mouterdeiceras viticola* ELMI et RULLEAU (pl. 17, fig. 12) et *Hammatoceras* sp. (pl. 21, fig. 4) sont par contre des formes rares de ce niveau.

  L'horizon apparaît également dans les Pyrénées méridionales, au sein de l'Intervalle condensé du Toarcien supérieur. *Pseudogrammoceras pseudostruckmanni* GAB. et *P. differens* (ERNST) y sont abondants avec *Grammoceras thouarsense* (D'ORB.) et de rares *G. penestriatulum* BUCK. (Nord d'Alins, niv. 8 ; l'Ametlla de Montsec, niv. 37).

L'abondance des Grammoceras thouarsense typiques et de Perilytoceras gr. perlaevis, alors que G. penestriatulum est rare et que les Esericeras et les Perilytoceras jurense sont absents, nous conduit à placer ces niveaux au sommet de la sous-zone à Thouarsense. La ***sous-zone à Fascigerum*** *n'est pas formellement identifiée dans les Pyrénées.*

Sous-zone à Fallaciosum :

- **Horizon à Pseudogrammoceras fallaciosum :** Il est toujours marqué par des populations abondantes de *Pseudogrammoceras fallaciosum* (BAYLE). *Padagrosites pseudogrunowi* GUEX y est rare, avec *Oxyparoniceras* sp. et les premiers *Hammatoceras speciosum* JANESCH.

  Dans les Pyrénées méridionales, la densité des peuplements est exagérée par le contexte de condensation au sein de l'Intervalle condensé intra-Toarcien (Nord d'Alins, niv. 9 ; l'Ametlla de Montsec, niv. 38). Par contre, dans les Corbières, l'horizon atteint une quinzaine de mètres d'épaisseur dans la Formation Bizanet (Combe de Méric, niv. 19-20, Fontjoncouse).

Zone à Dispansum (fig. 315) : Elle n'est bien représentée que dans l'Intervalle condensé intra-Toarcien des Pyrénées méridionales. *Hammatoceras* gr. *insigne* est aussi présent dans les marnes de la Fm Bizanet des Corbières orientales :

Sous-zone à Insigne : Le contexte habituel de condensation sédimentaire ne permet pas d'identifier les deux horizons standards distingués par S. ELMI *et al.* (1997).

- **Horizon à Hammatoceras insigne :** Dans les Pyrénées méridionales, un unique niveau de l'Intervalle condensé renferme *Hammatoceras* gr. *speciosum* JANESCH, et *H.* gr. *insigne* (SCHÜBER) (Alòs de Balaguer, niv. 14). *H ? perplanum* (PRINZ)(pl. 21, fig. 2) et *Pseudolillia* aff. *murvillensis* (MAUB.)(pl. 20, fig. 9) proviennent également de ce niveau.

La sous-zone à Gruneri : Elle est parfois représentée par un niveau de condensation intégré dans l'Intervalle condensé toarcien. C'est "l'Oolithe à *Gruneria*" de la partie orientale de la Zone de Pedraforca.

- **Horizon à Gruneria gruneri :** *G.* gr. *gruneri* (DUM.) y est généralement abondant (La Coma Bona – Els Porxos, niv. 23), localement associé à *Phlyseogrammoceras* gr. *dispansum* (LYCETT) et *Osperleioceras* gr. *authelini* (MONEST.) (Moli de la Borda, niv. 23, à la Guàrdia de Ares). *Osperleioceras* gr. *reynesi* (MONEST.) s'y rajoute dans les Sierras Marginales (Alòs de Balaguer, niv. 15).

La zone à Pseudoradiosa (fig. 316) : La limite inférieure de la zone est marquée par l'apparition des *Dumortierinae*.

La sous-zone à Levesquei : Les *Dumortieria* à costulation forte et rigide du groupe de *D. levesquei* (d'ORB.) permettent de l'identifier facilement. La sous-zone est très fossilifère dans les derniers bancs de l'Intervalle condensé des Pyrénées méridionales. Nos observations permettent de distinguer les deux horizons :

- **Horizon à Dumortieria insignisimilis et D. levesquei :** Il renferme *Dumortieria levesquei* (d'ORB.) et une majorité de *Dumortieria* très évolutes à section arrondie, parmi lesquelles *D. latumbilicata* GECZY, *D. insignisimilis* (BRAUNS *in* ERNST) et *D.* cf. *leesbergi* (BRANCO) (formes que l'on plaçait dans le genre *Catulloceras* avant que celui-ci ne soit restreint aux Dumortiérinés de la zone à Aalensis par L. RULLEAU et R. MOUTERDE, 1997). *D.* gr. *munieri* (HAUG), *D.* cf. *prisca* BUCK. et des espèces microconches appartenant au large groupe de *D.* gr. *costula* (REIN. *in* BUCKMAN) sont aussi présentes (La Coma Bona – Els Porxos, niv. 25). Le dernier *Pseudolioceras boulbiense* (Y. et B.) y est présent, avec un unique *Huldestonia* gr. *serrodens* (QUENST.).
- **Horizon à Dumortieria striatulocostata :** L'espèce est la seule forme identifiée dans l'horizon (Colldarnatt, niv. 10).

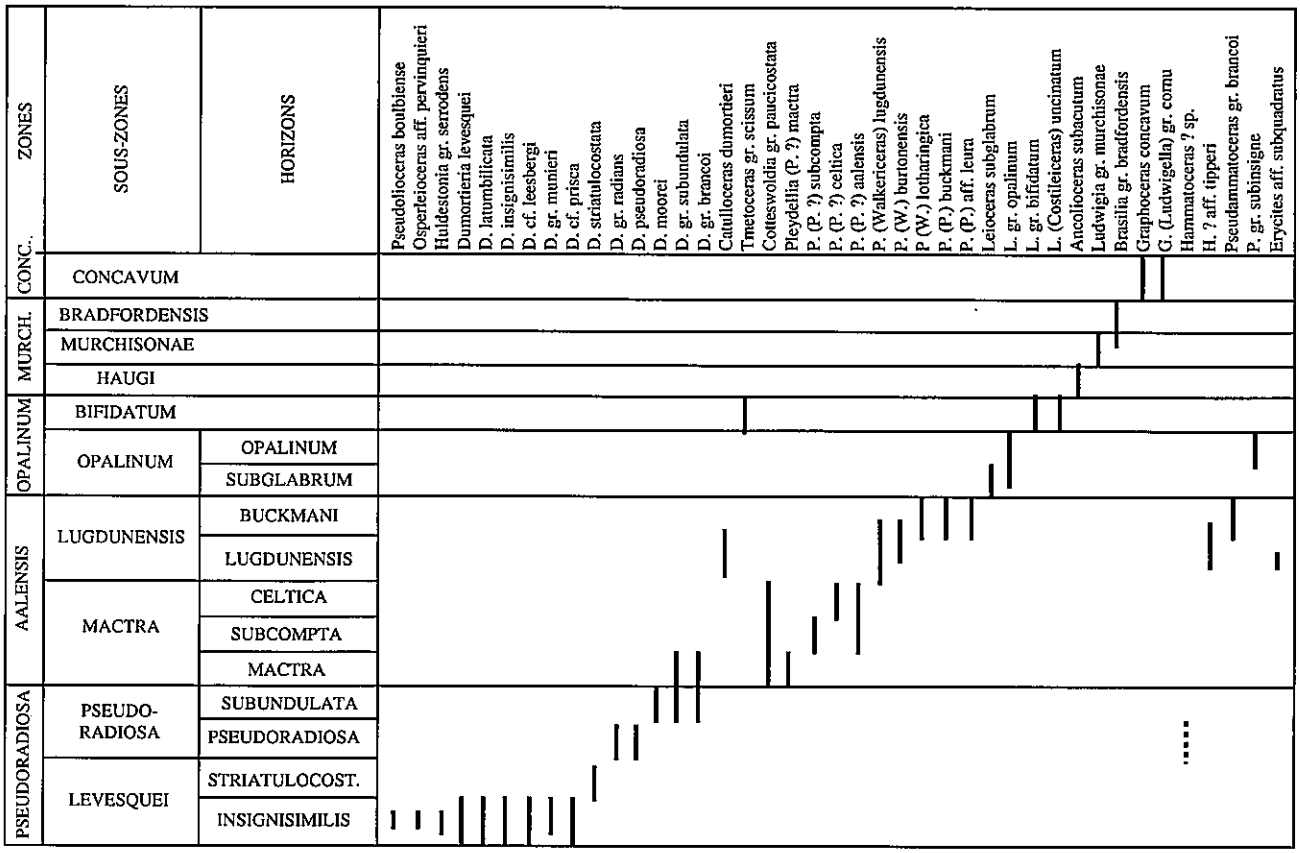


Fig. 316 : Tableau de répartition stratigraphique des ammonites du Toarcien terminal (zones à Pseudoradiosa et à Aalensis) et de l'Aalénien.

La sous-zone à Pseudoradiosa : C'est la période d'extension des *Dumortieria* à costulation fine, rigide ou flexueuse et de leurs nombreux morphotypes La sous-zone n'est bien représentée que dans les niveaux condensés de l'Intervalle condensé intra-toarcien des Sierras Marginales.

- **Horizon à Dumortieria pseudoradiosa :** *D. gr. pseudoradiosa* (BRANCO) et *D.* gr. *radians* (REIN. *in* BUCKMAN) y sont abondants (Camarasa, niv. 42).
- **Horizon à Dumortieria subundulata :** Il se superpose à la période d'extension des *Dumortieria* à costulation flexueuse appartenant au groupe très polymorphes des *Dumortieria* gr. *subundulata* (BRANCO *in* HAUG) et de *D.* gr. *brancoi* BUCK. (Rebouc, niv. 20 ; Chapoénéa, niv. 7, Lecumberry).
  L'Horizon renferme également des *Dumortierinae* à tours externes microstriées parmi lesquels *Dumortieria moorei* (LYCETT) et *Pleydellia (P. ?) mactra* (DUM.). L'acmé de *D. subundulata* se situe en fait exactement au niveau de la transition entre les zones à Pseudoradiosa et à Aalensis des standards. *D.* gr. *explanata* BUCK. y est parfois identifiée.

Zone à Aalensis (fig. 316) :

Sous-zone à Mactra : C'est la période d'extension des *Pleydellia (P. ?)* microstriées primitives, formes comprimées, dont l'aire ombilicale est peu marquée ou arrondie. Elle correspond aussi à l'acmé des *Cotteswoldia*, genre particulièrement abondant dans les Grands-Causses et la Péninsule ibérique.

- **Horizon à Pleydellia (P. ?) mactra :** L'horizon, généralement pauvre en ammonites, se place toujours au sein de l'Assise à Gryphées. Il livre quelques *P. (P.?) mactra* (DUM.) et *Cotteswoldia* gr. *paucicostata* BUCK. (Alòs de Balaguer, niv. 20).
- **Horizon à Pleydellia (P. ?) subcompta :** Il est compris dans la partie supérieure de l'Assise à Gryphées. *P. (P. ?) subcompta* (BRANCO) cohabite avec *P. (P. ?) mactra, Cotteswoldia* gr. *paucicostata* BUCK. et les premières vraies *P. (P. ?)* gr. *aalensis* (ZIETEN) (Sud du Sarrat Redon – Aguilar, Tuchan).
- **Horizon à Pleydellia (P. ?) celtica :** L'horizon est représenté à la base de la Formation du Baset (Pic de Merdanson, niv. 33). *P. (P. ?) celtica* FAURE et CUBAYNES y est abondante avec *P. (P. ?) aalensis* (ZIETEN) et *Cotteswoldia* gr. *paucicostata* BUCK. Dans les Sierras Marginales, l'horizon est peu fossilifère. Il se situe dans les bancs surmontant l'Assise à Gryphées.

Sous-zone à Lugdunensis : Elle correspond à la durée d'extension des *Pleydellia* à aire ombilicale bien différenciée que l'on rattache au sous-genre *Walkericeras*. Au sommet de la sous-zone apparaissent à nouveau des formes striées qui effectuent une transition avec le genre *Leioceras* avec lequel débute la zone à Opalinum. Deux horizons élémentaires sont séparés :

- **Horizon à Pleydellia (Walkericeras) lugdunensis :** Sa base, toujours facilement lisible sur le terrain, est tracée sous l'apparition brutale, en abondance, de *P. (W.) lugdunensis* ELMI *et al.* et de ses variants. L'un d'eux, *P. (W.) burtonensis* BUCK. est, à la fois, plus comprimé, plus involute et plus finement costé sur les tours externes. Dans le Quercy, cette espèce est plus récente que l'espèce index (Ph. FAURE *et al.*, 2000).
  L'horizon est très fossilifère dans les Corbières orientales (Est du Mont-Cal, à Bizanet ; Saint-Antoine, niv. H), dans le Béarn (Pic de Merdanson, niv. 30) et dans les Pyrénées méridionales (piste du Coll de Jowell, niv. 3, 4 ; Alòs de Balaguer, niv. 13).

- **Horizon à Pleydellia buckmani et P. (W.) lotharingica** : Il est le domaine des *Pleydellia* à section aiguë, à costulation fine dès les tours internes comme *P. (W. ?) falcifer* MAUB., ou à costulation fasciée du groupe de *P. (P.) buckmani* MAUB. et de *P. (P.)* aff. *leura* BUCK. L'horizon montre aussi l'abondance de *Walkericeras* à section ogivale comprimée et à costulation nettement falciforme, faciculée ou non, que nous regroupons dans l'espèce très polymorphe *P. (W.) lotharingica* (BRANCO) (Coll de Port, niv. 12 ; Ouest du Sant Jordi – Camarasa, niv. 13)(pl. 29).

Plusieurs *Hammatoceratidae* sont récoltés dans l'horizon : *Pseudammatoceras* gr. *brancoi* (PRINZ), *Hammatoceras ? cf. tipperi* SEYED-EMAMI (pl. 21, fig. 8) et le rare *Erycites* aff. *subquadratus* GECZY (pl. 21, fig. 7).

E - AALENIEN : L'apparition du genre *Leioceras* signe la limite formelle entre les étages Toarcien et Aalénien.

Zone à Opalinum (fig. 316) :

Sous-zone à Opalinum :

- **Horizon à Leioceras subglabrum :** L'horizon, caractérisé par le premier *Leioceras, L. subglabrum* (BUCK.), est impossible à séparer dans les Pyrénées de l'horizon à Opalinum sus-jacent (Ouest du Sant Jordi – Camarasa, niv. 14).
- **Horizon à Leioceras opalinum** : Il est fréquemment identifié dans le domaine pyrénéen par ses faunes oligospécifiques de *Leioceras* gr. *opalinum* (REIN.) (incluant les morphotypes *L. opaliniforme* BUCK. et *L. lineatum* BUCK.). *Pseudammatoceras* gr. *subinsigne* (OPPEL) y est souvent présent (Les Justices, niv. 8, à Névian ; Alòs de Balaguer, niv. 16 ; Pic de Merdanson, niv. 40 ; Chapoénéa, niv. 20, à Lecumberry).

Sous-zone à Bifidatum : Elle n'est bien développée que dans les Pyrénées basques où *Leioceras* gr. *comptum* (REIN.) et *L. (Cylicoceras) uncinatum* BUCK. sont fréquents avec *Tmetoceras* gr. *scissum* (Chapoénéa, niv. 25, 27, 35). Malgré l'absence de perturbation sédimentaire apparente à la base du Dogger, aucun témoin de la sous-zone n'est identifié dans les Corbières orientales.

Zone à Murchisonae (fig. 316) :

Sous-zone à Haugi : *Ancolioceras subacutum* (BUCK.) en est le seul témoin dans les Corbières orientales (Le Mont-Grand, niv. 4, à Bizanet).

Sous-zones à Murchisonae : Quelques rares *Ludwigia* gr. *murchisonae* la caractérisent dans les Corbières orientales.

Zone à Bradfordensis (fig. 316) : *Brasilia* gr. *bradfordensis* est rarement présente dans les Pyrénées basques.

Zone à Concavum (fig. 316) : *Graphoceras concavum* (SOW.) et son équivalent microconque *G. (Ludwigella)* gr. *cornu* BUCK. en sont les seuls représentants (sous-zone à Concavum).

II - LES BRACHIOPODES

L'intérêt des brachiopodes en tant que marqueurs, outils de datation et de corrélations biostratigraphiques, a été souligné et testé dans les Pyrénées franco-espagnoles (Y. ALMERAS et Ph. FAURE, 1990, 2000).

Nous avons pu vérifier que les assemblages de brachiopodes s'intégraient parfaitement dans l'ensemble faunique nord-téthysien occidental et que les formes prédominantes étaient celles qui caractérisaient le "faciès espagnol" de CHOFFAT (1880) et G. DUBAR (1931), ensemble bien délimité correspondant à la "bioprovince ibérique" telle qu'elle est individualisée par J.-H. DELANCE (1969, 1972) et maintes fois décrite dans la Péninsule ibérique (A. GOY *et al.*, 1984 ; Y. ALMERAS *et al.*, 1996) et en Provence (Y. ALMERAS et G. MOULAN, 1982).

L'examen des populations de brachiopodes des Pyrénées a conduit à distinguer trois domaines paléogéographiques caractérisés par leurs associations d'espèces et/ou par la fréquence plus ou moins grande de certains taxons à des niveaux stratigraphiques divers (Y. ALMERAS et Ph. FAURE, 1990, 2000). On peut ainsi reconnaître :

- **Un domaine ibéro-pyrénéen** exprimé, sur le versant sud des Pyrénées (Zone Sud-pyrénéenne, Sierras Marginales, Zone de Pedraforca et Nappes du Alt Empordà) et, sur le versant nord de la Chaîne, dans les Pyrénées centrales, entre le cours de l'Aude à l'Est, et le Gave d'Aspe à l'Ouest (Ariège, Comminges et Béarn). Ce vaste domaine est largement ouvert sur le bassin ibérique.

- **Un domaine basque** incluant la terminaison occidentale de la Chaîne pyrénéenne et les Cordillères Cantabriques. Il connaît la même évolution sédimentaire et environnementale que le bassin basco-cantabrique.

- **Un domaine languedocien** correspondant au Massif des Corbières, sous la dépendance du Bassin du Sud-Est de la France.

Les successions fauniques et l'extension verticale des différentes espèces de brachiopodes sont exposées dans les fig. 317 à 320, séparément dans chacun de ces trois domaines (les versants nord et sud pyrénéen du domaine ibéro-pyrénéen sont traités sur deux tableaux distincts).

La description de la biostratigraphie des brachiopodes de l'ensemble des Pyrénées a été longuement abordée dans une monographie spécialisée (Y. ALMERAS et Ph. FAURE, 2000) à laquelle nous renvoyons le lecteur. La biozonation du Lias pyrénéen proposée dans cet ouvrage est résumée ci-dessous. Elle est applicable (à l'exception du Carixien) à l'ensemble des marges nord et sud de la Téthys occidentale (fig. 322).

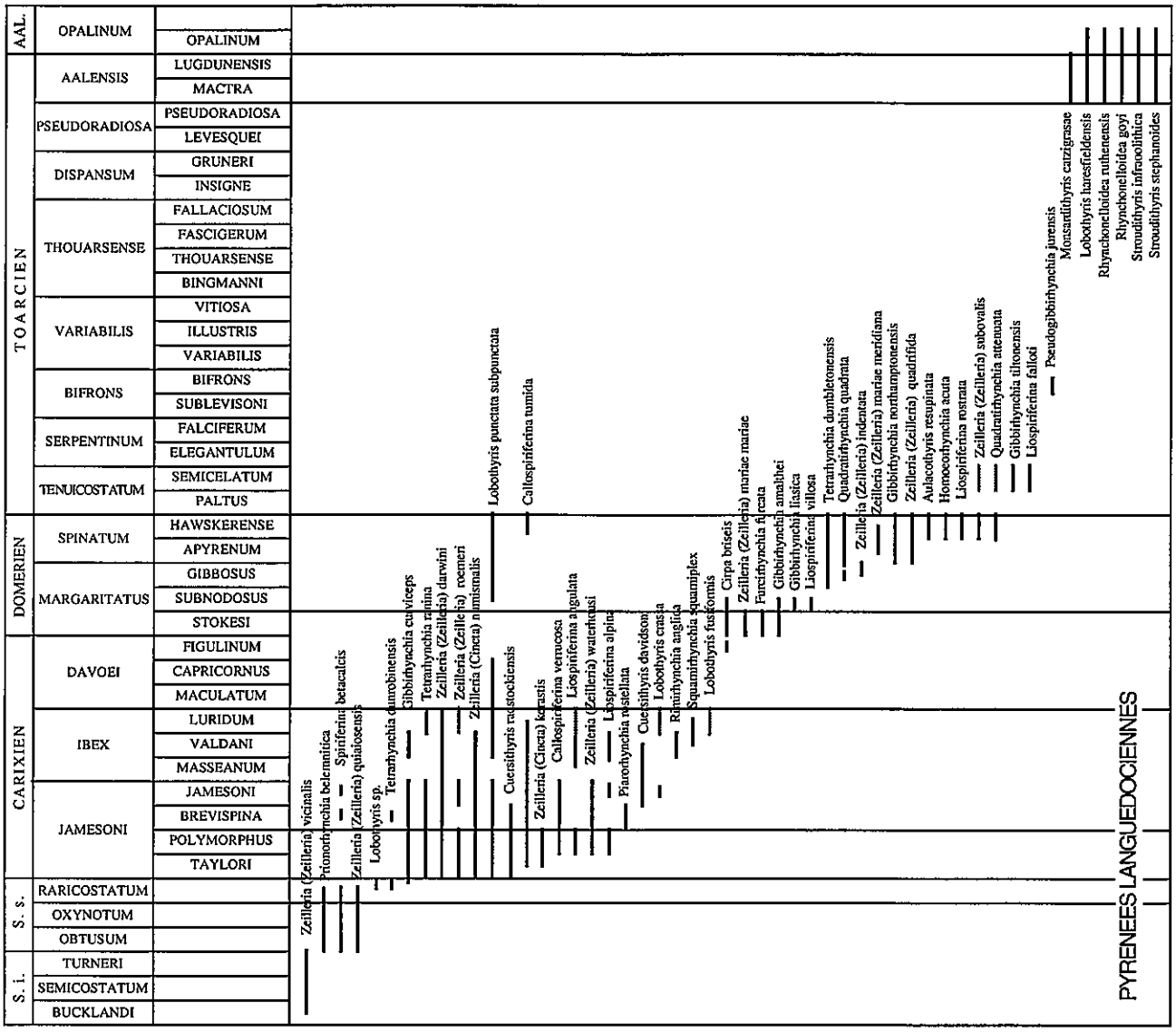


Fig. 317 : Tableau de répartition stratigraphique des brachiopodes dans les Pyrénées languedociennes.

Zone à Prionorhynchia belemnitica (Sinémurien) :

Zeilleria (*Z.*) ***vicinalis*** est le seul brachiopode livré, au Sinémurien inférieur, par la base de la Formation Hauts-de-Narbonne (coupe du Villa de Fargues) des Pyrénées languedociennes.

Spiriferina betacalcis et ***Prionorhynchia belemnitica*** caractérisent mieux les niveaux les plus élevés de la Formation Hauts-de-Narbonne des Corbières et du Comminges (coupe de Rebouc).

Tetrarhynchia dunrobinensis et *Z.* (*Z.*) ***quiaiosensis*** sont des éléments régulièrement reconnus dans la zone à Raricostatum des Corbières (environs de Narbonne).

Zone à Gibbirhynchia curviceps (Carixien, zone à Jamesoni à sous-zone à Capricornus) :

Après le dépôt des calcaires de plate-forme margino-littorale qui caractérisent le Lias inférieur, l'aire de sédimentation montre dès le Carixien inférieur une large ouverture marine et les faunes de brachiopodes se diversifient nettement. Durant cette période, l'évolution des peuplements obéit à la loi des "niveaux-repère", véritables biostromes à faune riche, mais oligospécifique, dont l'extension géographique, souvent étendue à l'ensemble de l'aire pyrénéenne, permet d'intéressantes corrélations biostratigraphiques.

- **Niveau-repère à *Gibbirhynchia curviceps* :** Il marque, par convention, la base du Pliensbachien (sous-zone à Taylori) dans les Pyrénées languedociennes et les Sierras Marginales. *Lobothyris punctata subpunctata* et *Tetrarhynchia ranina* leur sont régulièrement associées.
- **Niveau-repère à *Cuersithyris radstockiensis* :** Il fournit un excellent repère de la sous-zone à Polymorphus, étendu à l'ensemble des Pyrénées languedociennes, aux Pyrénées ariégeoises (couverture de l'Arize), aux Pyrénées basques (Arbailles) et aux Pyrénées méridionales (Sierras Marginales).
- **Niveau repère à *Cuersithyris davidsoni* :** L'espèce est présente de la sous-zone à Jamesoni à la sous-zone à Valdani.
- **niveau-repère à *Lobothyris fusiformis, L. crassa et L. punctata subpunctata* :** Il s'étend des Corbières méridionales à l'ensemble des Pyrénées centrales (à l'Est de la vallée de la Garonne) et à la totalité des Pyrénées méridionales, à l'Est de la Noguera Pallaresa où il s'échelonne de la sous-zone à Luridum à la sous-zone à Maculatum.

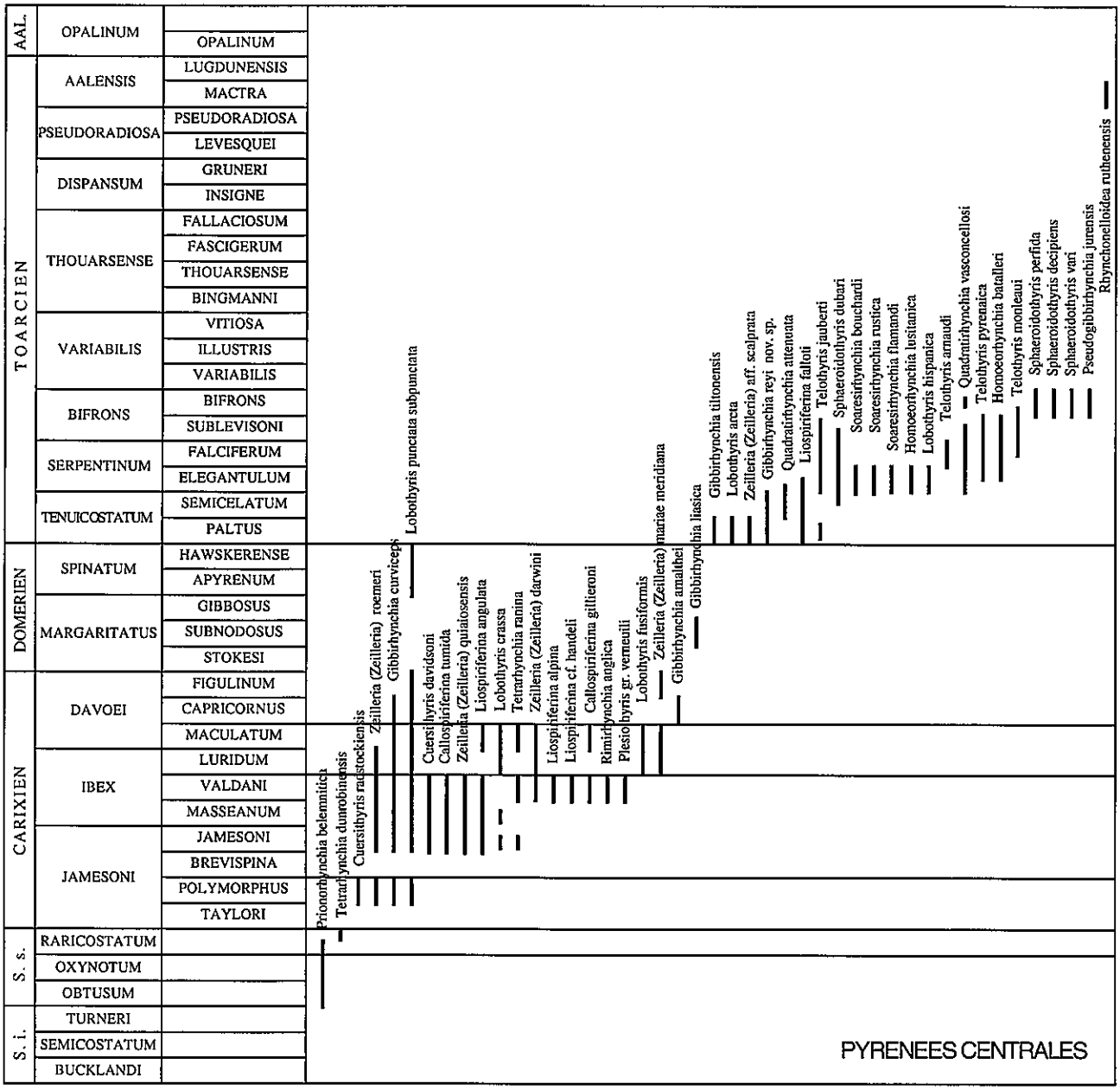


Fig. 318 : Tableau de répartition stratigraphique des brachiopodes dans les Pyrénées centrales.

La sous-zone à Capricornus est une période charnière, généralement assez pauvre en brachiopodes, qui renferme les derniers *Gibbirhynchia curviceps* et précède l'apparition de *Cirpa briseis*. Les premiers *Gibbirhynchia amalthei* y sont rarement observés dans les Pyrénées languedociennes et méridionales.

Zone à Cirpa briseis (Carixien, sous-zone à Figulinum à Domérien inférieur, sous-zone à Stokesi) :

- **Association à *Cirpa briseis, Gibbirhynchia amalthei* et *Furcirhynchia furcata* :** Elle permet de bien caractériser les sous-zones à Figulinum et à Stokesi des Pyrénées languedociennes. Cette période connaît une forte différenciation paléogéographique entre les sous-domaines.

  Les Pyrénées méridionales voient en effet, durant la sous-zone à Stokesi, le développement d'un nouveau **niveau-repère** à *Lobothyris lata* dans lequel ce brachiopodes s'associe à *Tetrarhynchia terahedra* et à des zeilleriidés nombreux *(Zeilleria (Z.) sarthacensis, Z. (Z.) wurttembergica, Zeilleria (Z.) peybernesi, Z. (Z.). mariae meridiana* et *Plesiothyris verneuili*).

Zone à Gibbirhynchia liasica (Domérien moyen, sous-zone à Subnodosus et à Gibbosus) :

La généralisation des faciès terrigènes marquent dès la base du Domérien moyen, le maximum d'approfondissement du domaine de sédimentation. Les brachiopodes sont partout plus rares et de petite taille.

- ***Gibbirhynchia liasica*** est accompagné de *Spiriferina villosa* et des derniers *Cirpa briseis*.

Zone à Quadratirhynchia quadrata et Zeilleria (Zeilleria) quadrifida (Domérien supérieur, zone à Spinatum) :

Le comblement relatif du bassin et l'apparition de dépôts plus carbonatés de milieu moins profond, agité et bien oxygéné, assurent une nouvelle diversification généralisée des peuplements en même temps qu'une uniformisation de la répartition spatiale des peuplements.

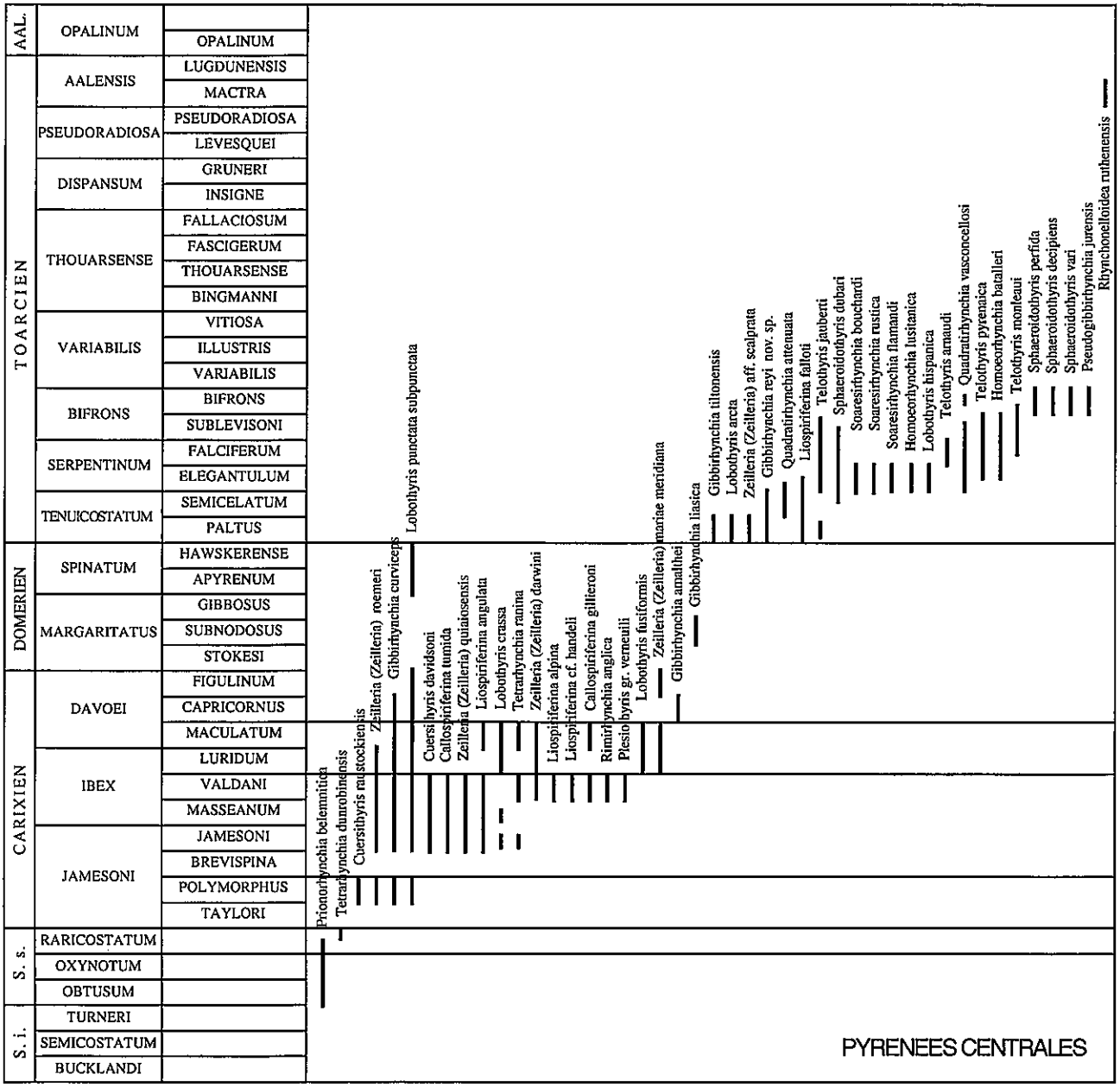


Fig. 319 : Tableau de répartition stratigraphique des brachiopodes dans les Pyrénées méridionales.

- **L'association *Quadratirhynchia quadrata* et Z. (Z.) *quadrifida*** apparaît la plus représentative de cette période qu'il n'est pas possible de subdiviser. Les *Lobothyris punctata subpunctata* réapparaissent en nombre, avec, pour l'essentiel, *Gibbirhynchia dumbletonensis, G. northamptonensis* et des zeilleriidés comme *Zeilleria (Z.) indentata, Z. (Z.) maria meridiana* et *Aulacothyris resupinata*. Dans les Corbières les *Z. (Z.) quadrifida* se regroupent fréquemment en un niveau-repère, au sommet de la Barre à pecten (sous-zone à Hawskerense).

Zone à Liospiriferina falloti et Aulacothyris iberica (Toarcien inférieur, zone à Teniocostatum) :

- **L'association *Liospiriferina falloti, Aulacothyris iberica*** est une constante du Toarcien basal du domaine pyrénéen. *Lobothyris arcta, Quadratirhynchia attenuata, Gibbirhynchia reyi* et *G. tiltonensis* leur sont généralement associées.

  Gibbirhynchia tiltonensis, seule, caractérise plus particulièrement les faciès schiste carton de la zone à Tenuicostatum des Pyrénées basques.

Zone à Homoeorhynchia batalleri et Telothyris jauberti (Toarcien, zone à Serpentinum à sous-zone à Sublevisoni) :

Les espèces-indice sont présentes sur toute la durée de la zone. On peut cependant séparer deux périodes caractérisées par l'acmé des associations suivantes :

- ***Soaresirhynchia bouchardi*** associé à des formes affines comme *S. rustica, S. flamandi* et *S. babtisrensis,* particulièrement abondantes durant la sous-zone à Elegantulum.
- **L'association *Telothyris jauberti, T. pyrenaica* et *Homoeorhynchia batalleri*** est présente pendant les sous-zones à Falciferum et à Sublevisoni avec les espèces suivantes : *Lobothyris hispanica, Sphaeroidothyris dubari, T. arnaudi, T. monleaui* et *Quadratirhynchia vasconcellosi*. Ce repère est valable, sur le versant nord des Pyrénées à l'Est du méridien du Vert de Barlanes (massif du Sudou). L'absence de dépôt durant cette période ne permet aucun jalon dans l'ensemble des Pyrénées languedociennes.

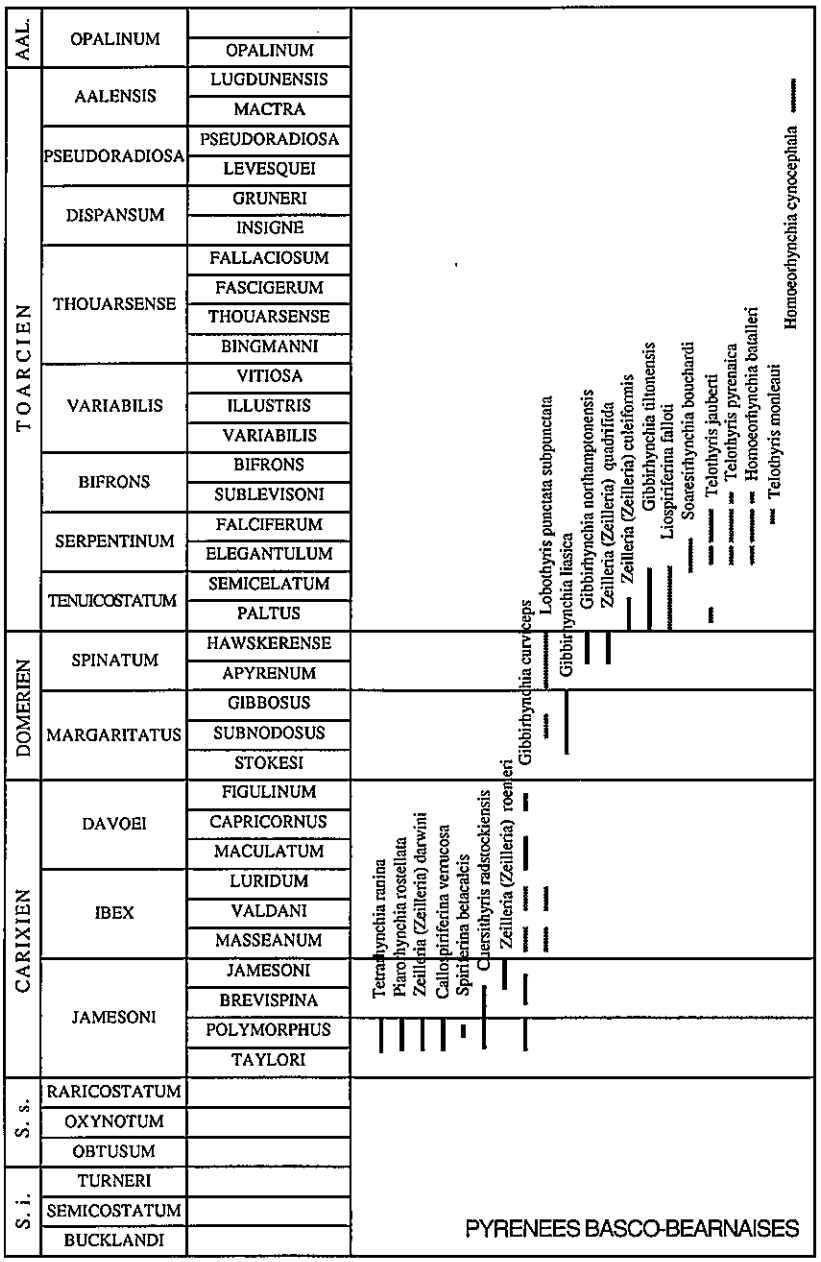


Fig. 320 : Tableau de répartition stratigraphique des brachiopodes dans les Pyrénées basco-béarnaises.

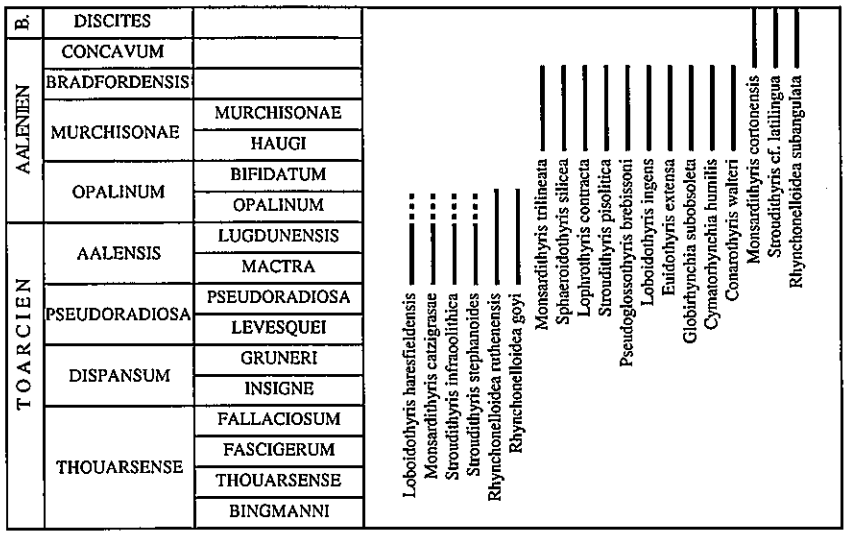


Fig. 321 : Tableau de répartition stratigraphique des brachiopodes du Toarcien supérieur et de l'Aalénien des Pyrénées.

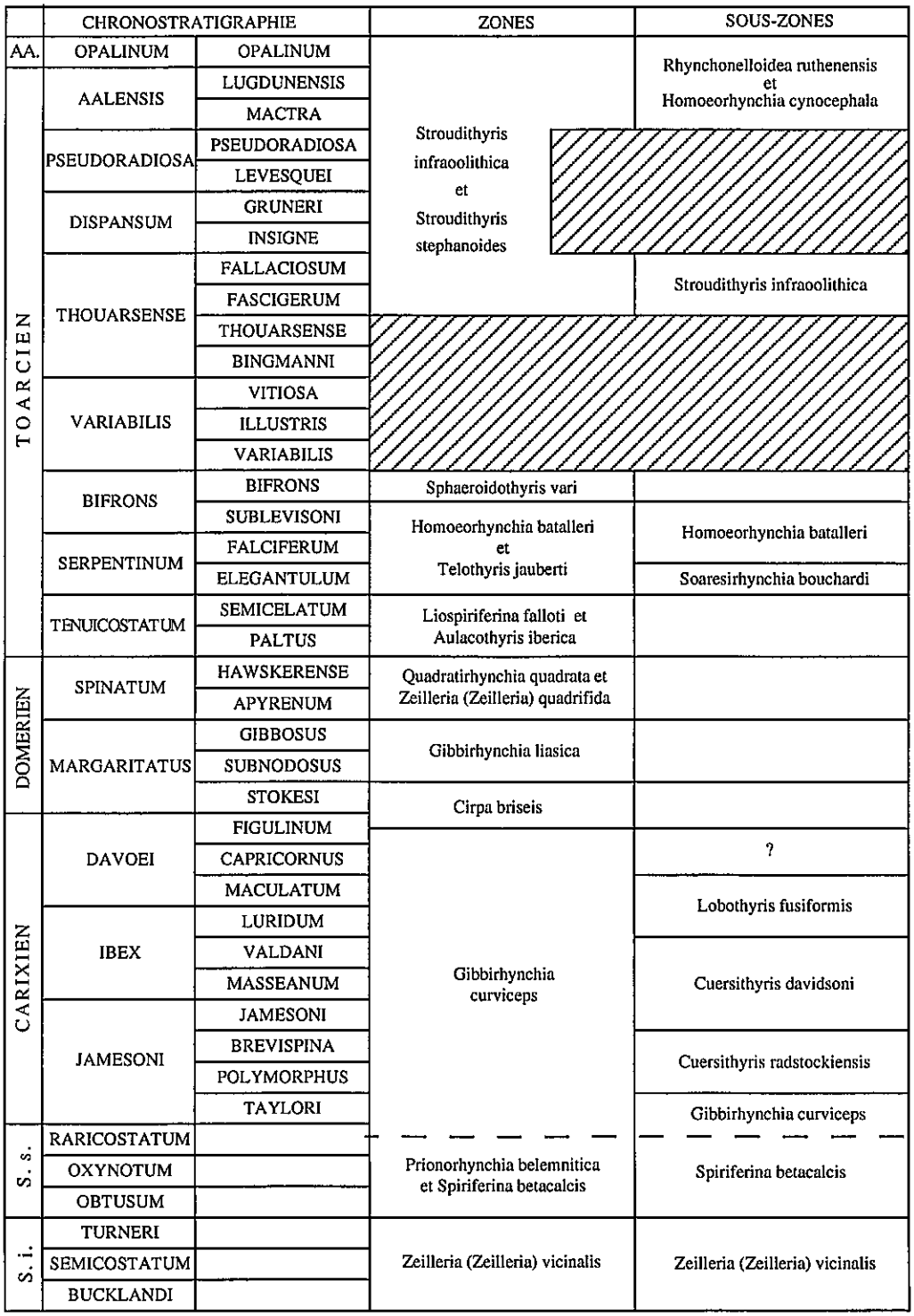


Fig. 322 : Zonation du Lias pyrénéen par les brachiopodes (Y. ALMERAS et Ph. FAURE, 2000).

- *Sphaeroidothyris perfida* s'ajoute à ces espèces à partir de la sous-zone à Sublevisoni.

Zone à Sphaeroidothyris vari (Toarcien moyen, sous-zone à Bifrons) :

- **Le niveau-repère à *Sphaeroidothyris* gr. *decipiens - vari - perfida*** est étendu, durant la seule sous-zone à Bifrons, à l'ensemble des Pyrénées centrales (Ariège, Comminges oriental) et à la Zone Sud-pyrénéenne (Zone de Pedraforca, Haut-Aragon). Ailleurs, on observe un net appauvrissement des populations de brachiopodes qui ne sont plus représentées que par *Pseudogibbirhynchia jurensis* (Sierras Marginales). Ils sont totalement absents dans les Pyrénées basco-béarnaises.

Les brachiopodes seront absents dans la totalité du domaine pyrénéen durant la sous-zone à Variabilis. A partir du sommet de la sous-zone à Thouarsense, quelques exemplaires isolés sont présents dans les dépôts de l'Intervalle condensé du versant sud des Pyrénées, permettant quelques jalons :

Zone à Stroudithyris infraoolitica et Stroudithyris stephanoides (Toarcien supérieur, sous-zones à Fascigerum (?) - Fallaciosum à sous-zone à Mactra) :

- ***Stroudithyris infraoolitica*** **et** ***Soaresirhynchia renzi*** dans la sous-zone à Fallaciosum (Turbón, Alt Empordà).

- ***Pseudogibbirhynchia sp.*** dans la sous-zone à Levesquei de la Zone de Pedraforca.

La zone à Pseudoradiosa, avec son faciès de marnes noires, n'est, à nouveau, pas favorable à la vie benthique et à la présence des brachiopodes. Avec le dépôt de l'Assise à Gryphées et des assises de transition avec la plate-forme carbonatée du Dogger, les conditions paléoécologiques sont à nouveau favorables à l'établissement d'abondantes communautés de brachiopodes (Y. ALMERAS et Ph. FAURE, 2000b) (fig. 321) :

Zone à Rhynchonelloidea ruthenensis et Homoeorhynchia cynocephala (Toarcien supérieur, zone à Aalensis à Aalénien inférieur, zone à Opalinum) :

- ***Rhynchonelloidea ruthenensis*** **et** ***Homoeorhynchia cynocephala*** sont partout abondants, de la zone à Aalensis à la zone à Opalinum. Quelques térébratulidés comme *Lobothyris havesfieldensis, Stroudithyris stephanoides* et *Monsardithyris catzigrazae* leur sont généralement associés.

La sous-zone à Bifidatum n'a pas livré de brachiopode dans le domaine pyrénéen. A partir de la zone à Murchisonae, se généralisent dans les Pyrénées centrales des environnements de plate-forme carbonatée peu profonde, plus ou moins médio-littorale. Dans les Corbières orientales (Lobe de Bizanet), les faciès relativement ouverts de la Formation Bouquignan fournissent plusieurs niveaux-repère de brachiopodes (fig. 321) :

Zone à Pseudoglossithyris brebissoni et Monsardithyris trilineata (Aalénien moyen, zone à Murchisonae) :

- ***Monsardithyris trilineata*** est surtout abondant dans deux niveaux-repère de la partie inférieure de la Formation Bouquignan des Corbières, en association avec *Euidothyris extensa, Lophrothyris contracta, Sphaeroidothyris silicea, Stroudithyris pisolitica, Pseudoglossothyris bressoni, Loboidothyris ingens, Globirhynchia subobsoleta* et *Cymatorhynchia humilis.*

  Conarothyris walteri apparaît dans la partie haute de la zone à Murchisonae des Arbailles (Pyrénées basques).

Zone à Conarothyris opima (Aalénien supérieur, zone à Concavum à zone à Discites) :

- ***Rhynchonelloidea subangulata,*** seule ou associée à *G. subobsoleta, S. pisolitica et Monsardithyris* (?) *latilingua.*
- ***Monsardithyris cortonensis*** caractérise bien le sommet de la Formation de Bouquignan avec *M.* (?) *latilingua* et *G. subobsoleta* (sommet de zone à Concavum à zone à Discites). Il abonde, également, dans un niveau-repère qui signe la base du Membre du Sant Jordi (Formation Santa Linya) des Sierras Marginales méridionales.

III - LES BIVALVES

Ils ont été autrefois abondamment illustrés, mais n'ont pas fait l'objet de révision récente. Ces excellents marqueurs des paléoenvironnements ne présentent qu'une valeur biostratigraphique à caractère local **(fig. 323-324).**

1 - <u>L'Hettangien</u> est, par l'extension des milieux de plate-forme interne évaporitique, peu favorable à la vie benthique. Les calcaires ont cependant livré à la base de la série liasique (Formation Arize) des associations de lamellibranches d'environnement marin restreint légèrement sursalé à *Atreta intustriata, Liostrea sublamellosa, Eotrapezium germanii* et *E. porrectum. Chlamys (C.) valoniensis*, seul pectinidé ayant une réelle valeur stratigraphique, est signalé par G. DUBAR (1925) au "passage Rhétien-Hettangien" de l'Ariège.

Nous rappelons que des calcaires homologues de la Formation Arize livrent dans le Quercy une faunule ne contenant pas d'*Eotrapezium* (S. FREINEX et R. CUBAYNES, 1984), qui se corrèle bien avec la faune hettangienne du Bassin parisien, grâce notamment aux *Cuneigervillia (C. rhombica et C. hagenowi)* et à *Parallelodon hettangiensis.* L'abondance, par ailleurs, des *Pteromya (P. vaurensis* et *P. coxi)* rappelle une faune du même âge dans les Grands-Causses.

2 - <u>Le Sinémurien s. s.</u> calcaréo-dolomitique est peu fossilifère. Quelques *Entolium (E.) lunare* et *Pseudopecten* apparaissent dans les environnements de haute énergie du Sinémurien supérieur.

3 - <u>A partir du Lotharingien supérieur et du Pliensbachien</u> on assiste à un importante diversification des bivalves.

. **Les Ostreacées** : Leur valeur biostratigraphique a récemment été soulignée (*in* Synthèse Sud-Est de la France, 1984) : *Gryphaea (G.) cymbium* (forme étroite, très arquée, synonyme de *G. (G.) mccullochii*) et *G. (G.) regularis* (forme plus large et évasée) sont présentes en assez grand nombre de la zone à Raricostatum à la zone à Davoei, avec un pic de fréquence dans la sous-zone à Luridum, en particulier dans les niveaux lumachelliques du Pays Basque. A partir de la zone à Davoei, ces espèces sont progressivement relayées par *Gryphaea (G.) gigantea.* La Barre à Pecten des Pyrénées centrales comporte de nombreux lits lumachelliques d'une gryphée de petite taille, *Gryphaea (G.) dubari* (de BRUN et MARCELIN) (= *Gryphaea* cf. *calceola* ZIETEN *in* G. DUBAR, 1925).

. **Les Pectinacées** sont peu utilisables en raison de leur habituelle importante extension biostratigraphique. Leur valeur est surtout locale : *Chlamys (C.) textoria* et *Entolium (E.) lunare* sont présents du Lotharingien au Toarcien. *Pseudopecten (P.) aequivalvis* montre aussi une large répartition. Il est toutefois particulièrement abondant dans les Calcaires à chailles de la zone à Davoei de l'Ariège et, surtout, dans les calcaires du Domérien supérieur où il participe, avec *P. (P.) dentatus* (= *Pecten priscus* var. *dieulafeti* de DUBAR, 1925) à l'élaboration du lithofaciès Barre à Pecten. *P. (P.) acuticostatus* est surtout abondant dans le Carixien supérieur de l'Ariège. *P. (P) veyrasensis* est rarement rencontré dans la zone à Davoei. *Camptonectes (C.) subulatus*, forme à longue extension stratigraphique habituelle (L.A. JOHNSON, 1984), n'est représenté que dans la zone à Davoei et la sous-zone à Stokesi [plusieurs exemplaires provenant de Camarasa sont figurés par S. CALZADA (1979) sous le taxon *Pleuronectites freinexi* n. sp.].

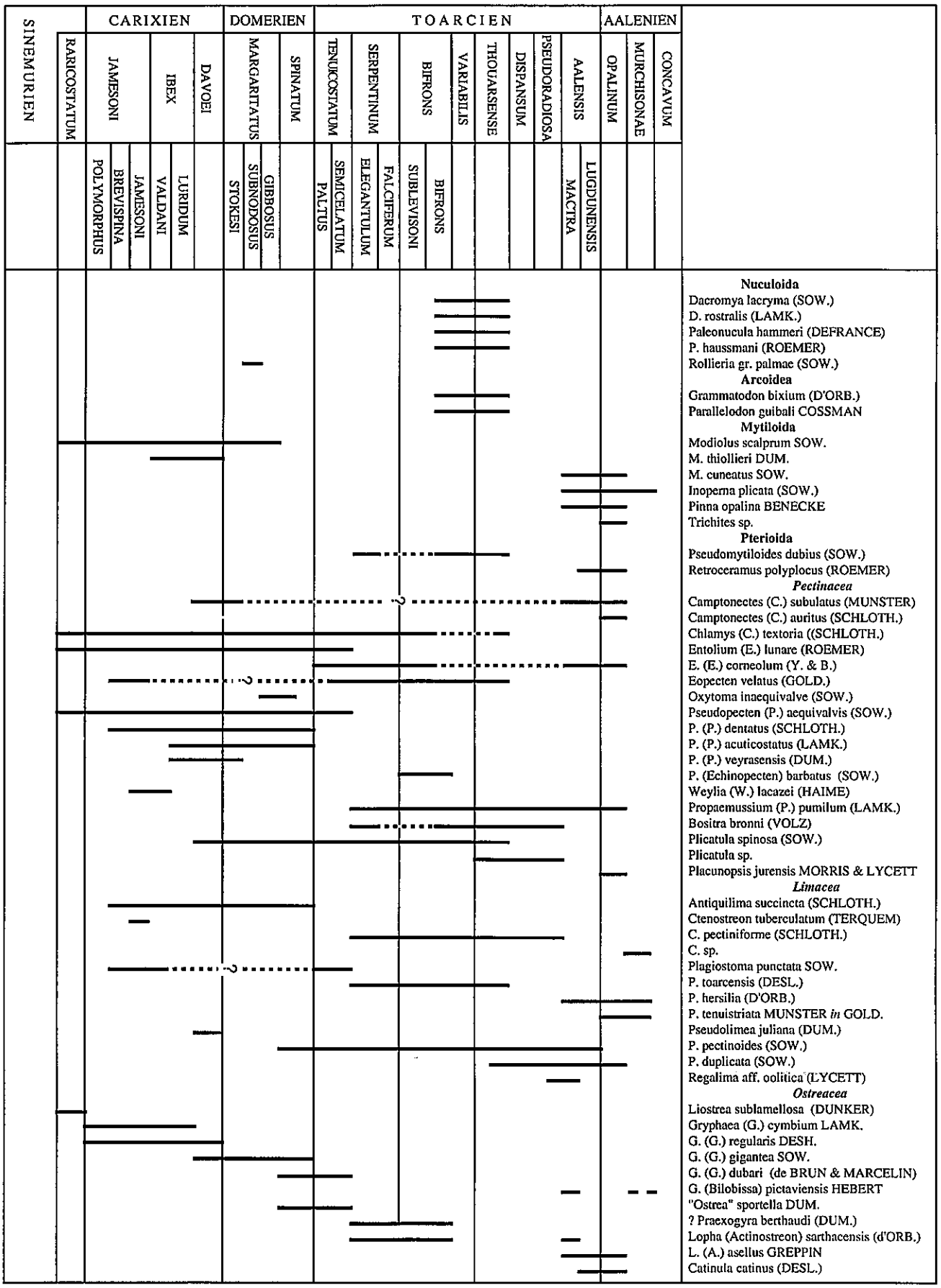


Fig. 323 : Tableau de répartition stratigraphique des bivalves dans le Lotharingien supérieur, le Pliensbachien, le Toarcien et l'Aalénien des Pyrénées.

Weyla (W.) lacazei semble présenter une certaine valeur stratigraphique puisque l'espèce n'est connue que dans les sous-zones à Jamesoni et à Valdani de l'Ariège et de la Zone Sud-pyrénéenne (Pont de Suert). *Plicatula spinosa* est assez abondant du Carixien moyen (sous-zone à Luridum) au Toarcien inférieur. *Oxytoma inaequivalve*, n'a été identifié que dans la sous-zone à Gibbosus des Corbières où il s'accumule en plusieurs niveaux lumachelliques.

. **Les Limacées** sont toujours présents en petit nombre : *Antiquilima succincta* et *Plagiostoma punctata* durant tout le Pliensbachien et *Ctenostreon tuberculatum* dans la seule sous-zone à Jamesoni des Pyrénées méridionales (Coll de Port, Camarasa). *Pseudolimea pectinoides* apparaît dans le Domérien supérieur.

. **Les Pholadomyoida** : Leur abondance est liée à la nature du faciès. On distinguera en particulier :

- des faciès à *Pleuromya* correspondant aux dépôts plus ou moins condensés des zones à Ibex et à Davoei des deux versants de la chaîne, également caractérisés par l'abondance des *Lobothyris* et des *G. (G.) regularis*. Nous regroupons l'espèce la plus représentée sont le taxon *Pleuromya aequistriata* AGASSIZ [cette forme très variable, à costulation concentrique bien marquée, est vraisemblablement synonyme de *P. costata* (Y. & B.), de *P. rotundata* (PHILL.) et de *P. jauberti* DUM.]. Des formes affines non costulées comme *P. meridionalis* et *P. galathea* l'accompagnent parfois. *Pleuromya unioides* apparaît dans la sous-zone à Subnodosus.

- des faciès à *Pholadomya*, particulièrement exprimés par l'abondance de *Pholadomya ambigua* dans la zone à Jamesoni des Corbières (Membre de la Blanquière) et de la Zone Sud-pyrénéenne (Membre des Calcaires marneux à Pholadomyes).

. **Les Mytiloida** *Modiolus scalprum* et *M. thiollieri* les accompagnent le plus souvent.

. Les autres groupes de bivalves sont peu représentés. Nous citerons l'abondance de *Mactromya cardioides* (*Veneroida*) dans le Carixien des Corbières et dans les faciès terrigènes de la zone à Davoei de l'Ariège (Membre du Pech de Foix) et la présence de plusieurs *Nuculoida* dans les dépôts marneux du Domérien moyen (*Rollieria* gr. *palmae*, *Palaeonucula*).

4 - **Au Toarcien**, le renouvellement des faunes est généralement déterminé par l'approfondissement des milieux de dépôt et par l'apparition d'une sédimentation plus terrigène. Lorsque les faciès de plate-forme ouverte peu profonde subsistent dans le Toarcien (Pyrénées centrales et méridionales), plusieurs espèces pliensbachiennes peuvent toutefois persister dans la zone à Tenuicostatum.

. **Les Pectinacées** : La limite Domérien – Toarcien est franchie par *Pseudopecten (P.) aequivalvis*, *Eopecten velatus* et *Entolium (E.) lunare*, espèces encore présentes durant la zone à Tenuicostatum, et par *Chlamys (C.) textoria*, encore identifiée dans la zone à Thouarsense. *E. (E.) corneolum* et *Camptonectes (C.) subulatus* atteignent les zones à Aalensis et à Opalinum où elles sont relayées par *C. (C.) auritus*.

Propaemussium (P.) pumilum apparaît le pectinidé le plus représentatif du Toarcien ouest-européen. Il apparaît dès la base de la zone à Serpentinum et est encore abondant dans l'Aalénien inférieur. *P. (Echinopecten) barbatus* n'est, par contre, identifié que dans le Toarcien moyen sud-pyrénéen.

Bositra bronni caractérise (avec *Pseudomytiloides dubius*) les sédiments euxiniques de l'épisode des Schistes carton (zone à Elegantulum des Corbières) et les schistes de la Formation Saint-Girons (zones à Dispansum et à Pseudoradiosa). *Plicatula spinosa* est fréquent durant tout le Toarcien inférieur et moyen. Au Toarcien supérieur, il est relayé par *Plicatula* sp.

. **Les Ostreacées** : *Gryphaea dubari* et "*Ostrea*" *sportella* sont les seules formes pliensbachiennes à persister dans la base de la zone à Tenuicostatum. ?*Praexogyra berthaudi* et *Lopha sarthacensis* sont fréquentes dans les zones à Serpentinum et à Bifrons des Pyrénées centrales et méridionales où elles accompagnent les brachiopodes du "biofaciès ibérique".

Avec le retour de conditions trophiques favorables, les Gryphées réapparaissent particulièrement abondantes à la fin du Toarcien constituant, dans la seule sous-zone à Mactra, les peuplements monospécifiques particulièrement denses de l'Assise à Gryphées. La gryphée qui prolifère était assimilée à *Gryphaea (Bilobissa) sublobata* depuis A. LEYMERIE (1881) et, surtout, depuis les travaux de DUBAR (1924a, 1925). L'espèce pyrénéenne s'en démarque toutefois par une variabilité différente (espèce plus étroite à lobe latéral moins évasé et stade juvénile costulé sur environ 50% des individus). Elle est attribuée par U. BAYER *et al.* (1985) à *G. (B.) pictaviensis* [le taxon *G. (B.) sublobata* étant réservé aux *Bilobissa* larges qui s'épanouissent dans le Bajocien inférieur anglais]. Il semble toutefois que les populations les plus caractéristiques de *G. (B.) pictaviensis* proviennent des Sierras Marginales. Les populations languedociennes et centro-pyrénéennes renferment un nombre non négligeable d'individus dont la forme évasée rappelle effectivement *G. (B.) sublobata*. Enfin, dans les confins occidentaux du Montsec (Montsec d'Ares, Montsec de l'Estall), les gryphées, de plus petite taille, en raison de conditions paléoécologiques différentes (fonds plus envasés et plus profonds), présentent aussi un stade costulé plus long qui les rapprochent de *G. (B.) beaumonti* (ce taxon, fréquemment cité dans les Pyrénées par G. DUBAR et G. ASTRE, est actuellement réservé aux gryphées de l'Aalénien inférieur du Poitou).

A partir de la sous-zone à Lugdunensis (Corbières orientales, Sierras Marginales) *G. (B.) pictaviensis* est relayée par *Catinula catinus*. Quelques exemplaires sont encore récoltés dans la zone à Murchisonae des Corbières.

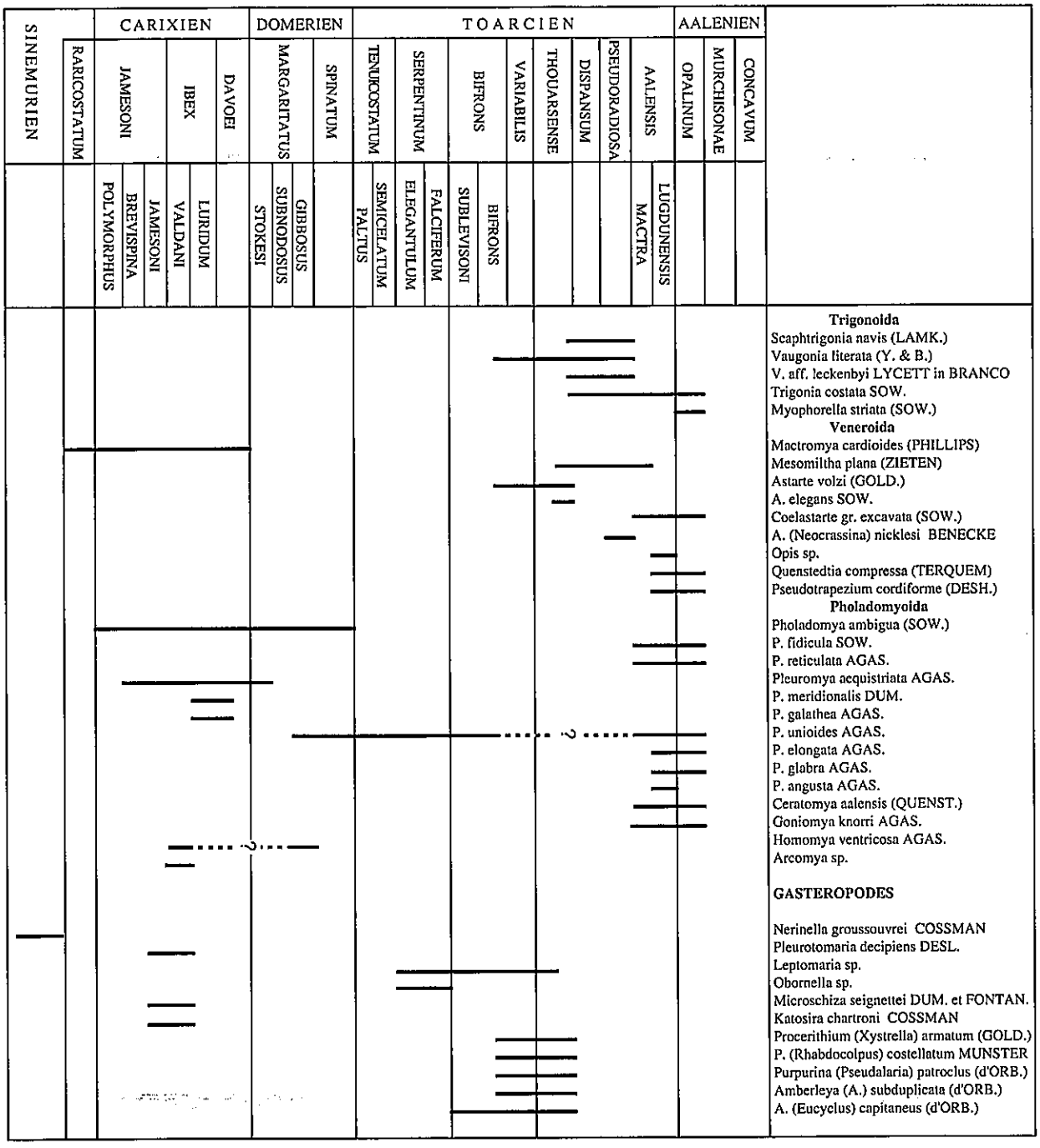


Fig. 324 :Tableau de répartition stratigraphique des bivalves (suite) et des gastéropodes dans le Lotharingien supérieur, le Pliensbachien, le Toarcien et l'Aalénien des Pyrénées.

. **Les Limacées** comme *Plagiostoma punctata* et *Pseudolimea pectinoides* traversent la limite Domérien - Toarcien. La dernière espèce est fréquente, avec *P. duplicata,* dans les sédiments marneux du Toarcien moyen – supérieur des Corbières (Formation Bizanet). *Plagiostoma toarcensis* est abondante de la zone à Bifrons à la zone à Thouarsense, en particulier sur les fonds légèrement indurés de l'Intervalle condensé intra-toarcien des Pyrénées centrales et méridionales (zone à Thouarsense). Elle est relayée, au Toarcien terminal et à l'Aalénien, par une espèce voisine : *P. hersilia. Ctenostreon pectiniforme* montre une répartition sensiblement identique, atteignant toutefois la zone à Pseudoradiosa. *Plagiostoma tenuistriata* est assez courant dans l'Aalénien inférieur.

. **Les Mytiloida** (*Modiolus cuneatus, Inoperna plicata, Pinna opalina*) et les **Pholadomyoida** (*Pholadomya fidicula, P. reticulata, Pleuromya* gr. *unioides, P. elongata, Goniomya knorri, Ceratomya aalensis*) qui avaient pratiquement disparu durant le Toarcien réapparaissent abondants dans les faciès marno-carbonatés du passage Toarcien – Aalénien avec divers bivalves dont les plus abondants sont *Coelastarte excavata, Quenstedtia compressa* et *Pseudotrapezium cordiforme. Mesomiltha plana* est une espèce particulièrement abondante dans les dépôts terrigènes du Toarcien supérieur (zone à Pseudoradiosa) des Corbières (Mb. de Saint-Antoine) et du Montsec (Formation Alòs de Balaguer).

. **Les Trigonoida** apparaissent dans le Toarcien supérieur (zones à Dispansum et à Pseudoradiosa) avec *Scaphotrigonia navis* et divers *Vaugonia* (*V. literata, V.* aff. *leckenbyi* LYCETT in BRANCO, 1879). *Trigonia costata* est particulièrement répandue dans les couches de passage du Toarcien à l'Aalénien des Corbières.

. **Les Nuculoida** (*Palaeonucula, Dacromya*) et les **Arcoida** (*Parallelodon, Grammatodon*) sont abondants dans les sédiments marneux de la Formation Bizanet des Corbières (de la zone à Bifrons à la zone à Thouarsense). Ils partagent avec *Propaemussium (P.) pumilum, Pseudolimea pectinoides, Astarte volzi* et divers gastéropodes, le même environnement d'herbier sous-marin à fond vaseux.

IV - LES GASTÉROPODES

Ils ont très diversifiés au Lias moyen – supérieur, mais apparaissent très peu représentés dans le domaine pyrénéen. Leur présence se limite :

Au Sinémurien terminal où *Nerinella groussouvrei* est assez abondant dans les dépôts de plate-forme carbonatée des Pyrénées centrales.

Au Carixien inférieur où quelques éléments endémiques comme *Microschisa seignettei* sont présents dans la seule sous-zone à Jamesoni de l'Ariège et de la Zone de Pedraforca.

Au Carixien moyen, dans les Corbières orientales, où le Membre de Quillanet est caractérisé par l'abondance des moules internes phosphates de Pleurotomariidés (*Ptychomphalus*).

Au Toarcien inférieur, dans la Formation Col d'Estivère de l'Ariège où sont signalés divers Pleurotomaridés appartenant aux genres *Leptomaria* et *Obornella.*

Au Toarcien moyen – supérieur, dans les Corbières orientales, où les espèces *Amberleya subduplicata, A. (Eucyclus) capitaneus, Purpurina (Pseudalaria) patroclus et Procerithium (Xystrella) subarmatum* sont abondants dans la Formation Bizanet, avec les divers bivalves précédemment cités.

V - LES PETITS FORAMINIFÈRES BENTHIQUES

Nous exposons ici les résultats préliminaires d'une étude des foraminifères nodosariidés du Lias des Pyrénées menée, en collaboration, avec J.-P. NICOLLIN. Les échantillons étudiés proviennent des faciès les plus tendres du Lias moyen et supérieur. L'analyse micropaléontologique des faciès carbonatés de plate-forme proximale qui prédominent au Lias inférieur (Hettangien et Sinémurien) n'a pas été réalisée.

Cette étude a porté sur des échantillons provenant des Corbières orientales (Lobes de Bizanet et de Fontjoncouse), de l'Ariège (couverture de l'Arize entre Foix et de Saint-Girons) et du versant sud des Pyrénées (Sierras Marginales catalanes et secteur de Pont de Suert) (J.-P. NICOLLIN, 1992 ; J.-P. NICOLLIN *et al.*, 1993, 1994, 1997)(fig. 325-326). J.-P. NICOLLIN en a assuré le prélèvement, le traitement et la détermination. Nous reproduisons ici son texte, avec son autorisation.

A - CORBIÈRES

1 - PLIENSBACHIEN

Au Carixien inférieur, les sédiments terrigènes de la Formation Névian (Corbières orientales) ont livré les premiers foraminifères du Lias moyen (coupes de la Blanquière et de Quillanet). Les assemblages sont peu abondants et peu diversifiés : *Lenticulina gottingensis* mg *Lenticulina, L. matutina* mg *Marginulinopsis, L. pulchra* mg *Planularia, Marginulina* gr. *prima, Ichthyolaria sulcata, Dentalina terquemi,* et dans la fraction fine, *Lingulina tenera-pupa, Berthelinella paradoxa, Spirillina infima* et *Eoguttulina bilocularis.*

Au Carixien moyen, les foraminifères sont toujours aussi peu nombreux, mais le nombre d'espèces est plus important. Aux espèces précédemment citées, s'ajoutent : *L. varians* mg *Astacolus, L. inaequistriata* mg *Planularia, Ichtyolaria* gr. *major, Pseudonodosaria multicostata,* des dentalines lisses et des nodosaires ornées.

Au Carixien supérieur, les paléoenvironnements plus favorables permettent une bonne diversification des foraminifères benthiques dont les assemblages s'enrichissent de plusieurs nouvelles espèces : *Pseudonodosaria vulgata, Flabellina insignis,* différentes espèces de dentalines lisses (*Dentalina pseudocommunis, D. varians,...*), de nodosaires lisses (*Nodosaria regularis, N. simplex...*) ou ornées (*N. mitis, N. metensis, N. fontinensis, N. dispar,...*). A partir de la sous-zone à Maculatum, apparaissent *Lenticulina speciosa* mg *Marginulinopsis, Pseudonodosaria cylindracea* ainsi que des foraminifères à test agglutinant (*Haplophragmium sp., Ammodiscus siliceus, Annulina metensis).*

Domérien inférieur et moyen :

Sous-zone à Stokesi : Par leur richesse et leur diversité, les assemblages de foraminifères sont très proches de ceux du Carixien supérieur. *L. sublaevis* mg *Saracenaria* y fait une apparition précoce. Cette forme apparaît, en effet, généralement au Domérien supérieur. *Bolivina liasica,* marqueur habituel de la sous-zone à Stokesi, n'y est, par contre, pas rencontrée.

Sous-zones à Subnodosus et Gibbosus : Des modifications des paléoenvironnements ont des répercussions importantes sur les populations de foraminifères benthiques :

Les Nodosariidés régressent aux profit des formes arénacées (aux espèces présentes auparavant, s'ajoutent dans la fraction fine *Trochammina sp., Glomospira sp.* et quelques textulaires). *Haplophragmium sp.* et *Ammodiscus siliceus* dominent très nettement tous les assemblages au début du Domérien moyen. Plus tard, seul *A. siliceus* subsiste et constitue souvent l'unique espèce de taille supérieure à 250 microns.

Dès le début la sous-zone à Subnodosus se produit une diminution progressive de la diversité et de la taille des foraminifères (*Lenticulina inaequistriata* mg *Planularia L. speciosa* mg *Marginulina, Ichtiolaria* gr. *major, Dentalina terquemi, Pseudonodosari multicostata, P. cylindracea, Flabellina insignis, Eogluttulina bilocularis* pour les plus importants).

Il s'effectue un relais entre des espèces voisines comme, par exemple, *Lingulina tenera-pupa* et *L. carinata,*

Au Domérien supérieur, le lithofaciès carbonaté de la Barre à Pecten n'est pas propice à la récolte des foraminifères dégagés et aucune microfaune n'a pu être isolée des bancs marno-calcaires de transition de la sous-zone à Apyrenum.

2 - TOARCIEN

Le Toarcien inférieur est absent ou représenté par les faciès euxiniques, défavorables à la vie benthique, du membre des Schistes carton (pas de foraminifères).

Le Toarcien moyen (zones à Bifrons et Variabilis) marque un changement radical dans la composition des peuplements de foraminifères. La quasi-totalité des espèces du Lias moyen a disparu. Le renouvellement de la microfaune (avec l'avènement du genre *Citharina*) a eu lieu partout en Europe occidentale, au cours du Toarcien inférieur (zone à Tenuicostatum ou à Serpentinum selon les régions).

Dans la zone à Bifrons, les associations sont riches et relativement variées : *Lenticulina toarcense* mg *L., L. chicheryi* mg *L.* (morphogenres *Planularia* et *Falsopalmula* rares), *L. varians* mg *Astacolus, L. pennensis* mg *Marginulina, L. cordiformis* mg *Planularia, L. deslongchampsi* mg *Falsopalmula,* des citharines à costulation grossière (*Citharina longuemari, C. fallax, C. subaequilateralis, C. iberica,...*) ou à costulation fine (*C. colliezi, C. charollensis*), *Nodosaria obscura, N. fontinensis, Dentalina utriculata, Pseudonodosaria tenuis, Ichthylolaria hauffi, Epistomina sp., Thurammina jurensis, Bullopora rostrata* (foraminifère encroûtant),...

A partir de la zone à Variabilis, la diversité commence à diminuer ainsi que le nombre d'individus présents dans chaque assemblage.

Au Toarcien supérieur (zones à Thouarsense et Dispansum), ces phénomènes s'accentuent sauf pour certains niveaux où, en raison de conditions écologiques particulières, les assemblages sont dominés par une espèce présente en très grande abondance (*Reinholdella sp.* ou *Thurammina jurensis*).

Beaucoup d'espèces ont disparu comme pour les plus significatives, *L. pennensis* mg *M., D. utriculata, Ichtyolaria hauffi* et la plupart des citharines.

Au cours de la zone à Thouarsense, apparaissent en même temps *Haplophragmoïdes barrowiensis* (forme agglutinante) et *L. d'orbignyi* mg *L.*, qui parait relativement tardive ici et qui supplante progressivement *L. chicheryi* mg *L.*

La fin du Toarcien supérieur (zones à Pseudoradiosa et Aalensis) est marquée par le remplacement de *L. toarcense* mg *L.* par une autre espèce lisse du genre *Lenticulina s.s.*, intermédiaire entre *L. toarcense* mg *L.* et *L. münsteri* mg *L.* et par le "retour" des citharines à côtes fines (*Citharina colliezi*).

B - PYRÉNÉES MÉRIDIONALES

Les successions de peuplements de foraminifères du Lias moyen et supérieur du versant sud des Pyrénées méridionales présentent de grandes similitudes avec les Corbières. Le Toarcien inférieur y est ici par contre bien représenté. Les prélèvements ont pu débuter dans les faciès marno-calcaires du Carixien inférieur et moyen du secteur de Pont de Suert. Les coupes de l'Ametlla de Montsec et de Camarasa ont en outre été analysées (fig. 325-326).

1 - PLIENSBACHIEN

Au Carixien inférieur et moyen, la microfaune de foraminifères est assez peu abondante et diversifiée :

On y retrouve les assemblages des Corbières à *Lenticulina gottingensis* mg *L., L. matutina* mg *Marginulinopsis, L. inaequistriata* mg *Planularia, L. pulchra* mg P., *Ichtyolaria bicostata, I. sulcata,* quelques *Dentalina* gr. *terquemi-obscura. M. prima* n'est présente que dans la fraction fine (taille des individus inférieure à 250 microns). Dans celle-ci, on note également la présence de *Lingulina* gr. *tenera-pupa* et *Verneuilinoïdes mauritii.* Sont associées occasionnellement quelques individus appartenant aux genres *Ammodiscus, Eoguttulina* ou *Nodosaria* (formes ornées).

Au Carixien supérieur, les populations devient nettement plus abondantes et diversifiées :

Chez les foraminifères, *L. inaequistriata mg P.* a disparu (elle subsiste jusque dans le Domérien inférieur des Corbières). *L. pulchra mg P.* est encore présente et, semble-t-il, sous différents morphogenres (*Marginulinopsis, Lenticulina*). L'espèce régressera par la suite. *Marginulopsis prima* devient plus abondante et compte parmi ses représentants quelques individus de taille supérieure à 250 microns. Le nombre de spécimens en voie de déroulement (morphogenres *Astacolus, Marginulinopsis, Vaginulinopsis* et dans une moindre mesure *Planularia*) est en net accroissement.

Dans la fraction fine, apparaissent *L. speciosa* mg *M.*, des dentalines lisses (*Dentalina pseudocommunis,...*) et des nodosaires ornées (*Nodosaria fontinensis, N. mutabilis, N. metensis,....*). *Eoguttulina bilocularis* est présente dans tous les niveaux alors que *Verneuilinoïdes mauritii* devient très sporadique. *L. varians* mg *Astacolus,* apparue timidement au cours du Carixien moyen, se développe et se présente également sous les morphogenres *Planularia* et *Falsopalmula* (parfois de grande

taille). De tels individus sont alors très peu différents, respectivement de *L. cordiformis* mg *P.* et de *L. deslongchampsi* mg *F.*; il semblerait logique d'envisager un lien phylétique entre ces 3 espèces.

Par ailleurs, la remarquable diversification atteinte à cette période se traduit par la présence (en nombre cependant réduit) d'individus lisses des genres *Nodosaria* (*N. nitidana*), *Pseudonodosaria* (*P.* cf. *vulgata*) et *Vaginulina* (*Vaginulina sp.*).

Les foraminifères arénacés (Lituolidés) sont généralement rares et sporadiques dans le Carixien supérieur (avec quelques *Ammodiscus*, *Haplophragmium*, *Verneulinoïdes* et *Trochammina*) excepté à la fin de ce sous-étage (sous-zone à Figulinum) où *Haplophragmium sp.* devient plus abondant (espèce différente morphologiquement de celle des Corbières).

Le Domérien inférieur apparaît la période la plus favorable aux foraminifères benthiques ; le nombre d'espèces et la grande abondance des individus en sont les indices. Toutes les espèces citées au Carixien supérieur sont présentes et on note, comme dans les Corbières, l'apparition des premières *Lenticulina sublaevis* mg *Saracenaria*. Un autre point commun avec les Corbières est l'absence dans ces niveaux de *Bolivina liasica*.

Le Domérien moyen, inaugure une période beaucoup moins favorable aux microorganismes, leur richesse et leur diversité diminuent progressivement. Un tel phénomène semble général dans les Pyrénées : il est vraisemblablement en liaison avec un confinement des fonds marins (fort pourcentage en pyrite).

Ammodiscus siliceus est l'espèce qui supporte le mieux ces conditions réductrices ; elle va peu à peu devenir la seule forme présente au cours du Domérien moyen dans la fraction supérieure à 250 microns.

La majeure partie des espèces de Nodosariidés disparait. Celles qui subsistent voient le nombre et la taille de leurs représentants nettement réduits (adaptation au confinement). Il s'agit de *Marginulopsis prima*, *Ichtyolaria bicostata*, *I. sulcata*, *Lingulina* gr. *tenera-pupa*, *Lenticulina varians* mg *Astacolus* ainsi que quelques lenticulines lisses (difficilement déterminables) et des Eoguttulines (ces dernières tolèrent assez bien de telles conditions de milieu).

Le Domérien supérieur est marqué par l'installation de faciès d'une plate-forme externe carbonatée (Barre à Pecten) peu propice aux récoltes de microfaunes.

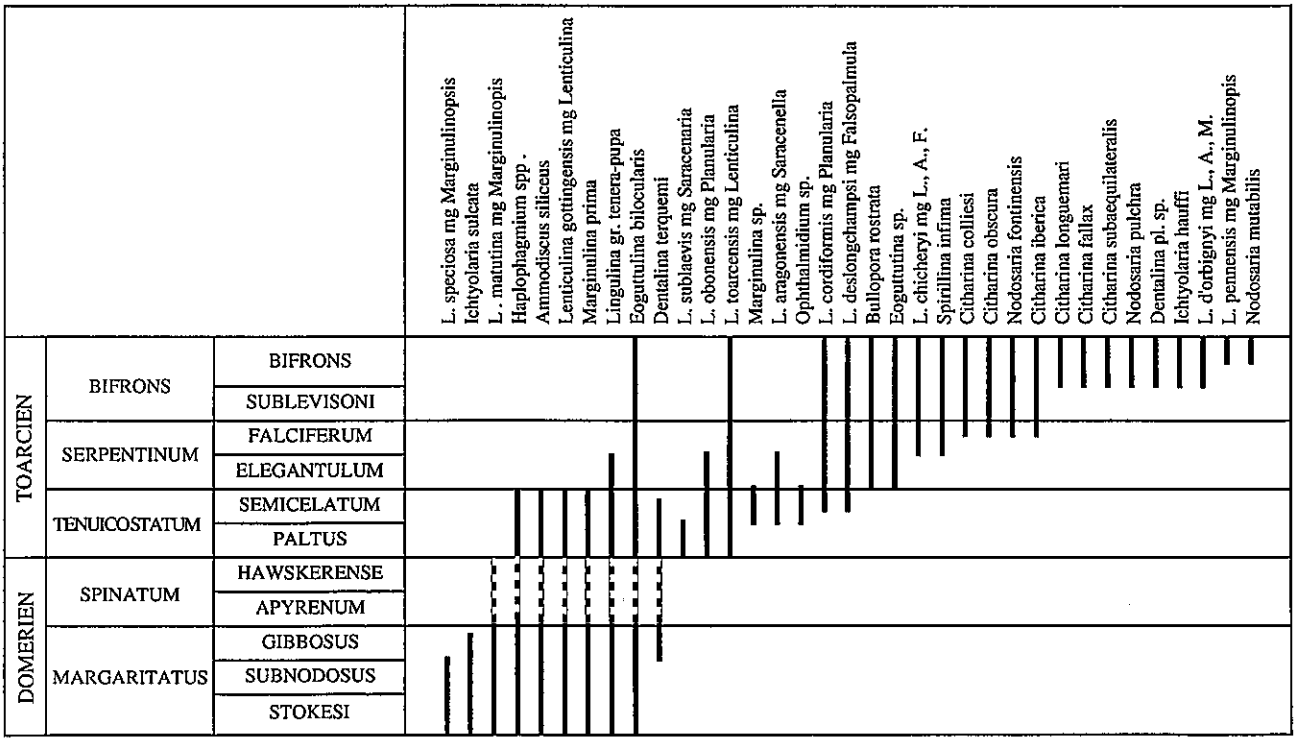


Fig. 325 : Tableau de répartition stratigraphique des principales espèces de foraminifères du Domérien moyen au Toarcien moyen dans les Pyrénées méridionales (d'après J.-P. NICOLLIN, Ph. FAURE et C. RUGET, 1995).

2 - TOARCIEN

Au Toarcien inférieur, la transgression marine crée ici de nouveaux biotopes très favorables aux foraminifères. Ces conditions contrastent ainsi avec les conditions anoxiques qui règnent à la même époque sur la bordure est-aquitaine et le Bassin languedocien. Deux périodes sont séparées :

La zone à Tenuicostatum et la zone à Serpentinum (base) sont les périodes les plus favorables et les populations sont abondantes et diversifiées :

- Plusieurs espèces du Lias moyen persistent : *Ammodiscus siliceus*, *Haplophragmium sp.*, *M. prima*, *Dentalina terquemi*, *Eogluttina bilocularis*, *Lingulina* gr. *tenera-pupa* (très abondante), *Lenticulina varians* mg *Astacolus*, *L. cordiformis* mg *Planularia*, *L. deslongchampsi* mg *Falsopalmula*, *L. sublaevis* mg *Saracenaria*. Chez les lenticulines lisses, il est difficile d'affirmer que l'espèce présente est différente de *L. gottingensis* mg *L.*

- Apparaissent des formes nouvelles telles *Lenticulina obonensis* mg *Planularia*, *L. aragonensis* mg *Saracenella*, *Marginulina sp.* Ces espèces connaissent un très fort développement, puis s'éteignent avant la fin du Toarcien inférieur.

- Présence, non négligeable, d'individus du genre *Ophthalmidium*, liée à des conditions de milieu précises (foraminifères indices de taux de sédimentation assez forts).

La zone à Serpentinum (parties moyenne et supérieure) voit un appauvrissement des faunes, conséquence d'un nouveau déficit d'oxygénation des fonds marins. C'est la période où, en Europe occidentale, se généralisent les conditions euxiniques de dépôt. Bien qu'il n'ait aucune traduction dans la sédimentation sud-pyrénéenne, ce phénomène est marqué, à la fois, par un appauvrissement des populations et par une diminution générale de la taille des individus.

- Les Nodosariidés voient se développer des formes déroulées et des formes droites.

- Les espèces à cachet domérien disparaissent à la fin de cette période alors qu'apparaissent des formes typiquement toarciennes: les premières citharines, qui sont des formes petites et à côtes fines (*Citharina colliezi), Nodosaria obscura* et *L. chicheryi* présente sous différents morphogenres (*Lenticulina, Astacolus, Falsopalmula*) et *L. toarcense* mg *L.*

Le Toarcien moyen semble marqué, au début (sous-zone à Sublevisoni), par les même conditions que celles qui régnaient à la fin du Toarcien inférieur : les assemblages de foraminifères y sont très peu différents.

La disparition du confinement permet ensuite (sous-zone à Bifrons et zone à Variabilis) aux microfaunes de se développer et de se diversifier à nouveau. Elles sont, comme partout en Europe occidentale et au Maghreb, fondamentalement différentes de celles du Lias moyen.

Les associations sont à nouveau très voisines de celles des Corbières avec : *L. toarcense* mg *L., L. chicheryi* sous ses différents morphogenres, *L. varians* mg *A., L. tenuistriata* mg *F., L. deslongchampsi* mg *F., L. cordiformis* mg *P., L. pennensis* mg *M., Ichtyolaria hauffi*, des citharines à côtes fortes (*C.itharina longuemari, C. iberica, C. fallax,...*) et à côtes fines (*C. colliezi*), enfin des nodosaires ornées (*Nodosaria obscura, N. fontinensis, N. mutabilis, N. pulchra,...*).

Au cours de la zone à Variabilis, les citharines deviennent de moins en moins abondantes. Les lenticulines vont dominer très largement la composition des assemblages (pourcentages parfois supérieurs à 90%).

Le Toarcien supérieur est marqué par une très nette diminution du nombre d'espèces et du nombre d'individus :

C. colliezi seule persiste chez les citharines. Les formes à costulation grossière ont disparu. Les lenticulines (avec presque exclusivement des formes enroulées) sont encore plus dominantes avec trois espèces : une forme intermédiaire entre *L. toarcense* mg *L.* du Lias et *L. münsteri* mg *L.* du Dogger, *L. subalata* mg *L.* et *L. d'orbignyi* mg *L.* Cette dernière est la seule à présenter quelques rares individus en voie de déroulement (morphogenres *Astacolus, Marginulinopsis*). *Spirillina infima* et quelques nodosaires ornées complètent les assemblages.

A la fin du Toarcien supérieur, apparaissent dans certains niveaux plus riches, *Haplophragmoïdes barrowiensis* et *Thurammina jurensis*. Ces espèces sont accompagnées de quelques *Planularia, Dentalina, Pseudonodosaria, Eoguttulina* et *Ammobaculites*.

C - ARIÈGE

1 - PLIENSBACHIEN

Les premiers niveaux ayant fourni des microfaunes sont datés du **Carixien supérieur (sous-zones à Maculatum et Capricornus)**. Malgré un faciès de marnes argileuses favorable aux récoltes (Membre du Pech de Foix), les populations de foraminifères de ces niveaux sont extrêmement pauvres, souvent mal conservées et peu diversifiées.

Les lenticulines lisses, formes pourtant très ubiquistes, sont ici très sporadiques. Beaucoup d'espèces de la famille des Nodosariidés, d'ordinaire très fréquentes à cette période, sont également rares comme *Marginulina prima, Dentalina terquemi, L. inaequistriata* mg *P., L. matutina* mg *Marginulinopsis, L. speciosa* mg M., *Eoguttulina bilocularis,...* Seules *Ammodiscus siliceus* et les ichtyolaires ornées (*I. bicostata* et *I. sulcata*) sont présentes dans la plupart des niveaux. A la fin du Carixien supérieur, on ne trouve que des ostracodes dans les résidus de lavage.

De telles observations nous suggèrent des conditions de milieu assez défavorables au développement des peuplements de foraminifères, vraisemblablement très voisines de celles qui caractérisent le Domérien moyen des Corbières ou du Haut-Aragon. Une nouvelle fois *A. siliceus* est la forme qui parvient le mieux à s'adapter lorsque les conditions de milieu deviennent difficiles. Les ichtyolaires, présentes également ici, ont comme caractéristique des loges en chevrons.

C. RUGET (1985) a déjà remarqué des proportions relativement élevées de *Falsopalmula* (foraminifères présentant aussi des loges en chevrons) dans certains niveaux du Lias moyen du Portugal (C.R.) et des Béni Snassen (Maroc nord-oriental, L.B.) où ce phénomène est clairement en relation avec le développement d'isolats liés à une baisse du niveau marin dans un contexte de blocs basculés. De telles conditions provoqueraient un confinement sur le fond auquel de rares espèces seraient adaptées (*Ammodiscus*, Nodosariidés à loges en chevrons,...). Des études plus poussées pourraient nous dire si le secteur ariègois correspondait au cours du Lias moyen à un tel cas de figure. Le confinement semble indéniable.

Nous avons très peu effectué de prélèvements dans les marnes du Domérien moyen (Fm Rebouc). Il apparaît cependant que l'on reste dans un contexte environnemental similaire à celui du Carixien supérieur vue la rareté de la microfaune. Toutes les espèces rencontrées, soit épisodiquement, soit de manière plus régulière au Carixien supérieur, sont présentes. On note en plus la présence de quelques *Lingulina* gr. *tenera-pupa* et *Lenticulina varians* mg *Astacolus*. Là encore, *A. siliceus* est l'espèce la plus courante. Nous soulignons que, pour le Domérien moyen, les caractéristiques de la microfaune sont communes dans toutes les Pyrénées.

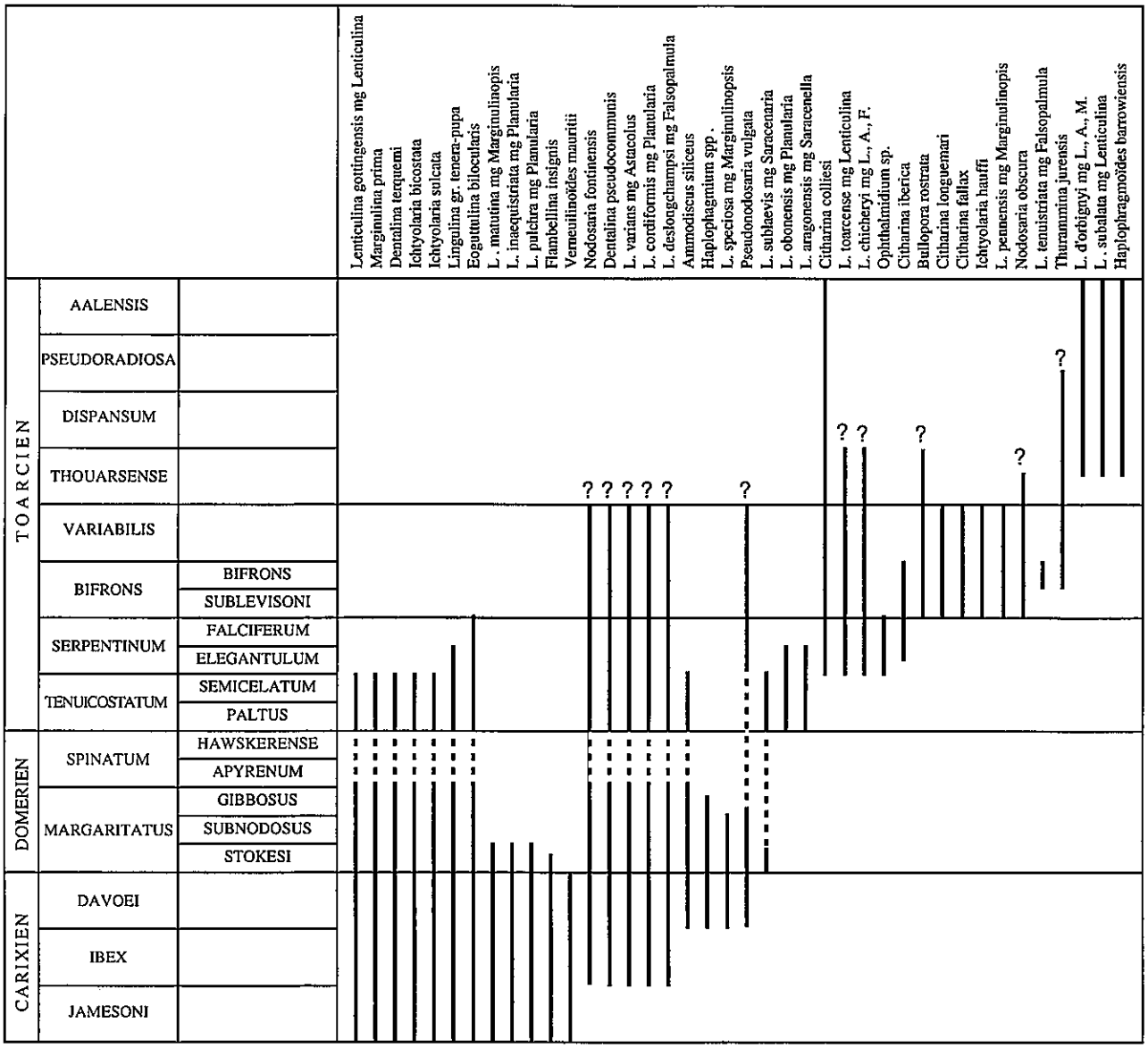


Fig. 326 : Répartition des principales espèces de foraminifères du Lias moyen et supérieur des Pyrénées (d'après J.-P. NICOLLIN et Ph. FAURE, 1997).

2 - TOARCIEN

Au **Toarcien inférieur**, les populations de foraminifères sont toujours peu riches en individus et beaucoup moins diversifiées que dans les Pyrénées espagnoles. Durant la zone à Serpentinum, on note néanmoins des points communs :

- La persistance de quelques espèces domériennes (*Lingulina* gr. *tenera-pupa*, *Lenticulina cordiformis* mg *Planularia*, *L. deslongchampsi* mg *Falsopalmula*, *Dentalina pseudocommunis*,...).
- L'apparition de formes typiquement toarciennes : *L. obonensis* mg *P.*, qui disparaît rapidement, *L. toarcense* mg *L.*, *Nodosaria sp.* puis *L. chicheryi* mg *L.*
- Il faut cependant souligner l'absence significative de *L. aragonensis* mg *Saracenella* et des citharines.

Aucun prélèvement n'a pu être fait dans l'Intervalle condensé. Dans les niveaux très détritiques et très réducteurs des marnes noires du Toarcien supérieur (Formation Saint-Girons), les foraminifères sont absents.

D - CONCLUSION DE L'ÉTUDE DES FORAMINIFÈRES DES PYRÉNÉES

L'évolution d'ensemble des populations de foraminifères au cours du Lias moyen et supérieur dans les Pyrénées est assez conforme à ce que l'on connaît dans toute l'Europe occidentale et en Afrique du Nord. Les grandes tendances y sont les mêmes :

- Assemblages riches et bien diversifiés au cours du Carixien supérieur et du Domérien inférieur.
- Chute plus ou moins brutale de la richesse et de la diversité pendant le Domérien moyen.
- Renouvellement important de la composition des assemblages à la fin du Toarcien inférieur ou au début du Toarcien moyen selon les régions.

- Nouvelle diminution de la diversité à partir du Toarcien supérieur qui prélude à la perte du rôle dominant de la famille des Nodosariidés au Jurassique moyen.

Particularités locales :

- Une nette différenciation des microfaunes de Nodosariidés apparaît au Toarcien inférieur entre les Corbières et les Pyrénées méridionales. Ceci est, de toute évidence, dû à des conditions paléoécologiques très distinctes :

  . Conditions réductrices, voire anoxiques sur les fonds marins, donc défavorables aux foraminifères benthiques dans les Corbières nord-orientales (faciès schistes carton).

  . Environnements très propices à ces microorganismes dans les Pyrénées méridionales (Haut-Aragon, Sierras Marginales) avec là des conditions d'oxygénation optimales (alternances de marnes et de marno-calcaires dans les Formations Col d'Estivère et Padrinàs).

- En Ariège, le faible nombre de spécimens et d'espèces de la grande majorité des assemblages du Carixien au Toarcien semble suggérer que ce secteur soit resté "isolé" des autres pendant une bonne partie du Lias.

E - COMPARAISONS

Le Quercy : Les études micropaléontologiques découlent des travaux de R. CUBAYNES (1986), F. BRUNEL (1992) et A. QAJOUN (1994). Les assemblages de foraminifères du Lias du Quercy sont très voisins des ceux des Corbières et des Pyrénées espagnoles. Les différences les plus marquantes sont :

- La présence de *Bolivina liasica* dans le Domérien inférieur (sous-zone à Stokesi).
- L'apparition plus tardive de *Lenticulina sublaevis* mg *Saracenaria* (fin du Domérien moyen).
- L'absence des foraminifères à agglutinat calcaire (*Haplophragmium sp.*) dans le Domérien alors que les agglutinants siliceux (*Ammodiscus siliceus*) sont présents dans le Quercy au moins à partir de la zone à Stokesi.
- L'absence de *Lenticulina obonensis* mg *Planularia* dans le Toarcien inférieur qui présente le faciès schistes carton dans la partie inférieure de la zone à Serpentinum. *L. aragonensis* mg *Saracenella* est citée ponctuellement.
- L'apparition plus précoce de plusieurs espèces de citharines à costulation grossière (fin de la zone à Serpentinum).

Les Chaînes Ibériques permettent également d'intéressantes comparaisons (C. RUGET, 1982 ; C. HERRERO-MATESANZ, 1992) pour le Toarcien inférieur. Les faciès y sont similaires et on retrouve la plupart des espèces citées avec des répartitions stratigraphiques similaires :

- *L. obonensis* mg *Planularia* et *L. aragonensis* mg *Saracenella* sont notamment présents dans la zone à Tenuicostatum et à la base de la zone à Serpentinum des deux régions.
- Comme dans les Pyrénées, les citharines à forte costulation apparaissent dès la base de la zone Bifrons, bien postérieurement aux formes à côtes fines. En revanche, à Rambla del Salto, coupe plus méridionale, proche d'Obon, elles sont plus précoces (C. HERRERO MATESANZ, 1992)
- L'espèce *Lenticulina payardi* mg *Lenticulina* RUGET, qui apparaît dans la zone à Serpentinum d'Obon (province de Teruel), n'a pas été rencontrée dans les Pyrénées.

Au cours du Lias, Les microfaunes de foraminifères montrent partout, en Europe occidentale, les mêmes tendances évolutives. Les Pyrénées ne font pas exception à ce schéma global.

Dans le détail et dans les divers secteurs des Pyrénées, selon les contextes paléogéographiques ou paléoécologiques locaux, les différences peuvent se traduire par une réduction, voire même par la disparition des populations de foraminifères, par la présence ou l'absence de certaines espèces et par la précocité ou le retard dans l'apparition d'autres taxons.

VI - LES GRANDS FORAMINIFERES BENTHIQUES

Ils sont surtout abondants dans les faciès oobioclastiques de haute énergie se développant sur les plates-formes carbonatées qui enveloppent la marge nord-occidentale de la Téthys.

En Sardaigne nord-orientale, de tels faciès perdurent tout au long du Lias, y compris, de façon assez exceptionnelle, durant le Toarcien. Cette région est ainsi particulièrement favorable à leur étude biostratigraphique (Ph. FAURE et B. PEYBERNES, 1983) :

Planiinvolutina carinata et ? *Vidalina martana* ne sont présentes que dans le Sinémurien. *Amijiella amiji* et *Mesoendothyra* sp. apparaissent dès le Sinémurien et sont ensuite à nouveau présentes dans le Toarcien supérieur. *Mesoendothyra croatica* est une forme du Dogger qui semble apparaître en Sardaigne dès le Pliensbachien.

Orbitopsella praecursor, espèce citée par C. MONLEAU (1985) dans le Lias moyen du secteur du Monte Alvaro (Sardaigne nord-occidentale), est un grand foraminifère habituellement signalé sur les marges de la Téthys (Maroc, Cordillères bétiques), également présent à Majorque où son extension semble parfaitement se limiter au Carixien (M. ALVARO *et al.*, 1989).

L'apparition de *Timidonella sarda* signale l'Aalénien -Bajocien (G. CHABRIER et E. FOURCADE, 1975).

VII - LES ALGUES

Ces organismes sont étroitement liés aux environnements de plate-forme carbonatée peu profonde qui se développent sur les marges de la Téthys occidentale.

Les algues sont particulièrement abondantes dans les assises carbonatées oolithiques du Sinémurien du Languedoc (M.-C. LEBOUCHE et LEMOINE, 1963) et de l'Aquitaine (J. BOUROULLEC et R. DELOFFRE, 1970) où leur abondance avait amené J. CUVILLIER et P. DUFAURE (1963) à créer une "Zone à Palaeodasycladus".

Uragiella liasica est la forme la plus fréquente. Elle apparaît dans les Corbières orientales dès le Sinémurien inférieur daté par le brachiopode *Zeilleria (Z.) vicinalis*. Plus haut, elle accompagne *Palaeodasycladus barrabei*, *Heteroporella ellenbergeri* et différentes formes *d'Acicularia* (*A. elongata aquitanica*) et de *Cayeuxia*. Toutes ces formes disparaissent avec la dislocation, au Lotharingien supérieur, de la plate-forme carbonatée qui recouvrait l'Europe sud-occidentale.

Sarfatiella dubari (= *Holosporella siamensis* PIA) est une forme du Dogger, particulièrement abondante dans le Bathonien des Corbières (B. PEYBERNES *et al.*, 1999). Elle apparaît dès le Toarcien en Sardaigne nord-occidentale (Ph. FAURE et B. PEYBERNES, 1983).

Une mention spéciale doit prendre en compte l'organisme rapporté par R. CUBAYNES et R. DELOFFRE (1984) au taxon *Tersella quercensis*. Cette forme, décrite dans la zone à Bifrons de la bordure est-aquitaine, s'épanouit dans les faciès marno-calcaires du Toarcien inférieur et moyen des Pyrénées basco-béarnaises (Formation Haute-Bidouze). Nous l'avons également rencontré dans le Toarcien moyen des Corbières orientales (Formation Bizanet) et dans le Toarcien inférieur des Sierras Marginales (Formation Padrinàs). L'attribution de cet organisme à une algue dasycladale est mise en doute par J.-P. BASSOULET (*in* E. CARIOU et P. HANTZPERGUE, 1997).

STRATIGRAPHIE SÉQUENTIELLE

I - LE CYCLE TRANSGRESSIF - RÉGRESSIF N°1 (RHETIEN - LIAS INFÉRIEUR) 634
Séquences du Rhétien : 634
Séquences de l'Hettangien : 634
Séquences du Sinémurien : 634
II - LE CYCLE TRANSGRESSIF - RÉGRESSIF N° 2 (LOTHARINGIEN SUPÉRIEUR – CARIXIEN) 635
Séquence Si 4. Lotharingien supérieur, zone à Raricostatum pro parte : 635
Séquence Pl 1. Carixien inférieur, sous-zone à Taylori : 635
Séquence Pl 2. Sous-zone à Polymorphus : 635
Séquence Pl 3. Sous-zone à Brevispina à sous-zone à Masseanum : 635
Séquence Pl 4. Sous-zone à Valdani à sous-zone à Luridum : 637
Séquence Pl 4'. Sous-zone à Maculatum : 637
Séquence Pl 5 . Sous-zone à Capricornus (pro parte) à sous-zone à Figulinum : 637
Séquence Pl 6. Sous-zone à Stokesi pro parte : 637
III - LE CYCLE TRANSGRESSIF - RÉGRESSIF N° 3 (DOMÉRIEN) 637
Séquence Pl 7. Sous-zone à Stokesi (pro parte) à sous-zone à Subnodosus : 639
Séquence Pl 8. Sous-zone à Subnodosus à sous-zone à Apyrenum : 641
Séquence Pl 9. Sous-zone à Hawskerense : 641
IV - LE CYCLE TRANSGRESSIF - RÉGRESSIF N° 4 (TOARCIEN – AALÉNIEN) 641
Séquence Pl 10. Sous-zone à Hawskerense (pro parte) à sous-zone à Semicelatum : 642
Séquence To 1. Sous-zone à Elegantulum : 642
Séquence To 2. Sous-zone à Falciferum à sous-zone Sublevisoni (horizon à Tethysi) : 642
Séquence To 3. Base de sous-zone à Bifrons (horizons à Lusitanicum et à Apertum) : 642
Séquence To 4. Sous-zone à Bifrons à sous-zone à Bingmanni pro parte : 644
Séquence To 5. Sous-zone à Bingmanni à sous-zone à Fallaciosum : 644
Séquence To 6. Sous-zone à Insigne à sous-zone à Pseudoradiosa : 644
Séquence To 7. Sous-zone à Pseudoradiosa à sous-zone à Mactra : 644
Séquence To 8. Sous-zone à Mactra, horizon à Celtica à sous-zone à Opalinum : 644
Séquence Aa 1. Sous-zone à Opalinum à sous-zone à Murchisonae : 646
Séquence Aa 2. Sous-zone à Bradfordensis à zones à Concavum et à Discites : 646
V - SYNTHÈSE 646
VI - ESSAI DE CORRÉLATION ENTRE LA COMPOSITION DES FAUNES ET LA TENDANCE EUSTATIQUE 648

La méthode d'identification des séquences de dépôt repose essentiellement dans ce travail sur l'étude de l'extension tridimensionnelle des corps sédimentaires à l'échelle de l'ensemble du domaine pyrénéen (voir Méthodes, p. 31). Chaque cortège sédimentaire est caractérisé par la distribution spatiale de ses dépôts. Il détermine un biseau d'aggradation sur la plate-forme. L'extension de son inondation maximale et de son haut niveau marin relatif sera la plus large, alors que son cortège de bas niveau relatif ne sera représenté que dans les secteurs les plus subsidents.

Cette étude est rendue possible par l'inventaire des discontinuités et des niveaux remarquables (niveaux condensés en particulier). Elle nécessite un cadre biostratigraphique rigoureux comme celui qui a pu être établi du Lotharingien terminal au Toarcien. Sa représentation selon différents transects de direction globale est-ouest permet une bonne appréciation du schéma chronostratigraphique des séquences de dépôt (fig. 327, 328 et 329).

I - LE CYCLE TRANSGRESSIF - RÉGRESSIF N°1 (RHETIEN - LIAS INFÉRIEUR)

Les dépôts de plate-forme carbonatée margino-littorale compris entre le Norien supérieur - Rhétien et le Sinémurien ne permettent pas une identification facile des séquences de dépôts. Il est toutefois possible d'établir un parallélisme entre les données stratigraphiques et la charte établie par P.-C. de GRACIANSKY *et al.* (1998).

Séquences du Rhétien :

A partir du maximum de régression situé au toit des dépôts évaporitiques du Keuper, à la limite Norien - Rhétien, s'amorcent une lent processus d'ouverture et une évolution transgressive progressive.

Deux cycles transgressifs-régressifs identifiables aux séquences Rh 1 et Rh 2 de P.-C. de GRACIANSKY *et al.* (1998) sont bien identifiés par M. FRECHENGUES *et al.* (1992) dans la Formation Boutenac de la partie orientale des Pyrénées (Corbières, Ariège). Leur inondation maximale pourrait coïncider avec les deux horizons de condensation lumachellique à *Rhaetavicula contorta* bien mis en évidence dans ces deux régions par G. DUBAR (1911, 1925). La dernière séquence est limitée, à son sommet, par la discontinuité I0.

Séquences de l'Hettangien :

L'absence de datation et les environnements évaporitiques ne permettent pas de repérer les trois séquences individualisées sur la marge téthysienne par P.-C. de GRACIANSKY *et al.* (1998). Trois mégacycles sont toutefois bien identifiés en sondages par A. BARTHE et J. STEVAUX (1971) dans les évaporites de la "Zone à Anhydrite" des parties centrale et méridionale du Bassin d'Aquitaine.

A l'Hettangien "inférieur", un premier cycle, identifiable à la séquence He 1 de P.-C. de GRACIANSKY *et al.* (1998) pourrait s'inscrire dans la Formation de l'Arize. Ses dépôts témoignent d'une évolution transgressive et les calcaires en dalles à échinides (Membre de Leychert) qui en constituent l'élément le plus ouvert, pourraient correspondre à l'intervalle transgressif et/ou à un haut niveau marin. La discontinuité I1 en matérialise la limite supérieure.

A l'Hettangien "moyen", un épisode distensif et une forte subsidence permettent l'accumulation d'un millier de mètres d'évaporites dans les Bassins d'Aquitaine, du bas-Languedoc (R. CURNELLE et P. DUBOIS, 1986) et sud-pyrénéen. La transgression qui suit cette période est représentée par les dolomies à lamines cryptalgaires (Membre des Dolomies litées) qui se développent au sommet de la Formation des Brèches dolomitiques.

Séquences du Sinémurien :

L'évolution toujours transgressive et la hausse du niveau marin relatif permettent l'apparition, au Sinémurien, de dépôts carbonatés du domaine médio-littoral ou de barrière oolithique de haute énergie.

Dans les Corbières orientales, trois séquences sédimentaires sont bien individualisées. Malgré l'absence de critères fiables de datation, il est possible de proposer leur corrélation avec les cycles Si 1, Si 2 et Si 3 de P.-C. de GRACIANSKY *et al.* (1998).

Fig. 327: Diagramme chronostratigraphique des séquences de dépôt au cours du Lias moyen – supérieur sur le versant nord des Pyrénées, entre la Méditerranée et la Vallée d'Aure. Légende commune : en vert : cortège de bas niveau marin relatif ; en bleu : cortège transgressif ; en orange : cortège de haut niveau marin ; en jaune : érosion anté-Dogger ; 1 : Assise à Gryphées ; 2 : Biostrome et niveaux remarquables à brachiopodes ; 3 : Niveau à ammonites abondantes ; 4 : Biofaciès à *Montlivaultia* ; 5 : Hard-ground érodé ; Niveau à oolithes ferrugineuses.

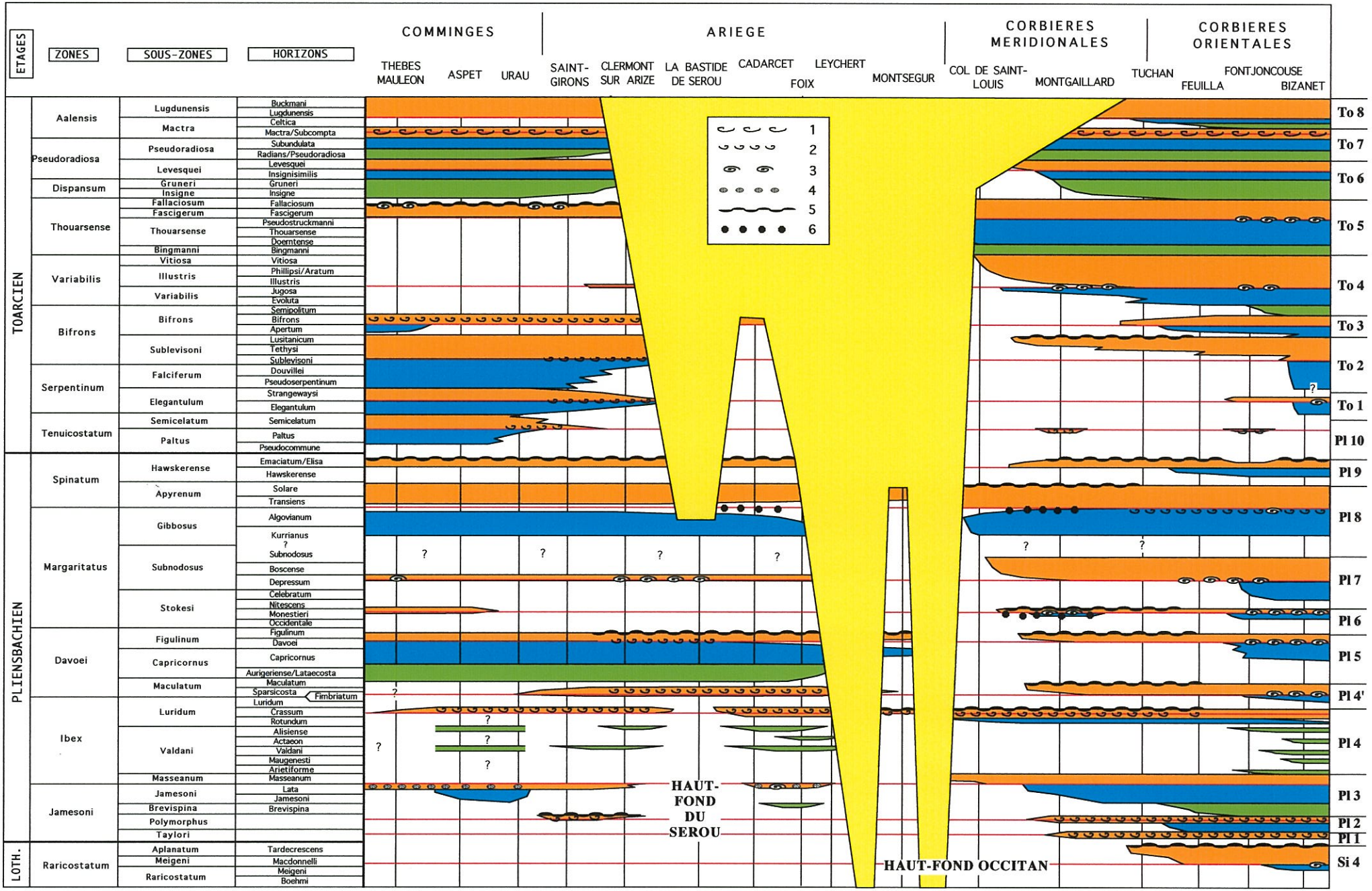


Fig. 327 : Diagramme chronostratigraphique des séquences de dépôt au cours du Lias moyen – supérieur sur le versant nord des Pyrénées, entre la Méditerranée et la Vallée d'Aure.
Légende commune : en vert : cortège de bas niveau marin relatif ; en bleu : cortège transgressif ; en orange : cortège de haut niveau marin ; en jaune : érosion anté-Dogger ; 1 : Assise à Gryphées ; 2 : Biostrome et niveaux remarquables à brachiopodes ; 3 : Niveau à ammonites abondantes ; 4 : Biofaciès à Montlivaultia ; 5 : Hard-ground érodé ; 6 : Niveau à oolithes ferrugineuses.

Séquence Si 1 : Elle permet la première submersion de la plate-forme margino-littorale et le dépôt, en période de maximum transgressif, de sables oobioclastiques à chailles, dasycladales, renfermant les premiers brachiopodes du Sinémurien [*Zeilleria (Z.) vicinalis*]. Les surfaces de transgression et de maximum d'inondation de la séquence se télescopent au niveau de la discontinuité I2. Le comblement permet le retour à des environnements médio-littoraux et le développement, dans de nombreuses régions (Pyrénées centrales et méridionales), des tapis stromatolitiques. Cette séquence est surmontée par la discontinuité Ib.

Séquence Si 2 : Ses caractéristiques sont identiques : maximum transgressif oolithique suivant la discontinuités Ib et récurrence, en période de haut niveau marin, de calcaires laminés à stromatolithes. Sa limite supérieure est marquée par la discontinuité Ic.

Séquence Si 3 : Dans les Corbières orientales (coupe du Villa-de-Fargues), elle débute avec une assise métrique de calcaires marneux assimilables à un intervalle transgressif. Un système de barres oolithiques progradantes s'installe ensuite, en période de haut niveau marin relatif.

La discontinuité I3, intra-sinémurienne, limite supérieure de la séquence, est le témoin d'un important retrait des eaux. La plate-forme pyrénéenne est alors largement exondée.

II - LE CYCLE TRANSGRESSIF - RÉGRESSIF N° 2 (LOTHARINGIEN SUPÉRIEUR – CARIXIEN)

Après le maximum de régression du Lotharingien supérieur, l'élévation progressive du niveau marin relatif et la réactivation du rifting ligure se traduisent par l'aggradation généralisée des dépôts du Lotharingien terminal et du Carixien inférieur et moyen et par la submersion progressive de la plate-forme pyrénéenne, à la fois, par l'Ouest (domaine basco-cantabrique) et par l'Est (domaine languedocien). La transgression est maximale au sommet de la zone à Ibex. Le comblement est illustré durant la zone à Davoei et la sous-zone à Stokesi par des dépôts carbonatés et par des horizons condensés (fig. 330-332 et 338)

Séquence Si 4. Lotharingien supérieur, zone à Raricostatum pro parte :

. La transgression débute dans les Corbières orientales avec l'horizon à Boehmi (zone à Raricostatum) (Ph. FAURE, 1981) (le cortège de bas niveau n'apparaît pas représenté).

. Le maximum de transgression semble atteint avec les niveaux à ammonites de l'horizon à Meigeni dans les Corbières orientales et dans le Béarn. Le Membre du Pastouret (Formation Montredon-des-Corbières) en représente le haut niveau marin. La séquence est surmontée par la discontinuité I4.

La séquence est totalement absente dans les Pyrénées méridionales.

Séquence Pl 1. Carixien inférieur, sous-zone à Taylori :

Le bas niveau marin relatif qui suit la discontinuité I4 entraîne un important retrait des dépôts de la séquence en direction des zones les plus subsidentes comme les Corbières orientales, les Sierras Marginales et les Arbailles. Dans ces régions, l'inondation maximale de la séquence est exprimée par le biostrome à brachiopodes de "l'Assise à *Gibbirhynchia*" (sous-zone à Taylori). La discontinuité Ma' en matérialise le sommet (fig. 330 et 331).

Séquence Pl 2. Sous-zone à Polymorphus :

. Son maximum d'inondation est exprimé dans les Pyrénées par un nouveau biostrome à brachiopodes, "l'Assise à *Cuersithyris*". La limite supérieure de la séquence correspond à la discontinuité Ma (fig. 330 et 331).

Séquence Pl 3. Sous-zone à Brevispina à sous-zone à Masseanum :

Un deuxième phase de distension permet de différencier des zones bassinales à sédimentation terrigène (Corbières, Pays Basque, Zone Sud-pyrénéenne centrale) d'une zone étendue de haut-fond qui occupe l'Ariège, la Bigorre et le Béarn.

. En période de bas niveau marin relatif, les dépôts de la sous-zone à Brevispina apparaissent seulement exprimés dans les zones les plus subsidentes comme les Corbières (partie inférieure du Membre de la Blanquière) et, possiblement le Pays Basque. La discontinuité Mb, post-Brevispina, matérialise la première véritable transgression : premiers dépôts dans les Pyrénées centrales, apparition du terrigène dans les Corbières et les Arbailles, dépôts euxiniques dans les Chaînes Cantabriques.

. L'aggradation littorale est maximale à la fin des sous-zones à Jamesoni et à Masseanum, les dépôts bioclastiques et condensés à polypiers ("Dalle à *Montlivaultia*") recouvrant l'essentiel de la plate-forme pyrénéenne (Béarn, Comminges, Ariège, Haut-Aragon, Zone de Pedraforca et Sierras Marginales). La limite supérieure de la séquence est exprimée par la discontinuité Mc, post-Masseanum.

Fig. 328 : Diagramme chronostratigraphique des séquences de dépôt au cours du Lias moyen – supérieur sur le versant nord des Pyrénées, entre la Vallée d'Aure et le Pays Basque. Interprétation en termes de stratigraphie séquentielle (même légende que sur la figure 327).

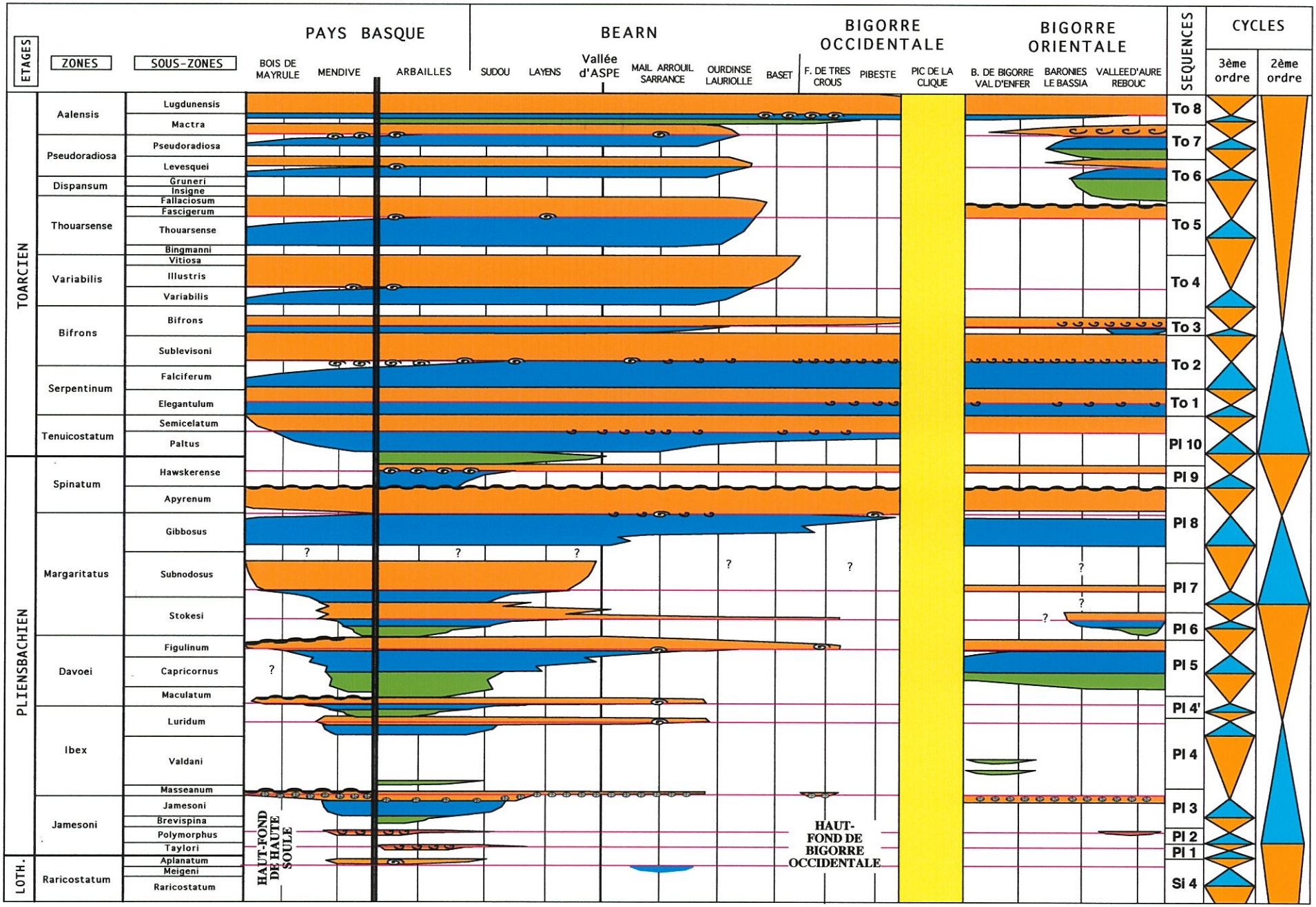


Fig. 328 : Diagramme chronostratigraphique des séquences de dépôt au cours du Lias moyen – supérieur sur le versant nord des Pyrénées, entre la Vallée d'Aure et le Pays Basque. Interprétation en termes de stratigraphie séquentielle (même légende que fig. 327).

Dans l'Ariège (coupe de Saint-Sauveur), les sédiments correspondant à la séquence sont érodés et remaniés par les dépôts de la séquence suivante. Cette troncature avec reprise d'érosion témoigne d'un léger basculement vers l'Ouest du bloc ariégeois.

Séquence Pl 4. Sous-zone à Valdani à sous-zone à Luridum :

. La sous-zone à Valdani, est essentiellement exprimée par des dépôts condensés et lenticulaires. Il se sont effectués en période de bas niveau marin relatif. Le contexte plus général de maximum transgressif (fig. 338) explique qu'ils soient, malgré tout, assez fréquemment représentés sur la plate-forme pyrénéenne.

. La sous-zone à Luridum connaît un maximum de transgression de 2ème ordre (fig. 338). Nous voyons ainsi (fig. 330 et 331) que la discontinuité M1 correspond à la surface de transgression de la séquence et qu'elle peut recouvrir des dépôts d'âge très divers, s'échelonnant du Sinémurien à l'horizon à Alisiense (zone à Ibex, sous-zone à Valdani). La séquence est marquée, autour du Haut-fond occitan, par la forte expansion des brachiopodes au niveau de "l'Assise à *Lobothyris*" (*Lobothyris punctata subpunctata* et *L. fusiformis*). Dans les Corbières méridionales, l'espace disponible créé lors de la séquence précédente et la subsidence permettent le dépôt d'une série assez épaisse de calcaires à chailles et spicules de desmosponges (Membre de Treilles). Dans les Corbières orientales, comme sur l'essentiel des Pyrénées centrales et méridionales, la vacuité sédimentaire est de règle. La discontinuité M2, post-Luridum (en fait post-horizon à Crassum), limite la séquence à son sommet.

Séquence Pl 4'. Sous-zone à Maculatum :

Cette paraséquence, toujours de faible ampleur, est bien exprimée à la base des Membres de Réveillon (Corbières orientales), des Anoves (Pyrénées méridionales) et dans la Formation Categorena (Pays Basque) (fig. 331).

Dans les Pyrénées centrales, son inondation maximale détermine la submersion définitive du Haut-fond du Sérou (couverture de l'Arize)(fig. 327). Dans le Haut-Aragon, ses dépôts, riches en polypiers solitaires, surmontent directement le Sinémurien. La séquence est marquée, dans les Corbières, par l'expansion brutale de l'ammonite *Lytoceras fimbriatum* et, dans les Pyrénées ariégeoises, par une second biostrome à *Lobothyris* (fig. 327). La discontinuité M2' se situe à son sommet.

Séquence Pl 5 . Sous-zone à Capricornus (*pro parte*) à sous-zone à Figulinum :

Elle permet la submersion définitive, à l'horizon à Capricornus, des Hauts-fonds du Alt Urgell et du Haut-Llobregat, restés jusque là exondés (fig. 329). Le comblement de l'aire de sédimentation permet un début de progradation des corps sédimentaires.

. Les dépôts de l'horizon à Lataecosta sont seulement représentés dans les zones les plus subsidentes des Pyrénées basques (Arbailles), commingeoises (secteur de Thèbes) et ariégeoises (couverture de l'Arize). Pendant cette période de bas niveau marin relatif, se déposent des marnes noires de milieu confiné, à faune benthique pauvre (base du Membre du Pech de Foix)(fig. 327) dans lesquelles *Prodactylioceras aurigeriense*, espèce endémique au domaine ibéro-pyrénéen, est abondant (J.-L. DOMMERGUES *et al.* 1984).

. Son inondation maximale pourrait être représentée par le niveau de condensation à brachiopodes présent dans la partie moyenne du Membre des Anoves des Pyrénées méridionales (fig. 330) ou à la base du Membre de Monteillas de l'Ariège (secteur de Clermont-sur-Arize)(fig. 327). La discontinuité M3, post-Figulinum en représente la limite supérieure.

Séquence Pl 6. Sous-zone à Stokesi *pro parte* :

La séquence est absente dans les Pyrénées ariégeoises (fig. 327). En période de bas niveau marin relatif, l'horizon à Occidentale ne semble représenté que dans les zones les plus subsidentes du Comminges occidental (coupe de Rebouc) et des Pyrénées basques ("Bassin" d'Ossès)(fig. 328).

. Son inondation maximale est représentée, au niveau de la discontinuité M4, par les dépôts condensés, toujours riches en ammonites de l'horizon à Monestieri (fig. 330 et 331). Un biostrome à *Lobothyris lata* s'y développe dans les Pyrénées méridionales et le Alt Empordà (fig. 329). La discontinuité M4', post-Nitescens, limite supérieure de la séquence, matérialise un retrait assez généralisé des eaux avec lacune de la sédimentation.

III - LE CYCLE TRANSGRESSIF - RÉGRESSIF N° 3 (DOMÉRIEN)

Avec lui se généralise la sédimentation terrigène, avec un fort taux de subsidence dans le Domérien moyen et un approfondissement maximal de l'aire pyrénéenne. L'absence de contraste sédimentaire n'est habituellement pas favorable à une bonne délimitation des cortèges de dépôt. Le comblement permet la mise en place, au Domérien supérieur, d'une plate-forme carbonatée peu profonde, puis une exondation assez générale.

Fig. 329 : Diagramme chronostratigraphique des séquences de dépôt au cours du Lias moyen – supérieur sur le versant méridional entre les vallées du Llobregat et de L'Esera. Comparaison avec le Haute-Ariège, à l'Est, et la Bigorre occidentale, à l'Ouest. Interprétation en termes de stratigraphie séquentielle (même légende que fig. 327).

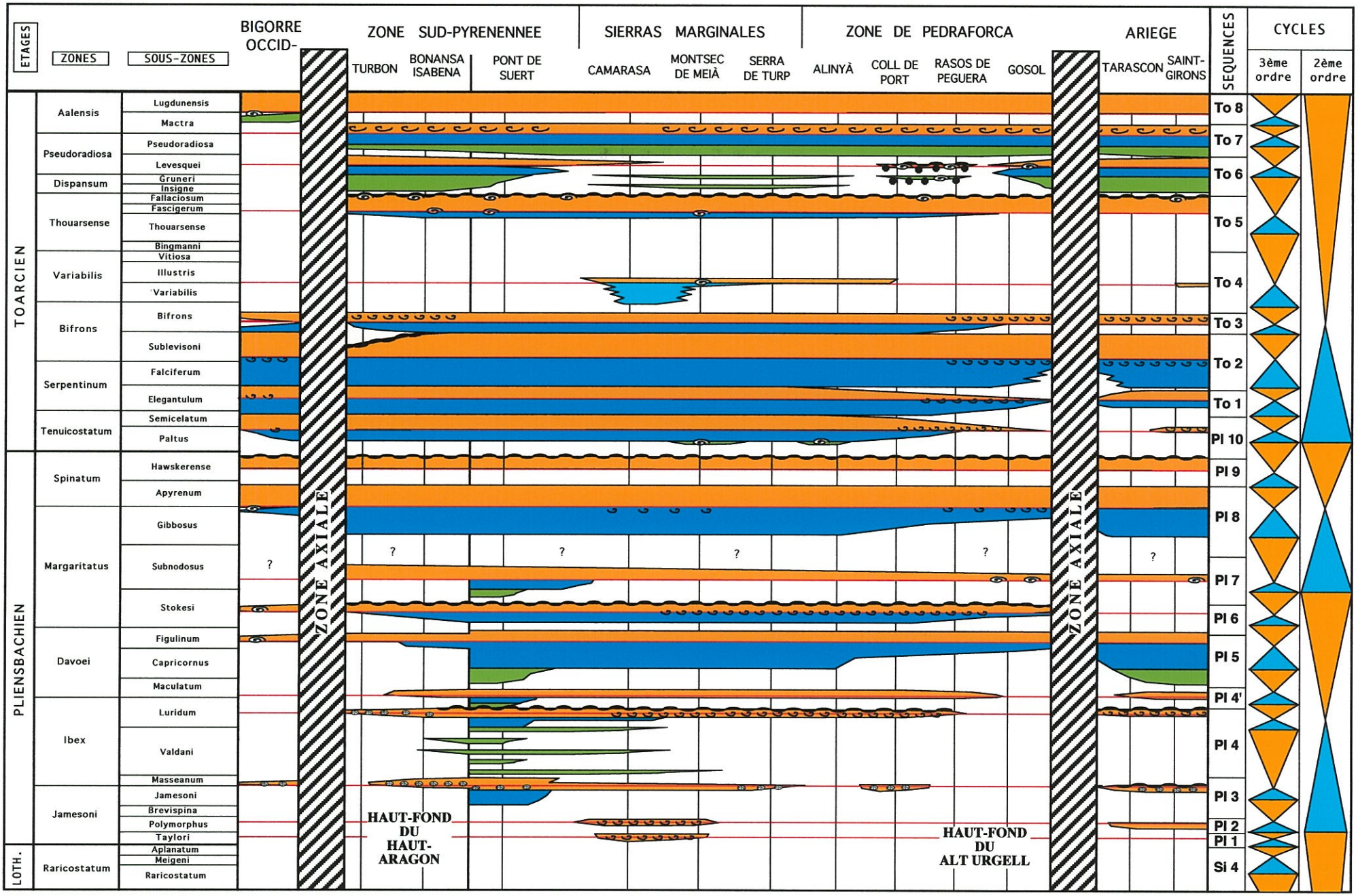


Fig. 329 : Diagramme chronostratigraphique des séquences de dépôt au cours du Lias moyen – supérieur sur le versant méridional des Pyrénées entre les vallées du Llobregat et de L'Esera. Comparaison avec le Haute-Ariège, à l'Est, et la Bigorre occidentale, à l'Ouest. Interprétation en termes de stratigraphie séquentielle (même légende que fig. 327).

Séquence Pl 7. Sous-zone à Stokesi (pro parte) à sous-zone à Subnodosus :

Cette séquence est plus largement représentée que la précédente. La sédimentation reste très condensée sur le bloc béarnais. Elle est absente sur le Haut-fond de la Bigorre occidentale (coupe du Pic du Pibeste)(fig. 328).

. La transgression se manifeste dès l'horizon à Celebratum dans les Corbières (coupe de la Combe de Méric) et à Pont de Suert. Elle se généralise partout ailleurs avec l'horizon à Depressum (Zone de Pedraforca, Comminges). Le "Banc à *Fieldingiceras*" de l'Ariège exprime bien son maximum d'inondation au niveau de la discontinuité Mf, post- ou intra-horizon à Depressum. Une disposition identique existe dans le bas-Quercy (J. REY et R. CUBAYNES, 1991).

. Les dépôts argileux à ammonites pyriteuses de la zone à Subnodosus des Corbières (Membre de la Combe de Méric) représentent l'essentiel du cortège de haut niveau marin. La limite supérieure de la séquence est difficile à repérer dans les sédiments uniformément terrigènes.

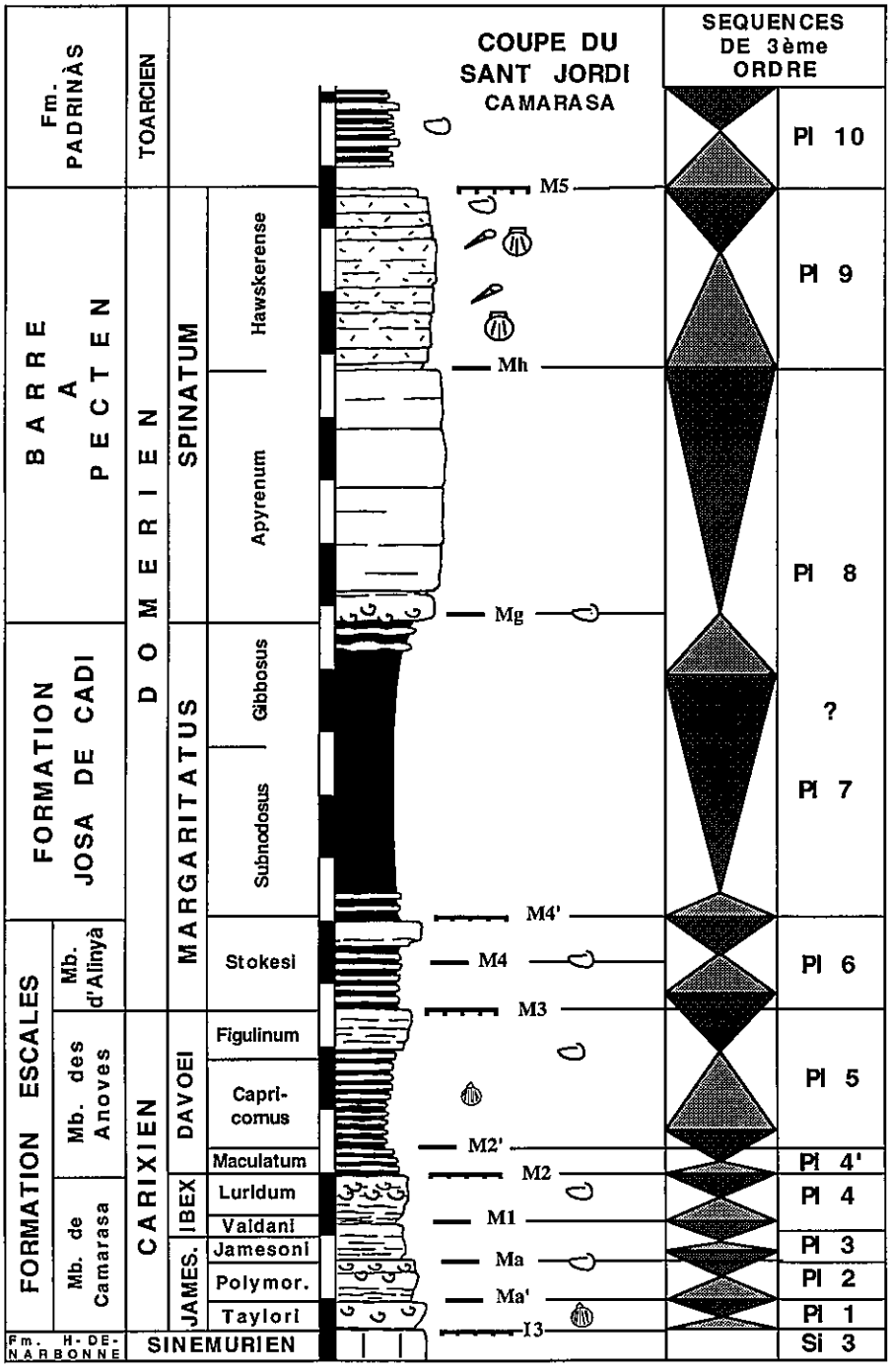
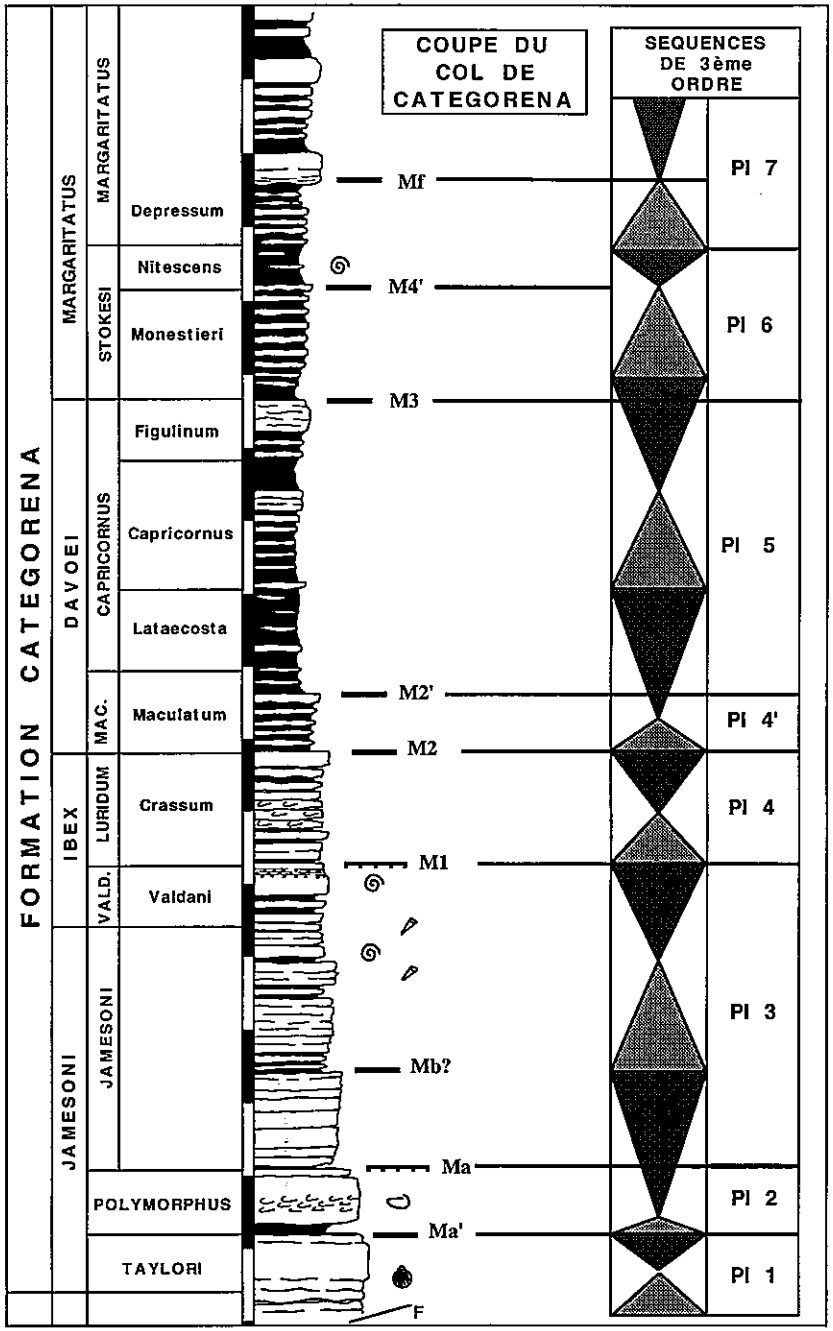


Fig. 330 : Le Pliensbachien des Sierras Marginales méridionales au niveau de la coupe du Sant Jordi (Nord de Camarasa)(coupe décrite p. 305, fig.154). Interprétation en terme de stratigraphie séquentielle.



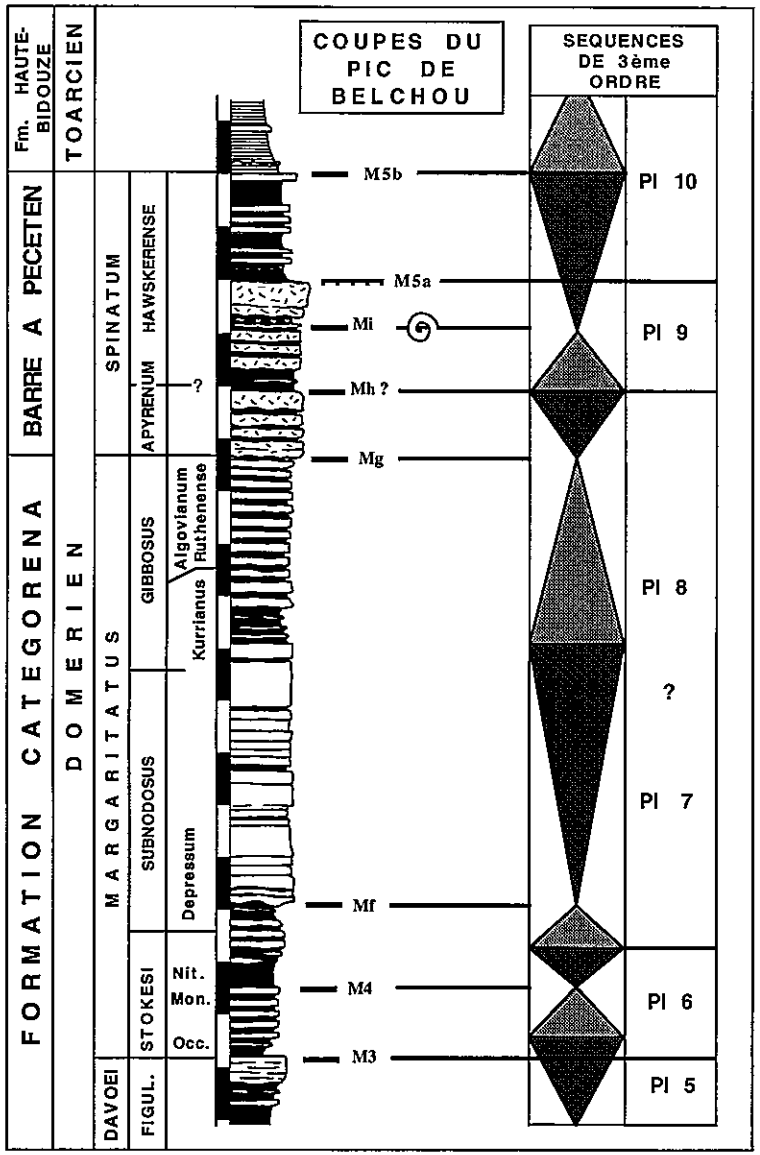


Fig. 331 : Le Pliensbachien des Arbailles (Pays Basque). Interprétation en terme de stratigraphie séquentielle de la coupe du Carixien du Col de Categorena (coupe de gauche, décrite p. 265, fig. 131) et de la coupe du Domérien du Pic de Belchou (coupe de droite, décrite p. 267, fig. 133).

Séquence Pl 8. Sous-zone à Subnodosus à sous-zone à Apyrenum :

. Le système de bas niveau marin relatif reste toujours difficile à individualiser. On peut possiblement lui rapporter les marnes silteuses et micacées qui s'accumulent dans les Pyrénées languedociennes durant la première partie de la sous-zone à Gibbosus (Membre de Saint-Christol de la Formation Fontjoncouse), ainsi que les marnes schisteuses noires de l'essentiel des Formations Rebouc et Josa de Cadi.

. L'intervalle transgressif commence, dans les Corbières orientales comme dans les Arbailles (coupe du Pic de Belchou) (fig. 331), avec la progradation des alternances marnes - calcaires bioclastiques à *Arieticeras* et brachiopodes de la sous-zone à Gibbosus (horizon à Algovianum).

. L'inondation maximale est matérialisée par les niveaux condensés qui se situent, de façon assez constante, à la limite entre les marnes domériennes et la Barre à Pecten (fig. 327 à 329, 330) : biostromes à brachiopodes dans les Pyrénées méridionales (fig. 329, 330) et dans le Béarn (coupe du Mail Arrouy)(fig. 328), niveau condensé à oolithes ferrugineuses dans les Corbières méridionales (Oolithe de la Girbaude) et les Pyrénées ariégeoises (Oolithe du Roc de Caralp)(fig. 327). Ailleurs (Corbières orientales, Arbailles), une discontinuité (Mg, post-Gibbosus ou intra-horizon à Transiens) est plus ou moins bien marquée par un horizon de condensation.

. Le haut niveau marin permet, durant le Domérien supérieur (sous-zone à Apyrenum), un pic de transgression et l'extension à l'ensemble de la plate forme pyrénéenne des dépôts carbonatés, sous une faible tranche d'eau. On assiste alors à la submersion définitive du Haut-fond de Bigorre occidentale (coupe du Pic du Pibeste)(fig. 328) et à l'uniformisation totale des milieux de dépôt. Cette évolution est limitée par la discontinuité Mh, post-Apyrenum.

Séquence Pl 9. Sous-zone à Hawskerense :

Cette séquence ou paraséquence évolue totalement dans un milieu de plate-forme carbonatée. Elle correspond à la partie supérieure de la Barre à Pecten (fig. 330 et 331).

. Son inondation maximale, bien repérée dans les Pyrénées basques, correspond à un niveau de condensation à ammonites (discontinuité Mi, intra-Hawskerense) (fig. 331, coupe du Pic de Belchou).

. Son haut niveau marin relatif est généralement tronqué par la discontinuité M5a, intra-Hawskerense, limite de séquence correspondant à une exondation généralisée lors du pic de régression du Domérien supérieur (fig. 327-329).

SÉQUENCE	BASE DE SÉQUENCE	SOMMET DU BAS NIVEAU	SURFACE D'INONDATION MAXIMALE
Pl 10	Hawskerense (**M5a**)	Post-Hawskerense (**M5b**)	Paltus
Pl 9	Post-Apyrenum (**Mh**)	Hawskerense	Hawskerense (**Mi**)
Pl 8	Sommet Subnodosus	base Gibbosus	Post-Gibbosus (**Mg**)
Pl 7	Stokesi, post-horizon à Nitescens (**M4'**)	Stokesi, horizon à Celebratum	Subnodosus, horizon à Depressum (**Mf**)
Pl 6	Figulinum (**M3**)	Stokesi, post-horizon à Occidentale	Stokesi, post-horizon à Monestieri (**M4**)
Pl 5	Intra-Maculatum (**M2'**)	Post-horizon à Lataecosta (Md ?)	Figulinum (**Me**)
Pl 4'	Luridum, post-horizon à Crassum (**M2**)	Luridum	Maculatum (Assise à Lobothyris supérieure)
Pl 4	Post-Masseanum (**Mc**)	Valdani, post-horizon à Alisiense (**M1**)	Luridum (Assise à Lobothyris inférieure)
Pl 3	Post-Polymorphus (**Ma**)	Post-Brevispina (**Mb**)	Jamesoni élevée à Masseanum
Pl 2	Post-Taylori (**Ma'**)	Polymorphus	Polymorphus (Assise à Cuersithyris)
Pl 1	Sommet Aplanatum (**I4**)	Taylori	Taylori (Assise à Gibbirhynchia)
Si 3	Intra-lotharingienne (non datée, groupée avec la discontinuité **I3**)	Base de l'horizon à Boehmi (**I3**)	Base Macdonnelli

Fig. 332 : Âge et numérotation des surfaces caractéristiques en stratigraphie séquentielle dans le Pliensbachien des Pyrénées (sauf indication contraire, la biozonation correspond à des sous-zones d'ammonites).

IV - LE CYCLE TRANSGRESSIF - RÉGRESSIF N° 4 (TOARCIEN - AALÉNIEN)

La subsidence, habituellement marquée durant cette période, permet l'accumulation d'importantes épaisseurs de sédiments argileux. Les phénomènes euxiniques enregistrés localement, lors de sa phase transgressive (Toarcien inférieur), sont connus à une bien plus large échelle (R. CUBAYNES et Ph. FAURE, 1986). Le maximum de transgression de la zone à Bifrons est suivi par une longue période de vacuité sédimentaire, déjà enregistrée en de

nombreux points du craton européen (P.C. de GRACIANSKY *et al.*, 1991), qui persiste dans le domaine pyrénéen jusque dans la zone à Pseudoradiosa. La période de régression à long terme et la diminution de l'espace disponible déterminent ensuite la progradation des corps sédimentaires du Toarcien supérieur et de l'Aalénien. Le comblement est illustré dès l'Aalénien inférieur –moyen par des dépôts carbonatés de plate-forme plus ou moins proximale.

Séquence Pl 10. Sous-zone à Hawskerense (*pro parte*) à sous-zone à Semicelatum :

Sa base coïncide avec un maximum de régression sur la plate-forme pyrénéenne (fig. 338) et ses dépôts sont toujours en net retrait par rapport à ceux de la séquence Pl 9. Ainsi, la limite inférieure de la séquence (M5a) et la surface de transgression M5b sont le plus souvent confondues en une unique discontinuité M5, post-Spinatum.

. Son bas niveau marin relatif n'est que rarement représenté. Le Membre des Calcaires marneux et marnes bioclastiques des Arbailles occidentales (coupe du Pic de Belchou) (fig. 328 et 331), ou encore le lit à *Dactylioceras* de l'extrême base du Toarcien dans la Zone méridionale de Pedraforca (niveau à *Dactylioceras pseudocommune* de la coupe d'Alinyà)(fig. 329), en sont les seuls témoins.

. Les sédiments à faciès schistes carton de la sous-zone à Paltus des Arbailles témoignent d'une courte phase d'anoxie des fonds marins, contemporaine d'une phase de transgression rapide, à la base du Toarcien.

. Le maximum transgressif et de haut niveau marin des sous-zones à Paltus (*pars*) et à Semicelatum permet un premier épanouissement des brachiopodes de type "ibérique" sur la plate-forme des Pyrénées centrales et méridionales. Dans le Lobe de Fontjoncouse (Corbières orientales), les sédiments correspondants démantèlent la partie supérieure de la séquence Pl 9 sous-jacente (fig. 327).

. La limite supérieure de la séquence, discontinuité S1, post-Semicelatum, délimite, à son sommet, une première séquence de la Formation Padrinàs (Pyrénées méridionales) (fig. 333) ou du Membre de la Combe de Pereille (Corbières méridionales, coupe du Col de Boussac).

Séquence To 1. Sous-zone à Elegantulum :

Ses limites sont difficiles à apprécier en raison de l'homogénéisation des faciès généralement terrigènes. En outre, la séquence est absente dans la plus grande partie les Corbières méridionales (fig. 327 et 334).

Dans le Lobe de Bizanet, l'épisode euxinique des schistes cartons matérialise le bref épisode de transgression rapide des eaux. Dans les Pyrénées centrales et méridionales, son inondation maximale semble représentée par le biostrome à *Soaresirhynchia bouchardi*. La limite supérieure de la séquence pourrait être matérialisée dans les Corbières orientales par la discontinuité Sb, post-Elegantulum (fig. 333).

Séquence To 2. Sous-zone à Falciferum à sous-zone Sublevisoni (horizon à Tethysi) :

Les dépôts marno-carbonatés à brachiopodes (associations à *Telothyris* et à *Homoeorhynchia*) qui la caractérisent dans les Pyrénées centrales et méridionales (sous-zones à Falciferum et à Sublevisoni) en constituent la phase transgressive. Le haut niveau marin de la partie supérieure de la sous-zone à Sublevisoni permet la submersion définitive des surfaces encore exondées après le Domérien terminal dans les Corbières sud-orientales et méridionales (fig. 327 et 334).

. La surface d'inondation maximale pourrait être représentée par le niveau de condensation repère à *Hildoceras sublevisoni* des Pyrénées basques (fig. 328).

. La limite supérieure de la séquence, discontinuité Sc, post-Sublevisoni, est habituellement bien repérée. Dans les Pyrénées languedociennes, sa surface durcie divise le Membre de la Combe de Pereille en deux séquences d'épaisseur égale (fig. 334). Dans les Pyrénées méridionales, elle est également repérée dans la partie haute (fig. 333), parfois au sommet, du Membre des Calcaires marneux à *Telothyris*.

Séquence To 3. Base de sous-zone à Bifrons (horizons à Lusitanicum et à Apertum) :

Bien que d'épaisseur inframétrique, cette séquence est élevée au rang de séquence de 3ème ordre en raison de sa large extension géographique et de ses limites généralement très nettes. Elle se retrouve en effet à l'identique dans le bas-Quercy (L. BONNET *et al.*, 1993). Elle succède à un épisode de réactivation de la distension (Corbières orientales) et peut apparaître régionalement discordante (Haut-Aragon) sur les Calcaires marneux à *Telothyris* de la sous-zone à Sublevisoni (fig. 329).

. Son inondation maximale est représentée par la discontinuité Sd, post-horizon à Apertum. Dans les Pyrénées centrales et méridionales, elle est matérialisée par un biostrome à brachiopodes, le "Banc à *Sphaeroidothyris*" (fig. 327-329 et 333).

. La discontinuité générale S2, intra-horizon à Bifrons, se place à la limite supérieure de la séquence. Elle est marquée par une surface durcie dans les Pyrénées languedociennes (fig. 334), centrales et méridionales (fig. 333), et par une rupture lithologique simple séparant deux séquences de la Formation Haute Bidouze, dans les Pyrénées occidentales.

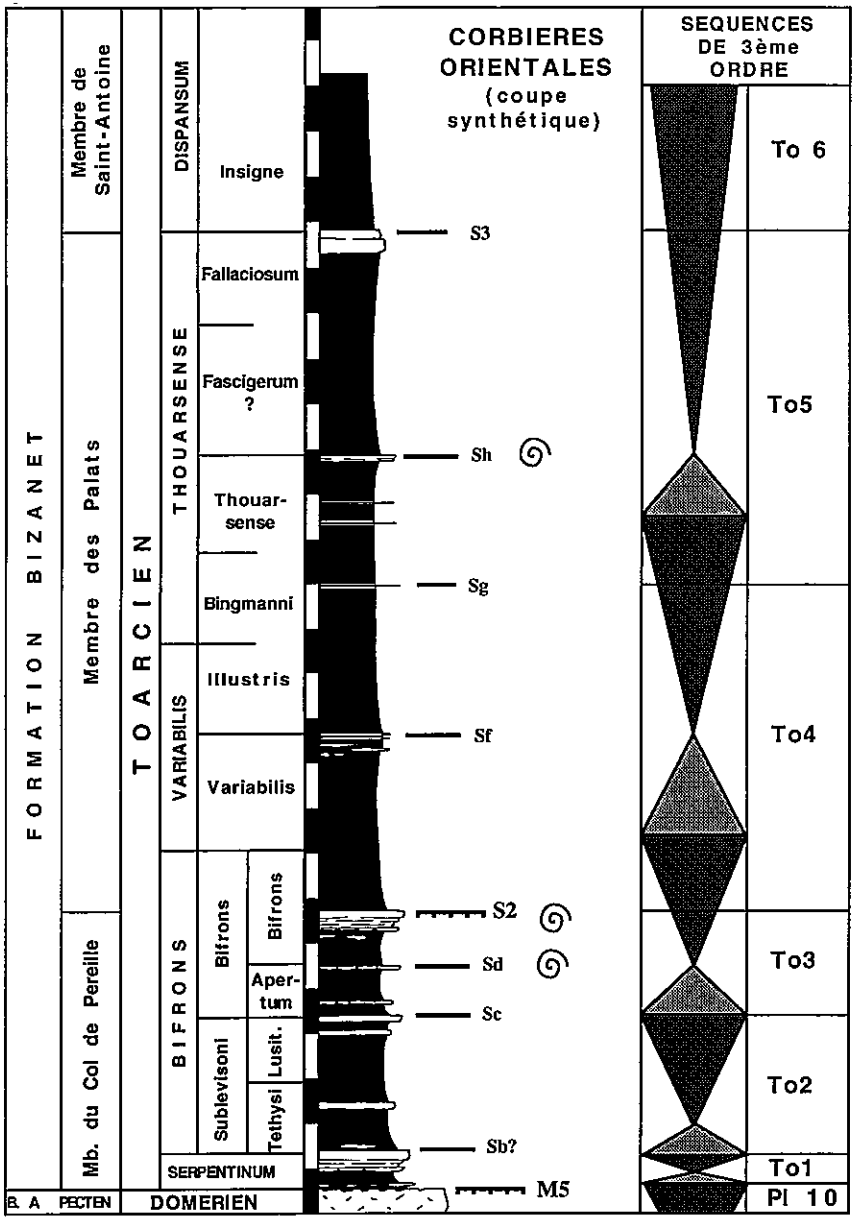


Fig. 334 : Essai d'interprétation en terme de stratigraphie séquentielle de la coupe Est du Mont Redonnel (décrite p. 397, fig. 202) (Lobe de Fontjoncouse, Corbières orientales)

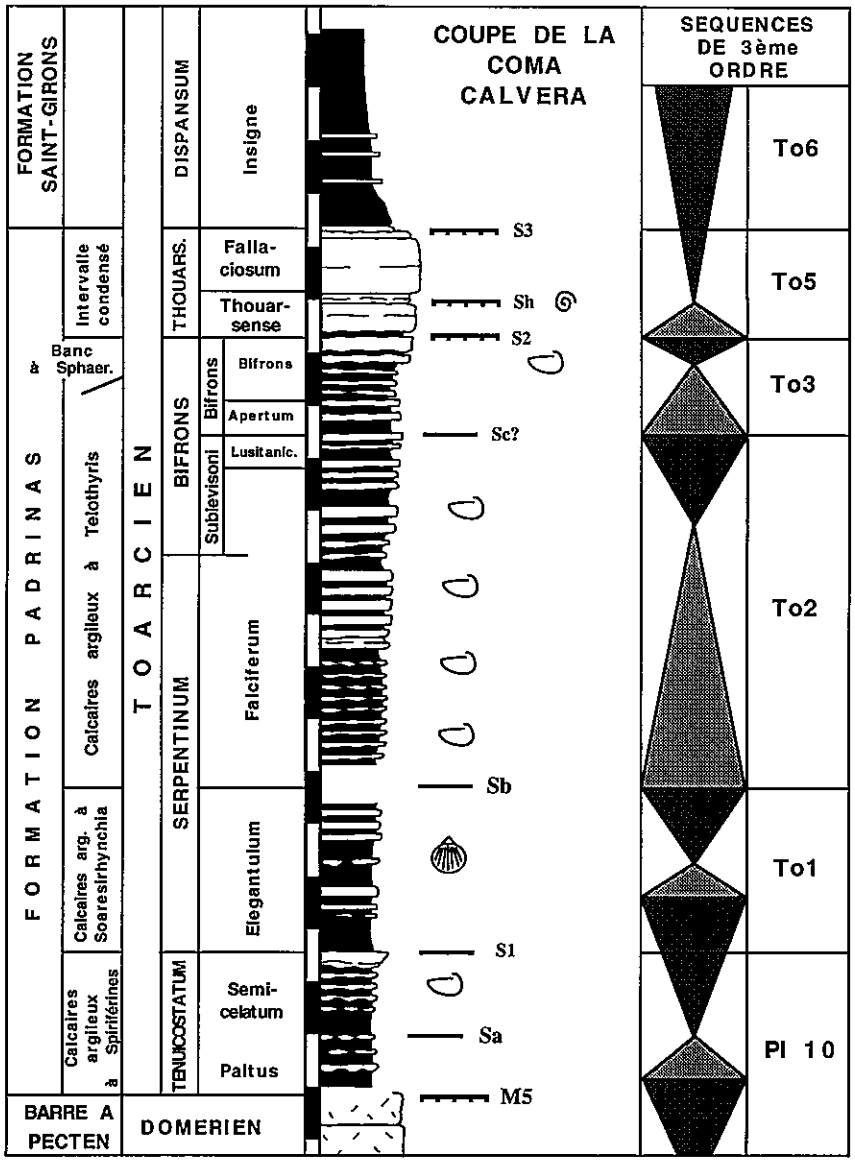


Fig. 333 : Essai d'interprétation en terme de stratigraphie séquentielle de la coupe de la Coma, à Calvera (décrite p. 534, fig. 276) (Zone Sud-pyrénéenne occidentale).

Séquence To 4. Sous-zone à Bifrons à sous-zone à Bingmanni pro parte :

Sur les deux versants des Pyrénées, cette séquence inaugure une longue période de condensation et de déplétion sédimentaire induite par un arrêt de la subsidence au niveau du bloc stable des Pyrénées centrales (fig. 327 et 329). Il s'agit de l'Intervalle condensé intra-toarcien. La séquence n'est ainsi présente dans sa totalité que dans les Corbières (fig. 334), les Pyrénées basques et, partiellement, dans les Sierras Marginales méridionales (fig. 335). Elle est absente partout ailleurs.

. Dans les Corbières orientales (fig. 334), les horizons à Bifrons (partie supérieur) et à Semipolitum correspondent à un épisode de bas niveau marin relatif. Ils se biseautent progressivement vers l'Ouest, en direction du Seuil de Carcassonne, et ils sont absents dans les Pyrénées ariégeoises (fig. 327).

. Les dépôts de la sous-zone à Variabilis sont plus largement représentés. Le niveau condensé à *Haugia* et *Catacoeloceras* attribué à la discontinuité Sf se place en position de surface d'inondation maximale (fig. 327 et 334). Il est aussi représenté par des sédiments oolithiques condensés ("Oolithe de Boussac") dans les Corbières orientales et est présent au sommet de "l'Intervalle condensé toarcien" dans le secteur de Saint-Girons (Ariège).

. Le haut niveau marin de la sous-zone à Illustris permet dans les Corbières, une uniformisation de la paléogéographie avec une généralisation de la sédimentation marneuse. L'importante bathymétrie ne permet pas toujours de déceler la limite supérieure de la séquence (discontinuité Sg), située à la base de la sous-zone à Bingmanni dans le Lobe de Fontjoncouse (coupe du Mont Redonnel) (fig. 334).

Séquence To 5. Sous-zone à Bingmanni à sous-zone à Fallaciosum :

Dans les Pyrénées centrales et méridionales, les cortèges et les limites de la séquence sont difficiles à localiser en raison de la déplétion sédimentaire et de l'irrégularité des dépôts (fig. 327-329). Dans les Corbières, son étude est aussi rendue très difficile en raison de l'importance de la subsidence, de la bathymétrie et des dépôts uniformément marneux (fig. 327 et 334).

. La sous-zone à Bingmanni, présente dans les marnes du Membre des Palats (Corbières), mais absente partout ailleurs dans les Pyrénées, semble représentative d'un cortège de bas niveau marin relatif (fig. 334).

. La "Dalle à *Grammoceras*", horizon condensé à ammonites du sommet de la sous-zone à Thouarsense, attribuée à la discontinuité Sh, est assimilable à une surface d'inondation maximale (fig. 334). Dans les Pyrénées méridionales, cet horizon repose sur divers niveaux s'échelonnant de la sous-zone à Illustris (Alòs de Balaguer et Camarasa) (fig. 335) à la sous-zone à Bifrons (coupe de Calvera, fig. 333). Dans le Alt Empordà, il est transgressif sur la Barre à Pecten (coupe de Figueres).

. Le haut niveau marin de la sous-zone à Fallaciosum, bien représenté dans les Corbières dans le sommet du Membre des Palats (fig. 334), est particulièrement condensé dans l'ensemble des Pyrénées centrales. La discontinuité S3 qui le recouvre est interprétée comme la limite supérieure de la séquence. Les mêmes observations sont faites dans le Quercy par R. CUBAYNES (1986).

Séquence To 6. Sous-zone à Insigne à sous-zone à Pseudoradiosa :

Les dépôts terrigènes et l'absence de jalon biostratigrahique n'en facilitent pas l'étude dans les Corbières (fig. 327, 334) et les Pyrénées centrales. Dans les Sierras Marginales méridionales cette séquence est représentée par moins de 1 m de sédiments (fig. 335).

. La zone à Dispansum, rarement représentée dans l'Intervalle condensé des Sierras Marginales, est attribuée à une période de bas niveau marin. Dans les Corbières, l'Ariège et la Zone Sud-pyrénéenne , un à-coup de distension permet l'accumulation de l'essentiel des sédiments marneux du Toarcien (Membre de Saint-Antoine, Formation Saint-Girons)(fig. 327 et 329).

. La sous-zone à Levesquei, plus largement représentée dans "l'Intervalle condensé intra-toarcien", peut être attribuée à une période de haut niveau marin. Dans les Sierras Marginales, la séquence est tronquée par les surfaces durcies S3c et S3d. La dernière est datée de la base de la sous-zone à Pseudoradiosa (fig. 335).

Séquence To 7. Sous-zone à Pseudoradiosa à sous-zone à Mactra :

La séquence est particulièrement développée dans le Comminges et les Sierras Marginales (fig. 329 et 335), où, par suite d'un nouvel à-coup de distension et de subsidence, s'accumulent, en période de bas niveau marin, une cinquantaine de mètres de sédiments marneux appartenant à l'Horizon à Subundulata. La vacuité sédimentaire règne toujours dans les Pyrénées basques (coupe de Chapoénéa)(fig. 328).

Le comblement rapide de l'espace disponible permet, en période de haut niveau marin relatif, la colonisation de la plate-forme qui entoure le Haut-fond occitan par les organismes benthiques de l'Assise à Gryphées. La séquence est surmontée par une discontinuité S4 post-Mactra, peu visible (fig. 336).

Séquence To 8. Sous-zone à Mactra, horizon à Celtica à sous-zone à Opalinum :

Un nouvel à-coup de distension détermine une séquence du même type que la précédente, avec un déplacement du dépôt-centre vers le bassin ouest-aquitain qui illustre bien la diminution de l'espace disponible à la fin du Toarcien.

. La séquence est en totalité représentée dans les marnes de la Formation du Baset.

. Dans les Corbières, son inondation maximale et son haut niveau semble pouvoir être représenté par les dépôts à brachiopodes (*Rhynchonelloidea ruthenensis*) des sous-zones à Lugdunensis et à Opalinum (fig. 336).

. La discontinuité Da, limite supérieure de la séquence, se place à peu près à la limite Toarcien –Aalénien dans le Béarn (coupes de Sarrance et du Mail Arrouy), au-dessus de la zone à Opalinum dans les Corbières (Les Justices) où il existe localement un niveau de tuf éruptif (coupe de l'Artiguadot).

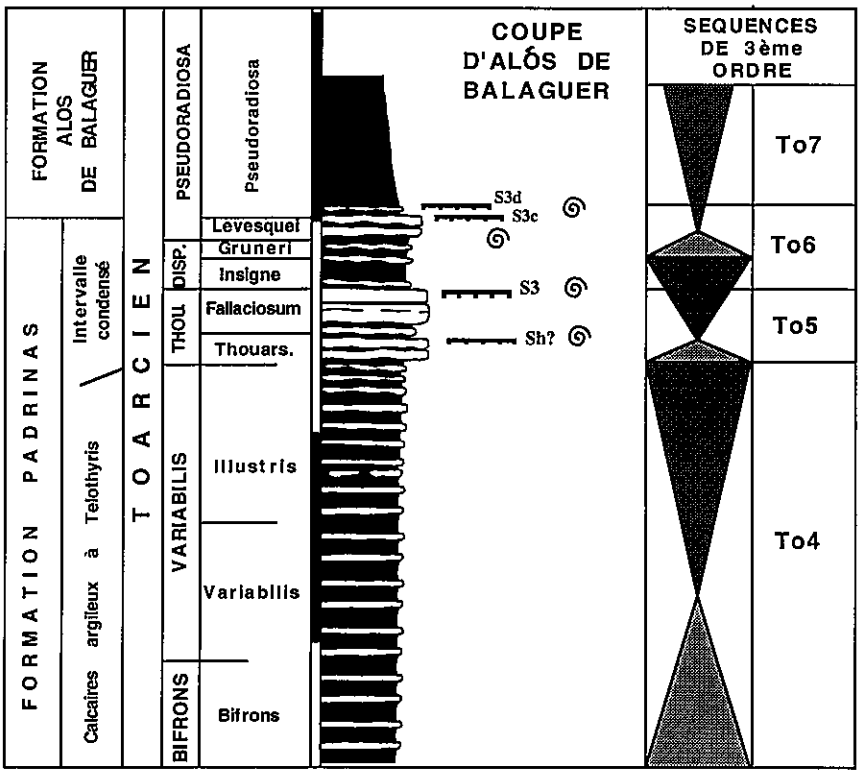


fig. 335 : Le Toarcien moyen – supérieur des Sierras Marginales méridionales (coupe décrite p. 545, fig. 284). Essai d'interprétation en terme de stratigraphie séquentielle d'une partie de la coupe d'Alós de Balaguer.

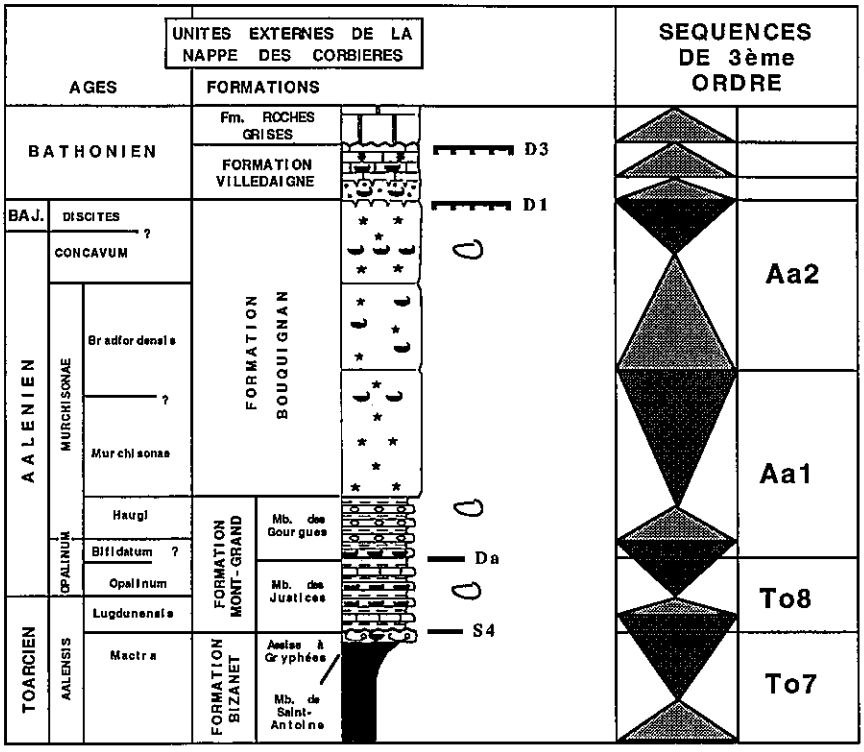


Fig. 336 : Le Toarcien supérieur et l'Aalénien des Corbières orientales (coupe synthétique décrite fig. 224). Essai d'interprétation en terme de stratigraphie séquentielle.

Séquence Aa 1. Sous-zone à Opalinum à sous-zone à Murchisonae :

. Dans les Corbières orientales, l'absence de fossiles (et peut-être de sédimentation pendant la sous-zone à Bifidatum) peut s'expliquer par le contexte de bas niveau marin relatif. Les calcaires marneux du Membre des Gourgues (Formation Mont-Grand) correspondent à l'intervalle transgressif de la séquence. Le biostrome repère à brachiopodes ("Dalle à *Monsardithyris trilineata*") peut matérialiser l'inondation maximale de la séquence. L'essentiel des calcaires à chailles de plate-forme de la Formation Bouquignan s'est déposé en période de haut niveau marin (fig. 336).

Séquence Aa 2. Sous-zone à Bradfordensis à zones à Concavum et à Discites :

. La séquence n'est bien représentée par des sédiments marno-carbonatés à ammonites que dans la partie inférieure de la Formation Escot des Pyrénées occidentales. Nous attribuons à son inondation maximale les biostromes à *Monsardithyris cortonensis* présents au sommet de la Formation Bouquignan (Corbières orientales) (fig. 336) et dans la Formation Santa Linya (Pyrénées méridionales).

. La limite supérieure de la séquence y est par contre bien marquée par une surface ondulée, plus ou moins érodée, la discontinuité D1.

SÉQUENCE	BASE DE SÉQUENCES	SOMMET DU BAS-NIVEAU	SURFACE D'INONDATION MAXIMALE
Bj 1	Discites (**D1**)		
Aa 2	Post-zone à Murchisonae	Concavum	Biostrome à *Monsardithyris cortonensis*
Aa 1	Opalinum (**Da**)	base Haugi *	Biostrome à *Monsardithyris trilineata* (Post-Haugi *)
To 8	Post-horizon à Mactra (**S4**)	Post-horizon à Celtica	Lugdunensis
To 7	Post-horizon à Pseudoradiosa (**S3d**)	Post-horizon à Subundulata	sommet de Pseudoradiosa
To 6	Post-Fallaciosum (**S3**)	Zone à Dispansum	Post-Levesquei (**S3c**)
To 5	Base Bingmanni (**Sg**)	Thouarsense	Sommet Thouarsense (**Sh**)
To 4	Intra-Bifrons (**S2**)	Post-horizon à Semipolitum (Se ?)	Variabilis (**Sf**)
To 3	Post-horizon à Sublevisoni (**Sc**)	Horizon à Lusitanicum	Horizon à Apertum (**Sd**)
To 2	Post-Elegantulum (**Sb**)	Falciferum	Sublevisoni
To 1	Post-Semicelatum (**S1**)	Elegantulum	Elegantulum

Fig. 337 : Âge et numérotation des surfaces caractéristiques en stratigraphie séquentielle dans le Toarcien et l'Aalénien des Pyrénées (sauf indication contraire, la biozonation correspond à des sous-zones d'ammonites) (* : données déduites du bassin subalpin *in* P.-C. de GRACIANSKY *et al.*, 1993)

V - SYNTHÈSE

Le Lias des Pyrénées s'inscrit dans un cycle transgressif – régressif majeur (de 1er ordre) situé entre les maxima régressifs du Norien et de l'Aalénien supérieur, correspondant au Cycle Ligure de M. LEMOINE et P.-C. de GRACIANSKY (1988). Son évolution s'effectue au travers de quatre cycles transgressifs – régressifs de deuxième ordre et de 28 séquences de dépôts de troisième ordre (fig. 338).

1 - Le Cycle transgressif-régressif de 2ème ordre du Norien-Sinémurien : Il se déroule en totalité dans les environnements margino-littoraux peu ou pas atteints par les maxima de transgression enregistrés sur les marges de la Téthys (P.-C. de GRACIANSKY *et al.*, 1998). La transgression du Rhétien et de l'Hettangien conduit à la mise en place d'une plate-forme au Sinémurien suivie, à la fin du Lotharingien moyen, d'un maximum de régression avec arrêt généralisé de la sédimentation.

2 - Le Cycle transgressif-régressif de 2ème ordre du Lotharingien supérieur - Carixien : Il détermine l'aggradation des séquences Si 4 et Pl 1(zone à Raricostatum et sous-zones à Taylori - Polymorphus). Avec la séquence Pl 3 débute la retrogradation et l'ennoiement des bordures de plate-forme par les dépôts marneux de la zone à Jamesoni. Le maximum de transgression de la séquence Pl 4 permet, pendant la sous-zone Luridum, la submersion de la plupart des hauts-fonds. Dans le Languedoc, une phase de remplissage permet le dépôt d'une importante épaisseur de calcaires à chailles sur la bordure de la plate-forme occitane alors que des dépôts condensés peuvent être observés dans les régions plus distales du sous-bassin languedocien. Les séquences progradantes Pl 4', Pl 5 et Pl 6 conduisent au maximum régressif de la sous-zone à Stokesi.

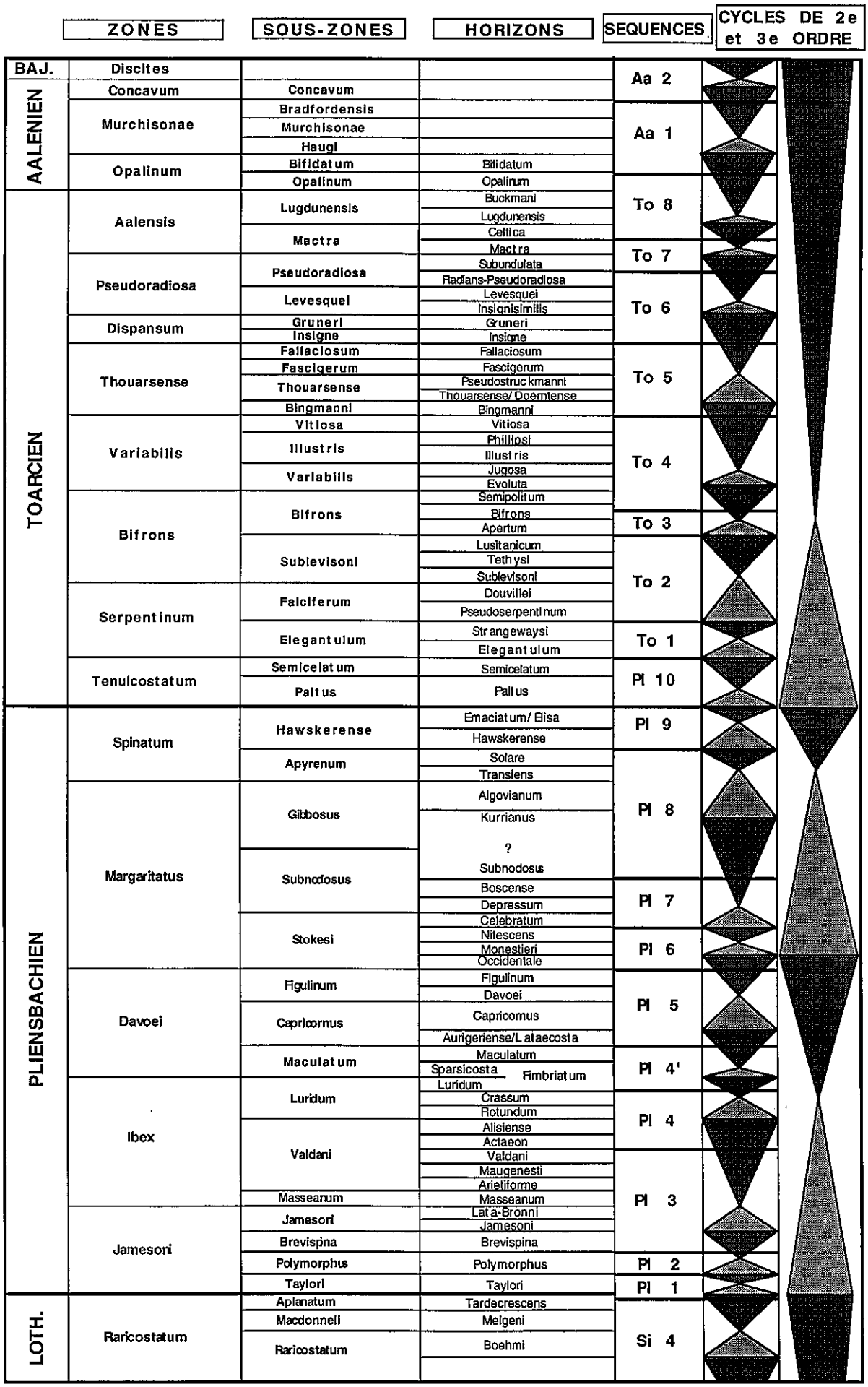


Fig. 338: Interprétation synthétique, en termes de stratigraphie séquentielle, du Lias des Pyrénées.

3 - Le Cycle transgressif-régressif du 2ème ordre du Domérien : La transgression de la sous-zone à Subnodosus est déterminée par un à-coup distensif et un approfondissement brutal. La séquence Pl 7 connaît une importante phase de remplissage. Le comblement est illustré par la progradation des séquence Pl 8 et Pl 9. Le maximum de transgression est atteint au Domérien supérieur avec la submersion de tous les hauts-fonds alors que le comblement de la paléotopographie est presque total. Il est rapidement suivi par un maximum de régression situé à la limite Domérien - Toarcien.

4 - Le Cycle transgressif-régressif du 2ème ordre du Toarcien – Aalénien : L'évènement anoxique majeur qui affecte habituellement la phase transgressive du cycle n'intéresse qu'une partie du sous-Bassin languedocien. Par contre, la majeure partie de l'aire centro-pyrénéenne reste soumise à des dépôts marno-carbonatés à brachiopodes, de plate-forme infra-littorale à fonds bien oxygénés. La phase d'aggradation des séquences Pl 10, To 1, To 2 et To 3 conduit au maximum de trangression de la sous-zone à Sublevisoni et de la base de la sous-zone à Bifrons.

Elle est suivie par une période de vacuité sédimentaire et de condensation des dépôts ("Intervalle condensé intra-toarcien") correspondant aux séquences To 4 et To 5, sur l'essentiel du craton centro-pyrénéen, To 6 plus localement (Sierra Marginales méridionales).

La séquence To 6 inaugure une période d'extension polyphasée avec approfondissement rapide du milieu de dépôt, retour de la sédimentation marneuse et remplissage. Le comblement rapide de l'aire de dépôt centro-pyrénéenne permet la progradation des sédiments marneux appartenant aux séquences suivantes To 7, To 8 et Aa 1. Les trois dernières séquences sont caractérisées par la grande épaisseur de leur dépôt de bas niveau marin. Elles se succèdent latéralement, la plus récente des séquences étant rejetée vers la périphérie du domaine pyrénéen, avec une polarité atlantique sur le versant nord des Pyrénées et une polarité ibérique (vers le Sud) dans son versant sud. Le comblement conduit à la plate-forme de l'Aalénien moyen. Le maximum de régression de l'Aalénien supérieur et du Bajocien inférieur détermine l'émersion de la partie orientale du domaine pyrénéen au niveau de la discontinuité D1, limite supérieure de notre étude.

VI - ESSAI DE CORRÉLATION ENTRE LA COMPOSITION DES FAUNES ET LA TENDANCE EUSTATIQUE

Les ammonites :

Ces organismes pélagiques sont présents dans la région pyrénéenne dès que l'ouverture marine et le niveau tectono-eustatique sont suffisants pour en permettre la dissémination. Les ammonites seront ainsi surtout abondantes durant les périodes transgressives ou de haut niveau marin. Toutefois, elles sont présentes dans tous les types d'environnement et de cortège sédimentaire.

- Leur abondance sera surtout fonction du taux de sédimentation. Pour cette raison, les niveaux de condensation à ammonites correspondront fréquemment à des surfaces d'inondation maximale du 3ème ordre, par exemple :

Le niveau condensé à *Pleuroceras* de la séquence Pl 9 (discontinuité Mi, fig. 331) ;

Le "Banc à *Grammoceras*" de la séquence To 5 (discontinuité Sh, fig. 334).

- Plusieurs de ces surfaces d'inondation maximale coïncident avec une transgression faunique, courte période d'extension d'un taxon, fournissant ainsi un niveau-repère corrélable sur une grande superficie, par exemple :

L'horizon à *Lytoceras fimbriatum* de la séquence Pl 4', présent sur toute l'étendue des Corbières ;

L'horizon à *Prodactylioceras davoei* de la séquence Pl 5 étendu à l'ensemble des plates-formes du Sud de l'Europe (J.-L. DOMMERGUES *et al.*, 1984) ;

- Les relations entre la répartition des faunes d'ammonites et le niveau eustatique ont été abordées par R. MOUTERDE *et al.* (1990), J.-L. DOMMERGUES et C. MEISTER (1991) et, sur la base d'analyses quantitatives, par C. MEISTER et G. STAMPFELI (2000). Les périodes de haut niveau marin sont plus favorables à la dissémination des faunes et au développement de faunes ubiquistes, alors que les périodes de bas niveau marin relatif peuvent voir se développer des phénomènes d'endémisme.

La diversité des faunes d'ammonites, faible dans le domaine ibéro-pyrénéen durant les sous-zones à Taylori et à Jamesoni (rares *Oxynoticeratidae* et *Eoderoceratidae*), augmente avec l'élévation progressive du niveau marin relatif au cours du Carixien. Elle atteint son maximum autour du pic de transgression du 2ème ordre du Carixien moyen (fig. 338), période pendant laquelle de nombreux taxons téthysiens envahissent les confins méridionaux de l'Europe. Elle régresse avec le comblement et la baisse du niveau marin de la zone à Davoei, période pendant laquelle les faunes (*Androgynoceratidae*) sont le plus souvent oligospécifiques. *Prodactylioceras aurigeriense*, taxon endémique des bassins ibéro-pyrénéens, semble se développer électivement pendant le bas niveau marin de la séquence Pl 5.

Le maximum de transgression du Domérien inférieur (fig. 338) marque le retour à une importante biodiversité, en même temps qu'apparaissent, en abondance, des taxons d'origine téthysienne (*Harpoceratinae*). A partir de la sous-zone à Gibbosus, s'amorce, avec le comblement, une nouvelle diminution de la diversité des ammonites ainsi qu'une accentuation du provincialisme. La diversité est minimale dans la zone à Spinatum, avec essentiellement, des populations peu diversifiées de *Pleuroceras*. Il faut noter que dans ce contexte régressif, deux pics de transgression du 3ème ordre sont marqués dans le domaine pyrénéen par la brève abondance *d'Arieticeratinae* téthysiens tels les genres *Arieticeras* autour du maximum d'inondation de la séquence Pl 8 et *Emaciaticeras*, lors de la séquence Pl 9 (fig. 331).

Au Toarcien basal, la transgression et le haut niveau marin de la séquence Pl 10 coïncident avec l'expansion des *Dactylioceratidae* d'origine téthysienne.

L'élévation constante du niveau marin au cours des zones à Serpentinum et à Bifrons favorise la large diffusion des ammonites, pour la plupart ubiquistes (*Hildoceratacaea*) (séquences To 1 et To 2).

La biodiversité diminue ensuite avec la zone à Varabilis. Elle est minimale dans les zones à Thouarsense et à Dispansum, période pendant lesquelles la baisse progressive du niveau marin relatif se traduit par un fort provincialisme des ammonites et par le développement de particularismes fauniques dans les domaines caussenard et languedocien.

De la zone à Pseudoradiosa à la zone à Murchisonae, les ammonites, à nouveau bien diversifiées, sont essentiellement ubiquistes. La diminution de la tranche d'eau n'empêche pas l'expansion vers les plates-formes européennes du domaine paléobiologique téthysien, vraisemblablement en raison de l'augmentation constante du niveau marin relatif et de l'effondrement des barrières paléogéographiques.

Les brachiopodes :

Nous avons constaté que les brachiopodes se regroupaient fréquemment en "niveaux-repère" correspondant à des biostromes mono- ou oligospécifiques faciles à identifier sur les coupes et corrélables sur une plus ou moins grande surface. Nous postulons, à la suite de J.-P GARCIA *et al.* (1996), que ces horizons correspondent à des surfaces d'inondation maximale, l'induration du substrat et la diminution du flux sédimentaire étant temporairement favorables au développement des communautés de brachiopodes. Plusieurs de ces surfaces sont bien répertoriées :

L'"Assise à *Gibbirhynchia curviceps*" de la séquence Pl 1, étendue aux Pyrénées languedociennes et méridionales ;

L'"Assise à *Cuersithyris radstockiensis*" de la séquence Pl 2, étendue à l'ensemble des Pyrénées ;

L'"assise à *Lobothyris punctata subpunctata*" de la séquence Pl 4 (et également Pl 4' dans l'Ariège) étendue à la partie orientale des deux versants des Pyrénées ;

Le "Banc à *Sphaeroidothyris decipiens-vari*" de la séquence To 3, étendu aux Pyrénées centrales et à la Zone Sud-pyrénéenne.

- D'autres niveaux condensés à brachiopodes, d'extension plus locale, sont également placés, par extrapolation, au niveau des surfaces d'inondation maximale de notre charte :

Le niveau condensé à *Lobothyris punctata subpunctata* présent dans la séquence Pl 5 des Sierras Marginales (fig. 330) et de l'Ariège ;

Le niveau condensé riche en brachiopodes de la séquence Pl 8, présent, de façon assez constante sous la Barre à Pecten, dans les Corbières, le Béarn et les Pyrénées méridionales (fig. 330) ;

L'acmé des *Liospiriferina falloti* dans la séquence Pl 10 (fig. 333) ;

Le biostrome à *Soaresirhynchia bouchardi* de la séquence To 1 (fig. 333) ;

Certains niveaux condensés à *Telothyris* et *Homoeorhynchia* appartenant à la séquence To 2 ;

Les biostromes à *Rhynchonelloidea ruthenensis* de la séquence To 8 (fig. 336) ;

La "Dalle à *Monsardithyris trilineata*" de la séquence Aa 1 des Corbières orientales (fig. 336) ;

Le niveau à *Monsardithyris cortonensis* de la séquence Aa 2 des Corbières (fig. 336) et des Pyrénées méridionales.

Il apparaît ainsi très significatif que ces niveaux-repère sont rythmés par des cycles transgressifs - régressifs de 3ème ordre et qu'un renouvellement total des associations de brachiopodes intervient entre chacun.

- Entre les niveaux-repère, l'abondance des populations de brachiopodes semble plutôt liée :

Aux périodes de transgression du 2ème ordre (fig. 338) : Carixien inférieur et moyen, jusqu'au sommet de la zone à Ibex, Toarcien inférieur et moyen, jusqu'à la zone à Bifrons.

Aux périodes de comblement associées à la mise en place de conditions de plate-forme externe carbonatée : Domérien supérieur, Toarcien terminal et Aalénien.

- A l'inverse, l'expansion des brachiopodes est fortement freinée par des conditions paléoenvironnementales particulières fréquemment liées aux périodes de comblement :

Période d'accumulation de terrigène en phase de bas niveau marin relatif, comme dans les sous-zones à Subnodosus et à Gibbosus (partie inférieure) et les zones à Dispansum et à Pseudoradiosa.

Période de vacuité de sédimentation sur une plate-forme peu profonde soumise à un fort hydrodynamisme, comme réalisée au niveau de l'Intervalle condensé intra-toarcien.

- Parfois, l'absence ou la faible diversité des brachiopodes ne trouve aucune explication paléoécologique apparente autre que sa coïncidence avec une période de baisse des eaux . C'est le cas de :

La zone à Davoei, en particulier sur le versant nord des Pyrénées ;

La sous-zone à Bifidatum (fig. 336) qui, malgré des environnements assez favorables à la faune benthique, n'a fourni aucun brachiopode dans les Corbières orientales et les Pyrénées méridionales.

L'absence des *Sphaeroidothyris* dans le Toarcien moyen des Pyrénées languedociennes (Membre du Col de Pereille) semble résulter d'une configuration paléogéographique locale qui s'oppose à la diffusion des faunes ibériques dans le domaine languedocien.

RÉSULTATS PALÉOGÉOGRAPHIQUES

I - LE CADRE DE L'ÉVOLUTION GÉODYNAMIQUE 653
A - LE CADRE GLOBAL 653
B - LA NOTION DE PLAQUE IBÉRIQUE 654
C - LES MODÈLES GÉODYNAMIQUES 654
D - L'ÉVOLUTION GÉODYNAMIQUE DU DOMAINE PYRÉNÉEN 656
II - LA PALÉOGÉOGRAPHIE DU DOMAINE PYRÉNÉEN 658
A - LES QUESTIONS POSÉES ET LES MÉTHODES D'ÉTUDE 658
B - LES DISPOSITIFS PALÉOGÉOGRAPHIQUES EN PRÉSENCE 658
C - ESSAI DE CORRÉLATIONS PALÉOGÉOGRAPHIQUES ENTRE LES DEUX VERSANTS DES PYRÉNÉES 659
D - LES RÉSULTATS 660
III - LES PYRÉNÉES LIASIQUES, DOMAINE COMPRIS ENTRE DEUX "MARGES" MOBILES 663
A - LES GRANDES UNITÉS PALÉOGÉOGRAPHIQUES 663
1 - LES BASSINS SÉDIMENTAIRES 663
2 - LES HAUTS-FONDS 664
3 - LEUR RELATIONS MUTUELLES 665
B - PLACE DANS LA TÉTHYS OCCIDENTALE 665
1 - PYRÉNÉES ET DYNAMIQUE LIGURE 665
2 - PYRÉNÉES ET DYNAMIQUE ATLANTIQUE 666
3 - CONCLUSION 667

RÉSULTATS PALÉOGÉOGRAPHIQUES

I - LE CADRE DE L'ÉVOLUTION GÉODYNAMIQUE

A - LE CADRE GLOBAL

La période qui nous intéresse est contemporaine de la fragmentation de la Pangea et de la séparation, à partir du Trias supérieur, des deux superblocs continentaux, le **Gondwana**, au Sud, et la **Laurasia**, au Nord, par l'**Océan téthysien**. La fermeture progressive de la Paléotéthys en découle (B. BIJU DUVAL *et al.*, 1977 ; P. TAPPONNIER, 1977) (fig. 339).

- L'évolution de la Téthys ligure s'effectue en plusieurs phases (L. DERCOURT *et al.*, 1993) : une période de pré-rifting à l'origine de l'ouverture marine progressive qui succède au Trias évaporitique, une phase de rifting marquée par une tectonique en extension, en blocs basculés, au Lias moyen - supérieur, une phase d'expansion océanique dès le Dogger (fig. 309B). La fermeture océanique s'amorce au Crétacé.

- Une déchirure nord-atlantique se dessine dès le Lias à l'Ouest de l'Ibérie. Progressivement océanisée à partir du Crétacé inférieur (fig. 339C), elle se propage vers le Nord, permettant la séparation des blocs Amérique du Nord et Eurasie.

Ce dispositif est transformé au Nord de la microplaque ibérique par un nouvel accident de la même famille que les décrochements nord-pennique et maghrébin, que la plupart des auteurs assimilent à la "Faille Nord-Pyrénéenne". Cet accident absorbe les mouvements relatifs de la plaque ibérique. Il est à l'origine de l'orogène pyrénéo-provençal.

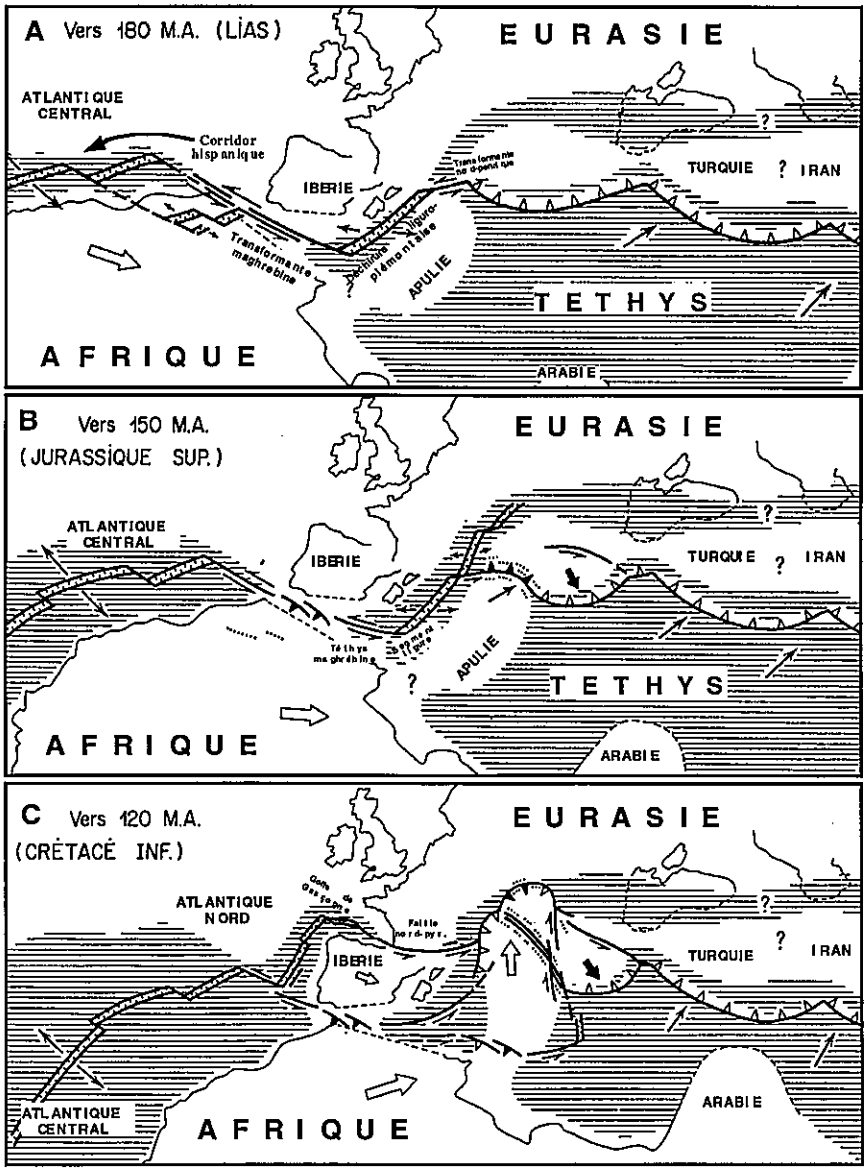


Fig. 339 : Les déformations tectoniques au niveau de la Téthys occidentale et leurs enchaînements du Lias au Crétacé inférieur, d'après P. TAPPONNIER (1977).

B - LA NOTION DE PLAQUE IBÉRIQUE

La micro-plaque ibérique, nettement désolidarisée de ses attaches continentales, au moins à partir du Crétacé, se situe ainsi à un carrefour entre deux océans en expansion, aux confins de trois plaques continentales majeures (Afrique, Eurasie, Amérique du Nord)(fig. 340). Au Sud de l'Ibérie, le rôle transformant de l'axe océanique maghrébin est maintenant bien connu (J.-P. BOUILLIN, 1986). Celui de la déchirure nord-ibérique fait l'objet de controverses : faille nord-pyrénéenne unique au rôle transformant ; zone transformante plus large qui engloberait toute la zone nord pyrénéenne et les Pyrénées méridionales (P. CHOUKROUNE et M. MATTAUER, 1978) ; rift continental écrasé, découpé par des structures transformantes obliques (P. SOUQUET et F. MEDIAVILLA, 1976) ou large zone de déformation située entre le Massif central et la Meseta ibérique. Dans cette acception, la plaque ibérique ne serait plus un ensemble lithosphérique rigide mais, au contraire, constituée d'une mosaïque de blocs crustaux séparés par des accidents en relais (J. CANEROT *et al.* 2001). La Faille Nord-Pyrénéenne des auteurs serait ainsi l'expression de l'un d'eux.

La Chaîne pyrénéenne matérialise un faible segment de cette zone de déformation, la frontière de la plaque s'étendant en effet du bassin alpin à l'axe d'accrétion atlantique (fig. 340). La micro-plaque satellite corso-sarde lui est associée.

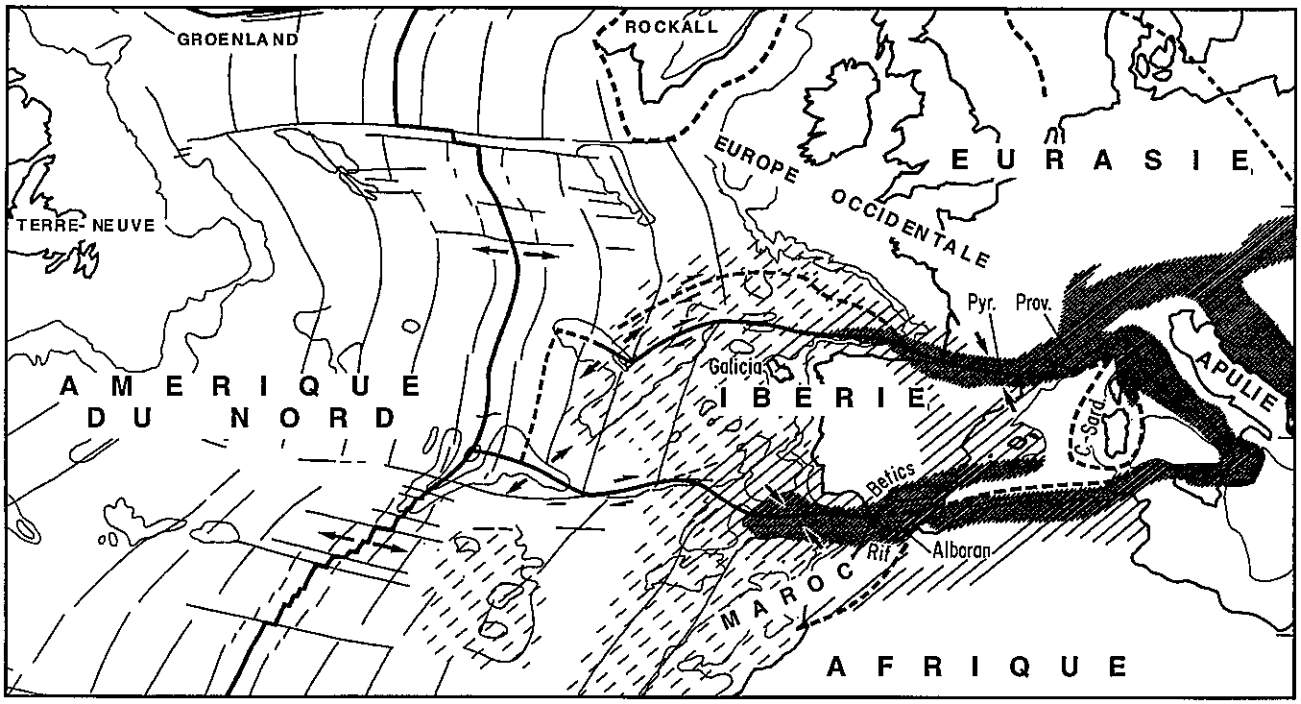


Fig. 340 : La micro-plaque ibérique et ses limites. Situation actuelle d'après J.-L. OLIVET (1996) (Les hachures denses indiquent les frontières de plaques et de sous-plaques fossiles).

C - LES MODÈLES GÉODYNAMIQUES

La relation entre l'ouverture océanique du Golfe de Gascogne et la formation de la Chaîne pyrénéenne est admise depuis longtemps (E. ARGAND, 1922). Elle n'a cependant été que récemment vérifiée par les données paléomagnétiques (R. VAN DER VOO, 1969). On s'accorde pour estimer que la divergence des plaques s'est accompagnée d'une rotation anti-horaire de 35°E environ de l'Ibérie par rapport à l'Europe et que ce mouvement se place entre le Jurassique moyen et le Crétacé supérieur (J.J. SCHOTT *et al.*, 1981 ; MOREAU *et al.* 1992).

Les mouvements de la micro-plaque ibérique sont contraints par les données océaniques du Golfe de Gascogne et du proche atlantique. Il apparaît actuellement que l'hypothèse d'un décrochement entre l'Ibérie et la plaque eurasiatique en est une conséquence incontournable. Cependant, ni la position initiale de la micro-plaque, ni l'âge, ni l'amplitude, ni la cinématique de ce mouvement ne font actuellement l'objet d'un consensus. Nous trouverons dans les synthèses de G. BOILLOT (1984) et de J.-L. OLIVET (1996) un état des connaissances et le résumé des diverses interprétations.

La reconstruction initiale et les modèles cinématiques

La reconstitution de la position de l'Ibérie à la période Jurassique et l'estimation de la translation crétacée de la micro-plaque nécessitent avant tout une interprétation de la géodynamique des bassins para-océaniques profonds qui l'entourent, de leur âge, de leur origine et de leur l'évolution (J.-L. OLIVET, 1996).

1 - **Leur fermeture totale** à la période post-paléozoïque implique un décrochement de 300 à 400 km de l'Ibérie par rapport à l'Europe (fig. 341). Le mouvement de translation de la plaque nécessite un grand décrochement le long d'un accident transformant nord-ibérique, unique, la Faille Nord-Pyrénéenne (P. CHOUKROUNE *et al.*, 1973) ou d'une zone transformante plus large intéressant toute la largeur de orogène pyrénéen (P. CHOUKROUNE *et al,* 1978).

- La translation de l'Ibérie le long de cet accident permettrait une ouverture oblique du golfe de Gascogne selon un (X. LE PICHON *et al.* 1971 ; F. ARTHAUD et P. MATTE, 1975 ; B. BIJU-DUVAL *et al.*, 1971) ou plusieurs (J.A. MALOD et A. MAUFFRET, 1990) pôles de rotation situés au Nord des Pyrénées. A noter qu'une telle translation, qui aurait fonctionné durant le Crétacé supérieur, n'associe pas nécessairement l'ouverture du golfe de Gascogne avec une compression équivalente dans les Pyrénées.

- L'amplitude de ce décrochement se heurte à des obstacles d'ordre surtout paléogéographique, comme l'orientation transverse des lignes isopiques, durant tout le cycle jurassique et infra-crétacé, qui n'enregistrent aucun décalage important entre les deux marges continentales sud-aquitaine et nord-ibérique (B. PEYBERNES et P. SOUQUET, 1975 ; B. PEYBERNES, 1976, 1978 ; J. CANEROT *et al.*, 2001). Il est également contredit par le fonctionnement d'accidents majeurs, tels que la "Transformante de Pamplona", qui recoupent la Chaîne de façon subméridienne (L. DUCASSE *et al.*, 1986 ; Ph. RAZIN, 1989).

- Un autre problème posé par ce modèle est celui du bloc corso-sarde, qui, s'il est attaché à la plaque ibérique, se retrouve exactement au sud du domaine pyrénéen, ce qu'aucun des modèles paléogéographiques, comme géodynamiques, ne permet d'envisager. Le rattachement du bloc corso-sarde au reste du Languedoc provençal se heurterait également à la difficulté de résorber un hiatus de quelques 400 km entre la Catalogne et la pointe sud de la Sardaigne.

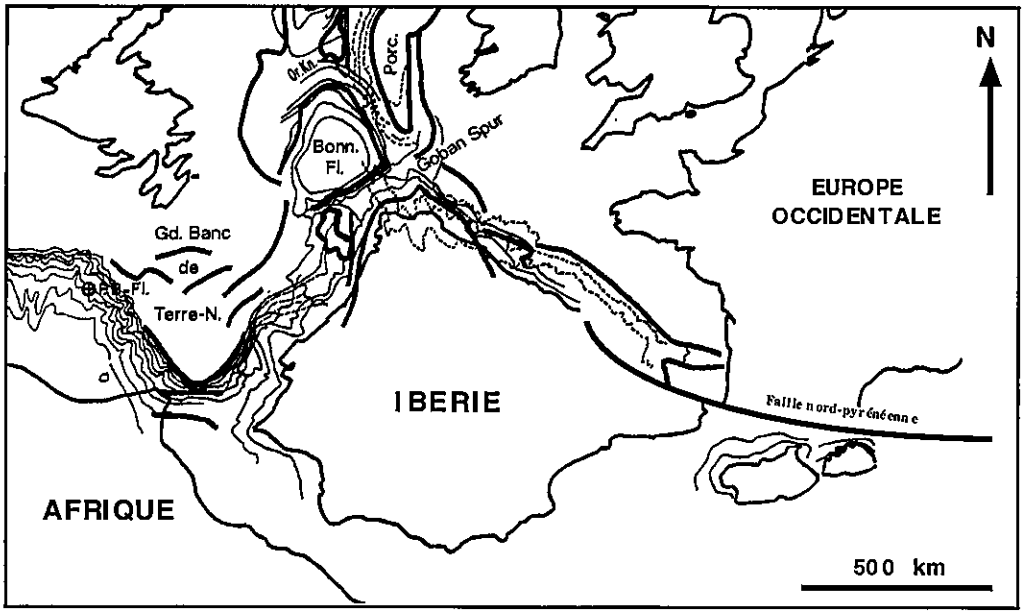


Fig. 341 : Essai de fermeture maximale de tous les bassins péri-ibériques de l'Altantique nord et du Golfe de Gascogne avec décrochement de l'Ibérie et du bloc corso-sarde de plus de 400 km par rapport à l'Europe stable. Translation selon une Faille Nord-Pyrénéenne transformante unique, d'après P. CHOUCKROUNE *et al.* (1973) (adapté de J.-L. OLIVET, 1996).

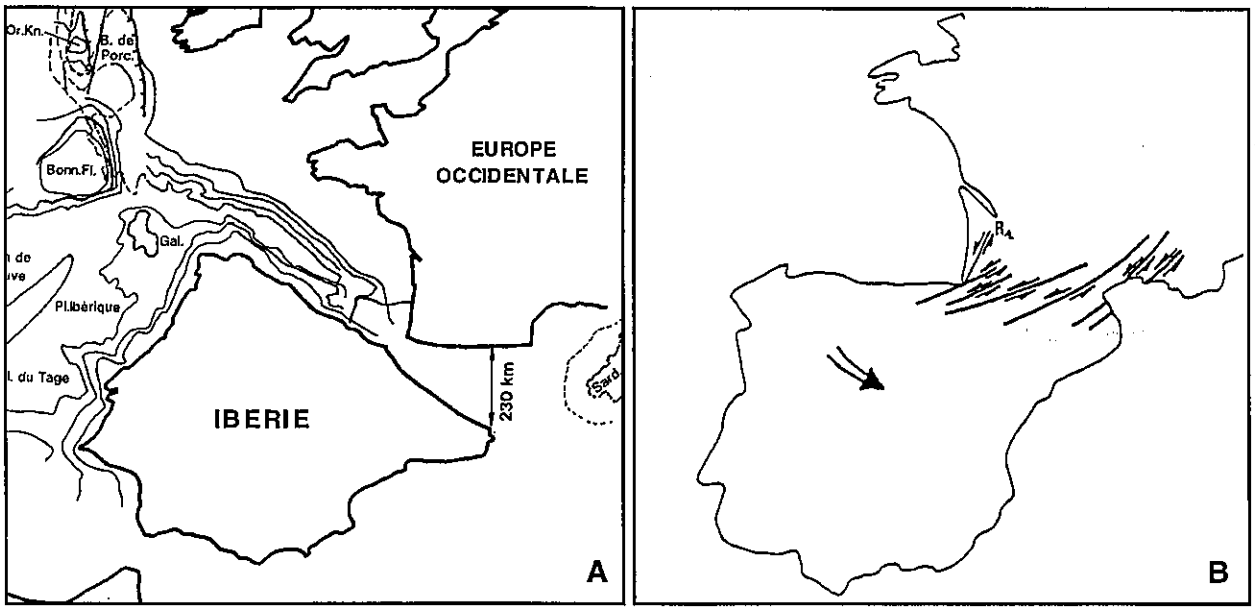


Fig. 342 : A - Un modèle d'ouverture en éventail du Golfe de Gascogne permettant d'annuler presque totalement le décalage entre l'Ibérie et la plaque européenne. B : Mouvement en transpression selon une série de failles transformantes sénestres, d'après B. PEYBERNES (1978).

2 - <u>Leur fermeture partielle</u> revient à laisser subsister autour de la plaque ibérique post-paléozoïque de plus ou moins larges bassins intra-continentaux mais aussi des hiatus océaniques. Ces bassins, vraisemblablement hérités du Paléozoïque, doivent nécessairement résulter d'une première phase de distension permienne ou triasique :

- L'absence totale de décrochement entre l'Ibérie et la plaque européenne (fig. 342) nécessite une ouverture du golfe de Gascogne en éventail. Un des modèles géodynamiques (P. SOUQUET *et al.*, 1976) fait intervenir un mouvement de la plaque ibérique en transpression, selon une zone intercratonique (intracontinentale) occasionnant la déformation progressive des marges d'un paléorift (Trias à Crétacé moyen) prédécoupé par des fractures orientées N60°E à N80°E, assimilées à des failles paléotransformantes (fig. 342B) (P. SOUQUET et F. MEDIAVILLA, 1976), celles-ci ayant pu fortement influencer la paléogéographie (B. PEYBERNES, 1978)(voir aussi fig. 5). La rotation de la plaque s'achève dans un mouvement complexe (P. SOUQUET et E.-J. DEBROAS, 1980 ; B. PEYBERNES, 1978) responsable, à la fois, de la convergence et de coulissements senestres intra-continentaux de direction transverse par rapport à l'axe de la Chaîne.

Cette disposition permet d'annuler le décrochement E-W entre l'Ibérie et l'Eurasie. Elle crée cependant un large bassin au niveau de la Méditerranée occidentale dont les modèles n'expliquent pas le mécanisme de fermeture.

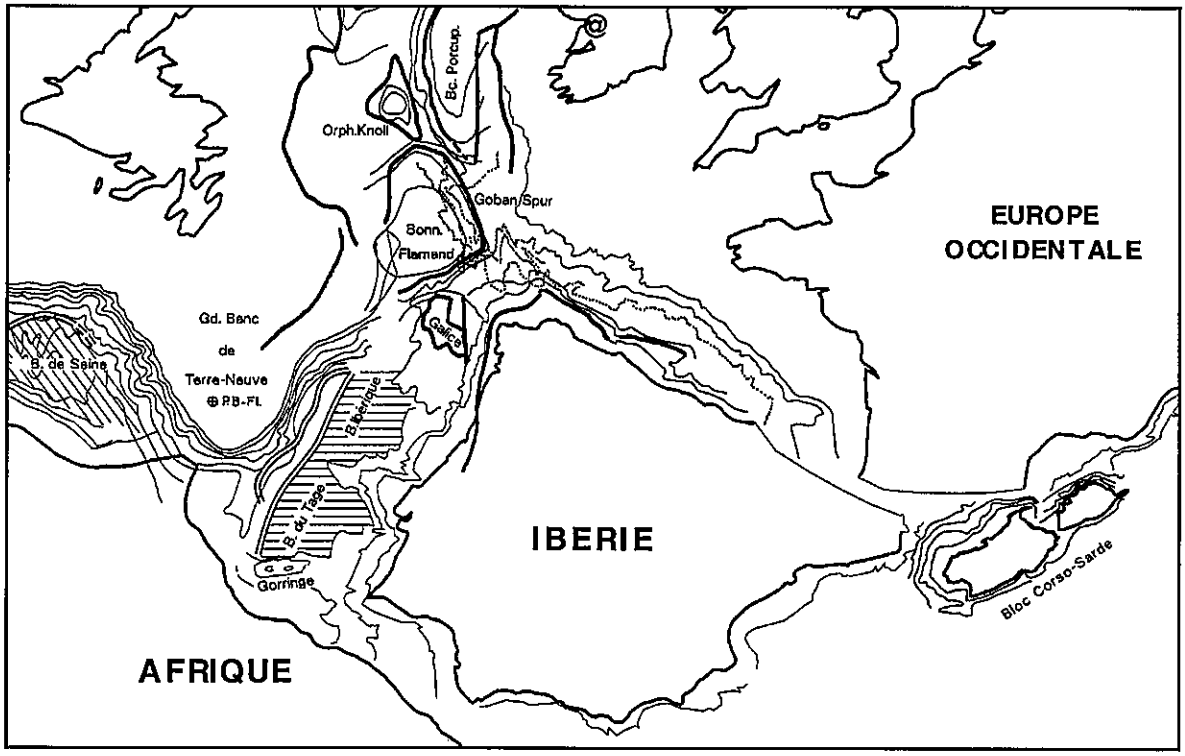


Fig. 343 : Un modèle de fermeture partielle des bassins péri-ibériques limitant fortement le décalage entre l'Ibérie et la plaque européenne, d'après J.-L. OLIVET (1996) (Situation il y a 110 à 120 Ma).

3 - D'autres modèles (fig. 2 et 343) montrent qu'il est possible d'adopter une position intermédiaire (J.-L. OLIVET, 1996). La juxtaposition, sans les déformer, des limites des blocs continentaux autour de l'Ibérie avant l'ouverture océanique du Golfe de Gascogne illustrent cette possibilité. Ce type de solution permet de concilier partiellement les données du terrain et la géophysique des marges continentales.

D - L'ÉVOLUTION GÉODYNAMIQUE DU DOMAINE PYRÉNÉEN

L'évolution du domaine pyrénéen s'explique par une distension répétée (rifting polyphasé) de la croûte continentale depuis le Trias jusqu'au Crétacé inférieur (R. CURNELLE, 1983, 1995). Nous résumons ici les différentes étapes qui ont guidé l'évolution du domaine pyrénéen avant le Lias et conduit, durant la période méso-cénozoïque, à l'édification du système pyrénéen (fig. 344) :

1 - Une phase distensive triasique : L'Ibérie s'est alors lentement écartée de l'Europe, probablement en direction du Sud-Ouest, ce qui a eu pour effet d'amincir progressivement la croûte continentale des marges du golfe de Gascogne, de l'Aquitaine méridionale et de la Zone Nord-pyrénéenne (G. BOILLOT, 1984). Ce mouvement est à l'origine d'une première phase de différenciation du golfe de Gascogne (E. MONTADER et E. WINNOCK, 1971). Cette phase de rifting continental, dont la composante d'étirement semble de direction essentiellement NW-SE (R. CURNELLE, 1983), intéresse de façon plus générale toute l'extrémité sud-orientale de l'Europe où elle permet l'initiation des grands bassins sédimentaires comme le Bassin d'Aquitaine, le Bassin basco-cantabrique et le Bassin du Sud-Est de la France. Dans tous ces bassins, la subsidence active permet le dépôt durant le Trias d'épaisses séries continento-évaporitiques et salifères (R. CURNELLE, 1983). Le volcanisme tholéitique du Keuper en est la conséquence.

Ce mouvement interfère également avec une distension calquée sur des accidents tardi-hercyniens N-S à N50°E, comme le faisceau cévenol ou la faille de Pampelune, failles dont la direction est imposée par la création du domaine océanique liguro-piemontais.

2 - La distension du Barrémien-Albien moyen et la translation de l'Ibérie : Cette phase est provoquée par le découplage des mouvements entre l'Eurasie et l'ensemble Afrique-Ibérie. La translation de l'Ibérie s'effectue en direction du Sud-Est et permet un début d'accrétion océanique dans le Golfe de Gascogne.

Au niveau du domaine pyrénéen, la distension permet la mise en place d'un rift continental non océanisé et la création, entre les marges aquitaine et ibérique, de bassins flysch axiaux, de direction pyrénéenne (N110° à N120°E), sur croûte amincie.

3 - La convergence des plaques au Crétacé terminal et à l'Eocène : Elle s'accompagne d'une subduction limitée sous le marge nord-ibérique du Golfe de Gascogne (G. BOILLOT *et al.*, 1971) et de l'édification, aux dépens des bassins flyschs, de la chaîne intra-continentale des Pyrénées.

De composante Nord-Sud, l'ensemble des déformations ayant affecté les marges des deux plaques est estimé à 150 km au centre des Pyrénées (J.-L. OLIVET, 1996). Le Languedoc et l'ensemble formé par la Corse, la Sardaigne et la Provence cristalline sont affectés d'un même mouvement vers le Nord, d'environ 75 km.

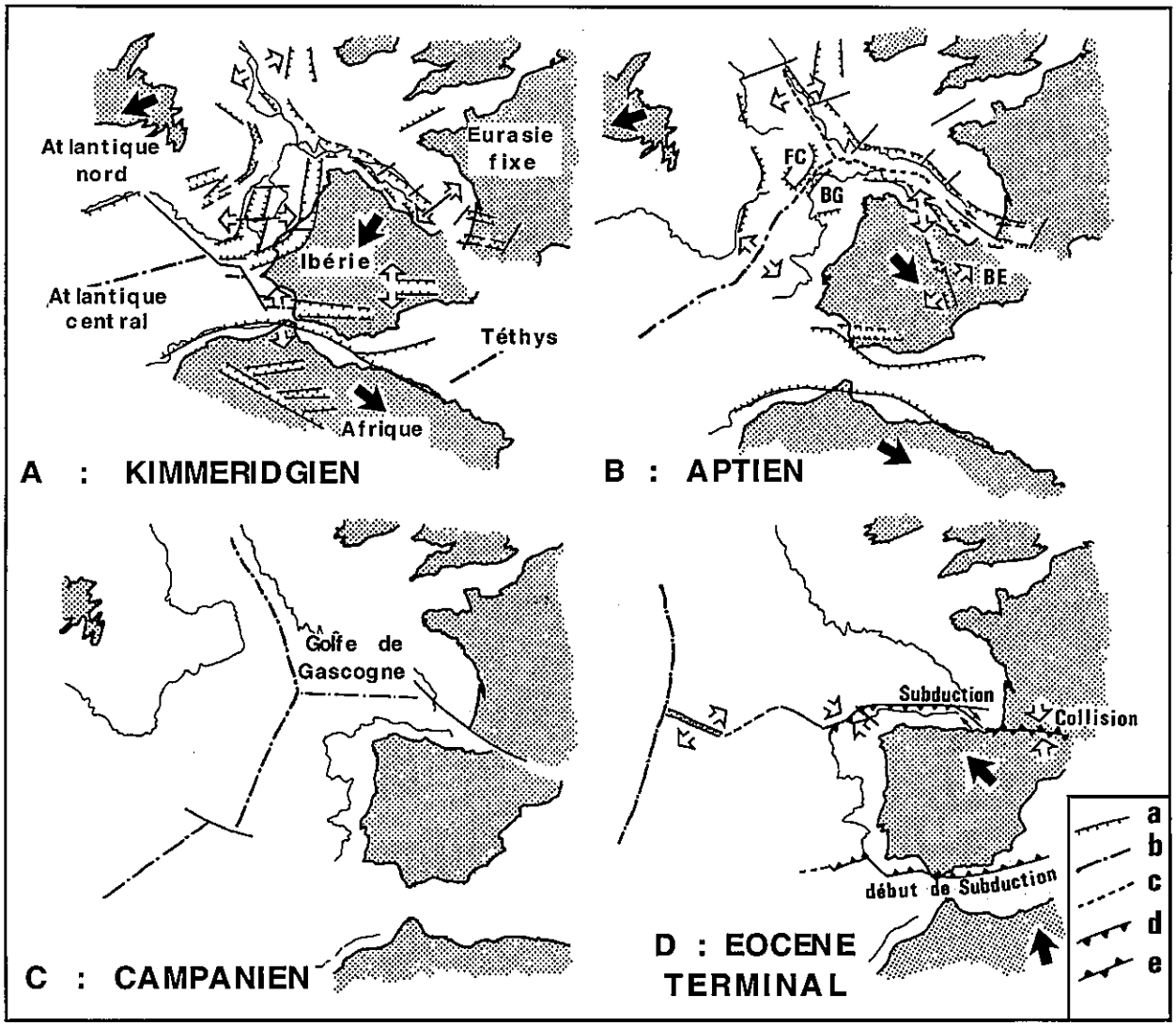


Fig. 344 : Modèle cinématique du début de la phase de rifting jurassique supérieur jusqu'à à la convergence tertiaire, d'après J.-A. MALOD (1989) : (A) Kimméridgien : au début du rifting ; (B) : Aptien : à la fin du rifting ; (C) Campanien : à la fin de l'ouverture du Golfe de Gascogne ; (D) Eocène terminal : lors des phases de convergence tertiaire. BE : bloc de l'Ebre ; BG : banc de Galice ; FC : Flemish Cap.
Symboles : flèches noires : mouvements par rapport à l'Eurasie ; flèches creuses : indicateurs de dynamique locale ; a : bordure de rift ou de bassin ; b : ride médio-océanique ; c : ligne de rupture continentale juste avant l'accrétion océanique ; d : subduction ; e : collision.

II - LA PALÉOGÉOGRAPHIE DU DOMAINE PYRÉNÉEN

A - LES QUESTIONS POSÉES ET LES MÉTHODES D'ÉTUDE

Toute tentative de reconstitution de la paléoposition de la plaque ibérique au Jurassique nécessite d'avoir au préalable répondu aux questions suivantes :

1 - Y a t'il des relations paléogéographiques entre les deux versants de la Chaîne ?

2 - Y a t'il eu déplacement relatif de l'Ibérie par rapport à l'Europe supposée stable ?

3 - Quel est le sens et l'amplitude de ce déplacement ?

4 - Y a t'il eu déplacement de l'Ibérie pendant la période liasique ?

5 - Quelle est la nature de la déchirure nord-ibérique : accident unique ou large zone de déformation ? Quelle est sa signification dans le contexte géodynamique plus général des ouvertures ligure et atlantique ?

Notre apport repose exclusivement sur des méthodes stratigraphiques et paléoenvironnementales. L'étude biostratigraphique de détail permet la réalisation de cartes paléogéographiques des deux versants de la chaîne et de profils stratigraphiques à l'échelle de la séquence de dépôt. Elle vise à mettre en évidence des isopiques et de lignes de faciès franchissant les Pyrénées, dont on pourra déduire les paléopositions respectives des aires de dépôt. L'analyse qualitative des associations fossiles est également prise en compte.

Cette étude est cependant nécessairement incomplète puisque seuls quelques "instantanées" ont été testés, lorsqu'ils permettaient de corréler fiablement une limite de faciès sur les deux versants de la chaîne.

B - LES DISPOSITIFS PALÉOGÉOGRAPHIQUES EN PRÉSENCE

Nous avons identifié, sur les deux versants de la chaîne pyrénéenne, des zones à subsidence modérée, mais persistant tout au long du Lias et des zones de haut-fond dont plusieurs sont le siège d'une dénudation post-liasique (anté-bathonienne ou anté-crétacée). Leur description est détaillée p. 67 et 92 pour le Lias inférieur, p. 359 pour le Lias moyen et p. 593 pour le Lias supérieur. Nous en reprenons ici la description synthétique.

Remarque : Les termes utilisés, bassins, plate-forme, gouttière, haut-fond, s'inscrivent dans la logique du contexte paléogéographique du Jurassique inférieur. Ils n'impliquent que des mouvements lithosphériques très modérés.

Sur le versant nord des Pyrénées, d'Est en Ouest :

Le Sous-bassin Languedocien : Très subsident durant toute la durée du Lias, il reçoit les dépôts particulièrement épais, complets et généralement plus ouverts, de la Nappe des Corbières orientales.

La diminution sensible des épaisseurs de dépôt en direction de l'Ouest et du Sud des Corbières et l'apparition à certaines époques de dépôts condensés à oolithes ferrugineuses (couverture du massif de l'Agly, chaînon de Galamus) sont autant d'indices en faveur d'une amorce de fermeture du bassin dans les Corbières méridionales. Les dénudations anté-crétacées ne permettent pas d'observation sur l'actuel tronçon catalan des Pyrénées.

Le Seuil de Carcassonne : A l'extrémité méridionale du Massif Central, l'absence, par érosion anté-Dogger, de tout dépôt liasique sur une aire correspondant à la Montagne Noire et à une partie du Massif de Mouthoumet, ne permet pas, à priori, de prouver le rôle de seuil joué par cette zone. Il est démontré au Trias supérieur par R. CURNELLE (1983) et est déduit, pour la période liasique, de l'étude de la géométrie des dépôts qui l'abordent sur son flanc oriental (languedocien) et occidental (ariégeois). On peut observer, en direction de son axe :

. A l'Hettangien, la disparition des évaporites de bassin subsident ;
. Au Sinémurien, la disparition des barres oolithiques et l'absence des dépôts du Lotharingien supérieur (Fm. Montredon) ;
. Le biseau de la base du Carixien et les faciès particulièrement condensés et/ou carbonatés de l'étage ;
. Le biseau du Domérien inférieur, la lacune du Toarcien inférieur, puis le biseau du Toarcien moyen ;
. La lacune du Toarcien terminal et de l'Aalénien.

Le seuil semble submergé par la trangression du Domérien supérieur. Il est possiblement recouvert par les dépôts marneux du Toarcien supérieur.

Le bombement de cette zone, postérieurement au Toarcien et à l'Aalénien, provoque l'érosion d'une partie du Lias, des dépôts de plus en plus récents du Dogger reposant habituellement, en direction de l'axe du seuil, sur des niveaux de plus en plus ancien du Lias.

La **Plate-forme ariégeoise**, peu subsidente et portée par un **"Bloc" ariégeois**, est soumise à des dépôts carbonatés, plus ou moins condensés, en particulier au Carixien inférieur - moyen et au Toarcien inférieur - moyen. La couverture du Massif de Bessède-de-Sault et les séries de la Zone Interne Métamorphique du Pays de Sault en représentent les témoins affleurants les plus orientaux.

Le Bassin centro-pyrénéen : Au Lias inférieur et au Pliensbachien, il s'inscrit dans un dispositif subsident large, centré sur le Comminges où il détermine les accumulations bréchiques de l'Hettangien et les épaisses séries terrigènes du Carixien (Fm. Foix) et du Domérien (Fm. Rebouc).

Au Toarcien inférieur et moyen, la subsidence, moins marquée, permet la mise en place d'une plate-forme néritique

centro-pyrénéenne sur laquelle s'épanouissent, dans la Fm. Col d'Estivère, d'abondantes populations de brachiopodes.

Au Toarcien supérieur, le bassin recueille les épais dépôts marneux progradants des Fm. Saint-Girons et Baset.

La Plate-forme béarnaise : Elle est surtout individualisée au Lias inférieur (Haut-fond béarnais des géologues pétroliers) et au Lias moyen où elle correspond à une plate-forme distale, peu subsidente, portée par un "Bloc" béarnais régulièrement incliné vers l'Ouest, avec une nette polarité atlantique. Elle s'étend entre le Gave de Pau et la région du Barétous, dans le Béarn occidental.

A son extrémité orientale, le **Haut-fond de Bigorre occidentale** détermine la lacune du Carixien et du Domérien inférieur – moyen. La transition avec les séries centro-pyrénéennes, épaisses et complètes, est totalement masquée par la discordance du Dogger qui affecte les Chaînons calcaires de Bigorre situés entre les vallées de l'Adour et du Gave de Pau (secteur du Pic de Labassère).

Au Toarcien, la plate-forme béarnaise montre les mêmes environnements néritiques que la plate-forme centro-pyrénéenne et les deux entités sont confondues. Le Haut-fond de Bigorre occidentale, recouvert par la transgression du Domérien supérieur, n'est plus marqué dans la sédimentation.

La partie méridionale de la plate-forme est également accidentée par le **Haut-fond du Haut-Béarn**, zones à sédimentation réduite au Pliensbachien et, dans une moindre mesure, au Toarcien inférieur (Ourdinse et Bergon).

Le Bassin basque : Bassin distal, subsident, caractérisé au Lias moyen et supérieur, par les dépôts argilo-carbonatés rythmiques du type "faciès basque" de G. DUBAR. Il s'exprime pleinement sur le versant nord des Arbailles et dans la zone du Massif Basque qui recueille d'épais dépôts progradants de l'Aalénien et du Bajocien. Sur le versant sud des Arbailles, de nouvelles séries réduites du Pliensbachien et du Toarcien, permettent de définir un **Haut-fond de Haute-Soule**.

Sur le versant sud des Pyrénées, d'Est en Ouest

Le Bassin nord-catalan : Il est représenté par les séries liasiques assez complètes qui affleurent dans les nappes du Alt Empordà. Il suggère l'existence d'un domaine de sédimentation oriental subsident situé dans la partie méridionale du Golfe du Lion.

Le Seuil nord-catalan : Il détermine les dépôts margino-littoraux de l'allochtone de Castell de Bac Grillera. La série liasique réduite de l'Écaille bordière de Gesse – Niort-de-Sault pourrait en constituer un témoin.

Sur le "Massif" catalan et l'essentiel du Tronçon catalan des Pyrénées, le Jurassique est décapé par les érosions crétacées (Serra de Cadi, Amélie-les-Bains).

Le Bassin ibéro-pyrénéen : Il est responsable de l'organisation symétrique des dépôts du Lias des Pyrénées méridionales de part et d'autre de deux axes de subsidence étroits, centrés sur le cours de la haute Noguera Ribagorçana dans la Zone Sud-pyrénéenne ("Gouttière" de la Ribagorça) et sur le cours inférieur du Segre, dans les Sierras Marginales.

. A l'Hettangien, il recueille d'épaisses séries évaporitiques, localement portées à l'affleurement dans les Sierra Marginales ;

. Au Carixien, la subsidence particulièrement intense permet le dépôt, dans la Haute Ribagorça, d'une épaisse série argilo-carbonatée ;

. Au Toarcien supérieur et à l'Aalénien, il reçoit les accumulations argileuses progradantes des Formations Saint-Girons et Alós de Balaguer. La subsidence est alors surtout marquée au méridien de la vallée du Segre.

Le Bassin ibéro-pyrénéen est bordé de zones de plate-forme ou de haut-fond relatif :

- A l'Est, le **Haut-fond du Haut-Llobregat** exprimé par le biseau du Pliensbachien à l'extrémité orientale de la Zone de Pedraforca méridionale, sur la "marge" occidentale du Seuil nord-catalan.

- Au Nord-Est, le **Haut-fond du Alt Urgell**, porté par le "Bloc" du Alt Urgell, situé à l'extrémité orientale de la Zone Sud-pyrénéenne et au niveau de la Zone de Pedraforca septentrionale. Le Carixien y est réduit et particulièrement condensé à sa base. Le Toarcien y montre des faciès de calcaires bioclastiques.

- A l'Ouest, le **Haut-fond du Haut-Aragon**, actif au Carixien. Il se manifeste par les condensations et par les réductions sédimentaires que l'on observe dans la partie occidentale de la Zone Sud-pyrénéenne (chaînons du Haut-Aragon). Ce dispositif est occulté, à l'Ouest du Rio Cinca, par les érosions crétacées. Il n'est plus marqué dans la sédimentation du Toarcien.

Le Bassin de Haute-Navarre : Il s'exprime surtout au Lias supérieur dans la région du synclinorium de Biscaye (Nappe des Marbres, Baztan, Sierra de Aralar). Ses séries sont décapées par l'érosion anté-crétacée à l'Est du Massif paléozoïque des Aldudes.

C - ESSAI DE CORRÉLATIONS PALÉOGÉOGRAPHIQUES ENTRE LES DEUX VERSANTS DES PYRÉNÉES

L'analyse des cartes de répartition des faciès (fig. 28, 40, 186-187 et 308-311) et des profils palinspastiques effectués sur les deux versants des Pyrénées (fig. 29, 184-185 et 306-307) nous révèle une même succession de structures paléogéographiques se correspondant d'un versant à l'autre de la chaîne :

1 - Il est possible d'envisager une continuité entre le **Bassin centro-pyrénéen et le Bassin ibéro-pyrénéen**, par dessus l'actuelle Zone Axiale dénudée :

- Un telle possibilité apparaît dès le Lias inférieur à la seule lecture des cartes d'isopaques (fig. 28) sur lesquelles le "fossé Pau/Tarbes" semble vouloir se prolonger dans le fossé ibéro-pyrénéen. Ces sillons correspondent tous deux à de profonds et étroits grabens remplis d'une centaine de mètres d'évaporites. Seule leur orientation diffère d'une vingtaine de degrés.
- Au Lias moyen, le Carixien supérieur et le Domérien inférieur montrent les mêmes faciès d'alternances marnes - calcaires argileux à ammonites (fig. 187), sans lacune ni condensation au niveau du passage Carixien-Domérien.
- Au Toarcien inférieur, il y a identité de faciès entre la Formation Col d'Estivère du Comminges et la Formation Padrinàs de la Zone Sud-pyrénéenne centro-occidentale. Les paléoenvironnements et les associations de brachiopodes sont communs aux deux bassins (fig. 308A-B).
- Au Toarcien supérieur, l'Intervalle condensé intra-Toarcien présente un âge et des faciès identiques (fig. 309A-B).
- Au Toarcien terminal, la Formation Saint-Girons montre le même faciès de marnes schisteuses noires (fig. 310).

2 - La Plate-forme ariégeoise et la Zone Sud-pyrénéenne orientale (incluant la Zone septentrionale de Pedraforca) présentent de grandes analogies de dépôts. Le "Bloc" ariégeois et le "Bloc" du Alt Urgell sont homologues :

- L'Assise à *Lobothyris* du Carixien moyen est présente sur les bordures orientale et occidentale du Seuil de Carcassonne. Elle est également présente dans la partie orientale de la Zone Sud-pyrénéenne et dans la Zone de Pedraforca (fig. 187A).
- Nous avons déjà souligné l'identité du Toarcien entre les deux versants de la chaîne. Elle est particulièrement frappante lorsque l'on compare les séries de l'Ariège et de la Zone de Pedraforca septentrionale où les faciès bioclastiques des Formations Col d'Estivère et Padrinàs sont identiques. Les mêmes niveaux à brachiopodes (*Soaresirhynchia, Telothyris, Sphaeroidothyris, Homoeorhynchia*) y sont représentés (fig. 308A-B).
- L'Assise à Gryphées du Toarcien supérieur y est présente, avec des faciès identiques (fig. 310B).
- Les Calcaires à oncolithes sont identiques sur les deux versants de la chaîne et leur âge semble le même (fig. 311).

3 - Les correspondances identifiées ci-dessus imposent de placer les séries réduites du **Seuil de Carcassonne** (Haut-fond occitan) dans le prolongement du **Seuil nord-catalan.**

4 - Elles impliquent aussi de mettre en relation paléogéographique la **plate-forme béarnaise** portée par le "Bloc" béarnais et les hauts-fonds qui parsèment sa partie méridionale, avec le **Haut-fond du Haut-Aragon.**

Au Pliensbachien, il existe une similitude de faciès entre les séries réduites du Haut-Aragon (vallée de l'Isàbena, Turbón) et celles du Béarn et de Bigorre occidentale (Forêt de Très Crouts, par exemple).

5 - A l'extrémité occidentale du domaine pyrénéen, le **Bassin basque et le Bassin de Haute Navarre** correspondent de façon évidente aux mêmes entités paléogéographiques (mêmes faciès et même évolution sédimentologique) largement ouvertes l'une sur l'autre et faisant partie d'un plus large ensemble, le Bassin basco-cantabrique.

6 - A l'extrémité orientale du domaine pyrénéen, le **Bassin nord-catalan** doit très vraisemblablement trouver son origine dans la terminaison méridionale du **sous-Bassin languedocien.** Le Pliensbachien et le Toarcien inférieur - moyen témoignent d'influences fauniques ibériques (ou provençales) nettes. Le Toarcien supérieur montre toutefois de fortes analogies avec les séries homologues des Corbières :

- "Banc à *Grammoceras*" de même âge et offrant les mêmes associations d'ammonites que dans le Lobe de Bizanet (Nappe des Corbières).
- Présence de l'Assise à Gryphées.

D - LES RÉSULTATS

Le seul examen des cartes paléogéographiques du Lias permet d'avancer des éléments de réponse aux questions posées plus haut :

Il existe bien des relations paléogéographiques étroites entre les deux versants des Pyrénées :

Des entités paléogéographiques homologues se correspondent sur les deux versants de la chaîne. D'Est en Ouest (fig. 345) :

A – Le sous-Bassin languedocien et le Bassin nord-catalan ;

B – Le Seuil de Carcassonne et le Seuil nord-catalan ;

C – Le "Bloc" ariégeois et le "Bloc" du Alt Urgell ;

D – Le Bassin centro-pyrénéen et le Bassin ibéro-pyrénéen ;

E – La Plate-forme béarnaise, les différents hauts-fonds de Bigorre et du Béarn, et le Haut-fond du Haut-Aragon ;

F – Le Bassin basque et le Bassin de Haute-Navarre.

Il existe, comme au Dogger-Malm (B. PEYBERNES, 1976), une continuité des dispositifs paléogéographiques d'un versant à l'autre de l'orogène, ce qui permet de donner des indications sur la position en longitude de l'Ibérie, au Lias.

La meilleure mise en correspondance des dispositifs paléogéographiques décrits est compatible avec un décalage vers l'Ouest de l'Ibérie d'une centaine de kilomètres (fig. 345) :

- La reconstitution et l'évaluation de ce déplacement devront tenir compte :

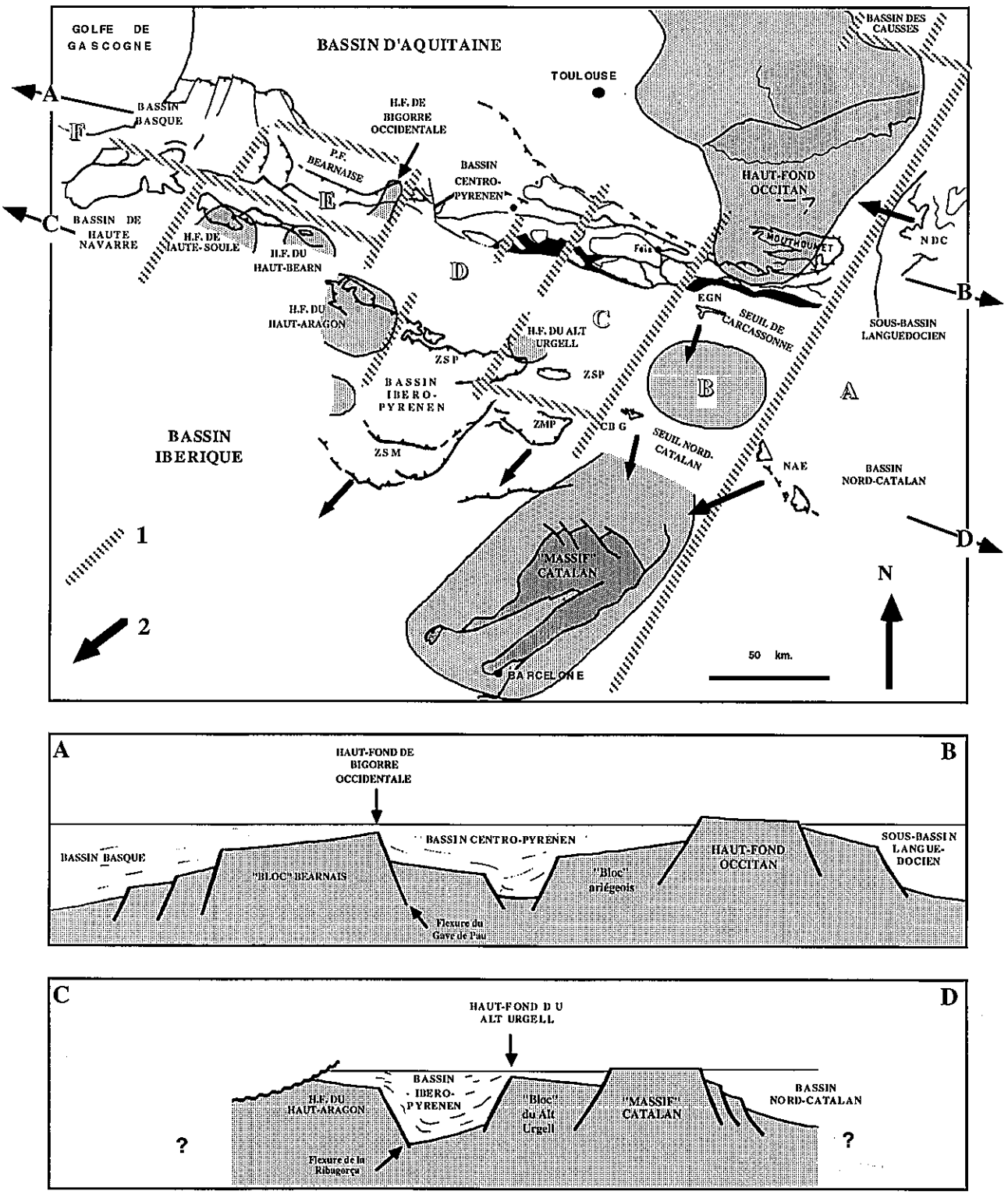


Fig. 345 : Essai de remise en place des principaux dispositifs paléogéographiques identifiés dans le Lias des Pyrénées et physiographie au Lias moyen de la marge sud-aquitaine (A-B) et de la bordure nord-ibérique (C-D) (En grisé, substratum anté-pliensbachien).

Légende : A – Le Sous-bassin languedocien et le Bassin nord-catalan ; **B** – Le Seuil de Carcassonne et le Seuil nord-catalan.; C – Le "Bloc ariégeois" et le "Bloc" du Alt Urgell ; **D** – Le Bassin centro-pyrénéen et le Bassin ibéro-pyrénéen ; **E** – La Plate-forme béarnaise et le Haut-fond du Haut-Aragon ; **F** – Le Bassin basque et le Bassin de Haute-Navarre ; NDC : Nappe des Corbières ; EGN : Écaille de Gesse – Niort-de-Sault ; NAE : Nappe du Alt Empordà ; BG : Nappe de Castell de Bac Grillera ; ZSP et ZMP : Zones septentrionales et méridionales de Pedraforca ; ZSP : Zone sud-Pyrénéenne ; ZSM : Zone des Sierras marginales ; 1 : Principaux accidents de socle : 2 : Direction des transports tectoniques tertiaires.

1 - Du raccourcissement absorbé par la Haute Chaîne. Sa valeur est évaluée à 150 km par J.-L. OLIVET (1996).

2 - De la composante oblique vers l'Ouest du charriage des Sierras Marginales. Elle est évaluée à 40 à 50 km par M. SEGURET (1972).

3 - Du rétro-déplacement de l'Ibérie en direction de l'Ouest, à partir du Crétacé, valeur évaluée à environ 30 km (J. J. CANEROT et J.L. LENOBLE, 1993).

- Toute tentative de reconstitution paléogéographique nécessite toutefois d'accepter deux postulats de départ :

1 - Les lignes de faciès sont orientées de façon, au moins subméridienne, ou au plus selon une direction N 30°, direction prédominante dans le Bassin d'Aquitaine (R. CURNELLE, 1983) à N 50°, direction cévenole prédominante sur les marges du bassin subalpin (S. DEBRAND PASSARD coord. 1984).

2 - Les dispositifs paléogéographiques, horsts et grabens, notés sur les bordure sud-aquitaine et nord-ibérique sont bien dans le prolongement les uns des autres.

- Il n'est pas tenu compte dans ce schéma (fig. 345) :

1 – De la paléoposition, avant compression, des unités nord-pyrénéennes et de leurs éventuels déplacements latéraux, en particulier dans la partie occidentale des Pyrénées où la flèche de recouvrement est importante.

2 – De la rotation dans le sens horaire des blocs appartenant à la plaque ibérique.

La tentative de reconstitution illustrée sur la fig. 345 montre que le décalage de l'Ibérie vers l'Ouest est compris :

- entre 130 et 150 km pour une meilleure mise en correspondance des Seuils de Carcassonne et nord-catalan.
- entre 140 et 160 km, distance qui permet de situer en face l'une de l'autre les berges occidentales des bassins centro-pyrénéen ("flexure" du Gave de Pau) et ibéro-pyrénéen ("flexure" de la Ribagorçana).

Ce décalage ne saurait excéder 200 km par rapport à sa position actuelle :

L'examen des cartes paléogéographiques (fig. 27-28, 40, 186-187 et 308-311) permet de corréler assez étroitement certains faciès ou biofaciès dont l'extension apparaît assez limitée dans l'espace et de fournir des précisions complémentaires.

- Au Rhétien (fig. 27) : La limite occidentale d'extension des lumachelles à *Rhaetavicula*, à l'Est de Saint-Girons dans le versant nord et haute vallée du Llobregat, sur le versant sud, permet d'enregistrer un décalage de 150 km environ entre les deux versants de la chaîne .
- Au Carixien moyen (sous-zone à Luridum) (fig. 187A) : La limite occidentale de l'Assise à *Lobothyris* se situe sur le versant nord, à l'Ouest de Saint-Girons et dans la Zone Sud-pyrénéenne, à l'Ouest de la vallée du Segre. Son décalage calculé est approximativement de 130 km.
- Au Domérien inférieur (sous-zone à Stokesi)(fig. 187B) : Les séries les plus complètes correspondant au maximum de subsidence du versant nord (Vallée d'Aure) et le dépôt-centre de la région de Pont de Suert (Zone Sud-pyrénéenne) sont décalés d'une distance à peu près identique, environ 135 km.
- Au Toarcien inférieur et moyen (*pro parte*) (fig. 308A-B) : La limite occidentale des faciès de calcaires bioclastiques à brachiopodes des zones à Tenuicostatum et à Serpentinum se situe, sur le versant nord à l'Ouest de Saint-Girons et, sur le versant sud au niveau de la vallée de la Noguera Pallaresa, soit un décalage compris entre 115 et 120 km environ.
- Au Toarcien moyen (fig. 309A) : L'extension du "Banc à *Sphaeroidothyris*" fournit un bon jalon paléogéographique. Ce banc s'étend de Foix à la Vallée d'Aure sur le versant nord, de la Zone de Pedraforca à la vallée de l'Isàbena sur le versant sud. Le décalage de la limite occidentale du banc est de 100 à 110 km environ.
- Au Toarcien supérieur (fig. 309B) : L'extension vers l'Ouest du banc de calcaires bioclastiques à *Pseudogrammoceras fallaciosum*, ainsi que de l'Assise à Gryphées, permet des mesures identiques ; le maximum enregistré est de 130 km.

Il existe au cours du Lias une tendance à la décroissance du décalage entre des lignes de faciès homologues :

Les décalages enregistrés sont, environ, de 150 km au Rhétien, 130 km au Pliensbachien et 100 km au Toarcien. Peut on en conclure l'existence d'un déplacement longitudinal sénestre de la plaque ibérique durant le Lias ? Cette question reste ici sans réponse. La seule lecture des cartes paléogéographiques, si elle donne bien des indications d'ensemble, ne permet pas d'établir pour chaque période la paléoposition de l'Ibérie avec une précision telle. Des données, comme l'importance du hiatus d'érosion et du raccourcissement entre les deux plaques au Tertiaire, sont inconnues.

Aucune donnée sédimentologique ne suggère la proximité d'une accident actif au Lias pouvant correspondre à une faille transformante unique :

Un accident transformant longitudinal susceptible de permettre de tels déplacements aurait influencé de manière significative la sédimentation.

Il est possible de privilégier l'existence, entre les plaques ibérique et eurasiatique, d'une large zone tectoniquement active soumise à une fracturation subméridienne, ou cévenole dominante :

Malgré un manque évident de précision dû au large hiatus entre les sédiments déposés sur les "marges" sud-aquitaine et nord-ibérique, l'étude des lignes paléogéographiques, des limites de faciès ou des zones de dépôt-centre permet de privilégier une structuration en blocs basculés bien illustrée par les profils A-B et C-D (fig. 345). Ces structures sont liées à l'extension du domaine ligure plus oriental :

Le "bloc" béarnais montre ainsi au Pliensbachien un plongement vers le Nord-Ouest, les hauts-fonds de Bigorre occidentale et du Haut-Béarn étant situés sur ses bordures orientale et méridionale ;

Le "bloc" ariégeois et le "bloc" du Alt Urgell sont situés sur la bordure occidentale du horst du Haut-fond occitan ;
Le "bloc" du Haut-Aragon est séparé du graben de la Ribagorça par la "flexure" de la Ribagorça, de même orientation.

Une extension subméridienne de direction N 110 - 120°, identique à celle affectant le Golfe de Gascogne, apparaît également à la limite de certains blocs des Pyrénées occidentales (Béarn, Haute-Soule).

La signification de ces accidents rejoint celle de la géodynamique même de la zone de mobilité située entre les "marges" sud-aquitaine et nord-ibérique. Un élément de réponse à ces questions sera apporté dans le chapitre suivant.

III - LES PYRÉNÉES LIASIQUES, DOMAINE COMPRIS ENTRE DEUX "MARGES" MOBILES

Le Lias correspond à une période d'extension généralisée qui voit l'initiation des ouvertures océaniques ligure et atlantique. Cette phase induit, à l'extrémité occidentale de la plaque eurasienne, la différenciation de larges bassins sédimentaires subsidents séparés par des zones hautes au niveau desquelles la sédimentation restera réduite tout au long du Jurassique.

Cette structuration, initiée au Trias moyen - supérieur, apparaît fixée dans ses grandes lignes dès l'Hettangien et quatre entités paléogéographiques principales sont individualisées à l'extrémité sud-occidentale du continent européen (R. CURNELLE et P. DUBOIS, 1986). Toutes intéressent plus ou moins largement le domaine pyrénéen : Le Bassin du Sud-Est de la France, le Bassin d'Aquitaine, le Bassin ibérique et le Bassin basco-cantabrique. Ils sont séparés par des dispositifs en horst dont le mieux connu est le Haut-fond occitan (fig. 346).

Nous replacerons dans ce canevas les différentes entités paléogéographiques décrites dans les Pyrénées et proposerons, en tenant compte des données de la Catalogne et de la Sardaigne, une reconstitution intégrant l'ensemble du domaine situé en regard de la marge ouest-téthysienne.

A - LES GRANDES UNITÉS PALÉOGÉOGRAPHIQUES

1 - LES BASSINS SÉDIMENTAIRES

Le Bassin du Sud-Est de la France (fig. 346) : Nous renvoyons le lecteur aux conclusions de la Synthèse géologique du Sud-Est de la France (S. DEBRAND-PASSARD et S. CORBOULEIX, coord., 1984). Il forme un large sillon dissymétrique de direction NE-SW, limité à l'Ouest par la flexure vivaro-cévenole. Certaines communications peuvent se faire par le *Seuil Caussenard* en direction du Bassin des Causses qui en constitue une dépendance.

Le ***sous-Bassin languedocien***, étroit sillon subsident, le prolonge vers le Sud-Ouest, jusqu'aux abords du massif des Corbières. Sa terminaison méridionale, inconnue, semble s'amorcer dans les Corbières méridionales. Certains arguments géophysiques, comme la détection de l'inflexion des failles des Cévennes et de Nîmes, suggèrent une telle fermeture vers le Sud (F. ARTHAUD *et al.*, 1980/81 ; P. GUENNOC, *et al.*, 1994).
L'absence de dépôt mésozoïque dans le Golfe du Lion ouvre la voie à toutes les spéculations quant à la paléogéographie de son extrémité méridionale et de sa "marge" sud-orientale : Absence de sédimentation sur une zone haute (P. GUENNOC, *et al.*, 1994) ou bassin sédimentaire secondairement dénudé avant le Crétacé (F. ARTHAUD et M. MATTAUER, 1972 ; F. ARTHAUD et M. SEGURET, 1991). Il semblerait que les séries liasiques allochtones du Alt Empordà relevant du ***Bassin nord-catalan*** défini plus haut, puissent en constituer un témoin affleurant sur le versant sud des actuelles Pyrénées.

Le Bassin d'Aquitaine (fig. 346) : De forme triangulaire, il s'allonge au Lias inférieur selon une direction W.NW-E.SE, entre le Golfe de Gascogne, les Pyrénées, le Massif Armoricain et le Massif Central. La connaissance de l'importante accumulation de dépôts secondaires et tertiaires qu'il a subit repose sur les informations fournies depuis une quarantaine d'année par la recherche pétrolière réalisée par les Groupes ELF-Aquitaine et ESSO-REP. Les résultats de ces recherches sont synthétisés par le B.R.G.M. et les sociétés pétrolières dans la "Synthèse du Bassin d'Aquitaine" (1974). Deux ensembles géologiques distincts sont séparés par la Flexure celt-aquitaine, linéament qui se poursuit au niveau du talus continental limitant le golfe de Gascogne au Nord (E. WINNOCK, 1973). Dans la partie méridionale du bassin, le socle, situé jusqu'à 8 km de profondeur à la hauteur de Tarbes, est recouvert par 2000 à 3000 m de sédiments triasiques et jurassiques (R. CURNELLE *et al.*, 1982, R. CURNELLE, 1983).

Son prolongement vers les Pyrénées semble bien s'inscrire dans le ***Bassin centro-pyrénéen*** défini plus haut. Au Lias supérieur, l'accentuation des phénomènes d'extension amorce un changement de la géométrie du bassin dont la polarité devient nettement atlantique, avec des dépôts progradants en direction de l'Ouest et qui semblent s'organiser de façon globalement subméridienne.

Le Bassin basco-cantabrique : Son histoire est liée à l'apparition, dès le Sinémurien, d'un bassin "Proto-atlantique" et d'un bassin préfigurant le Golfe de Gascogne (fig. 347).

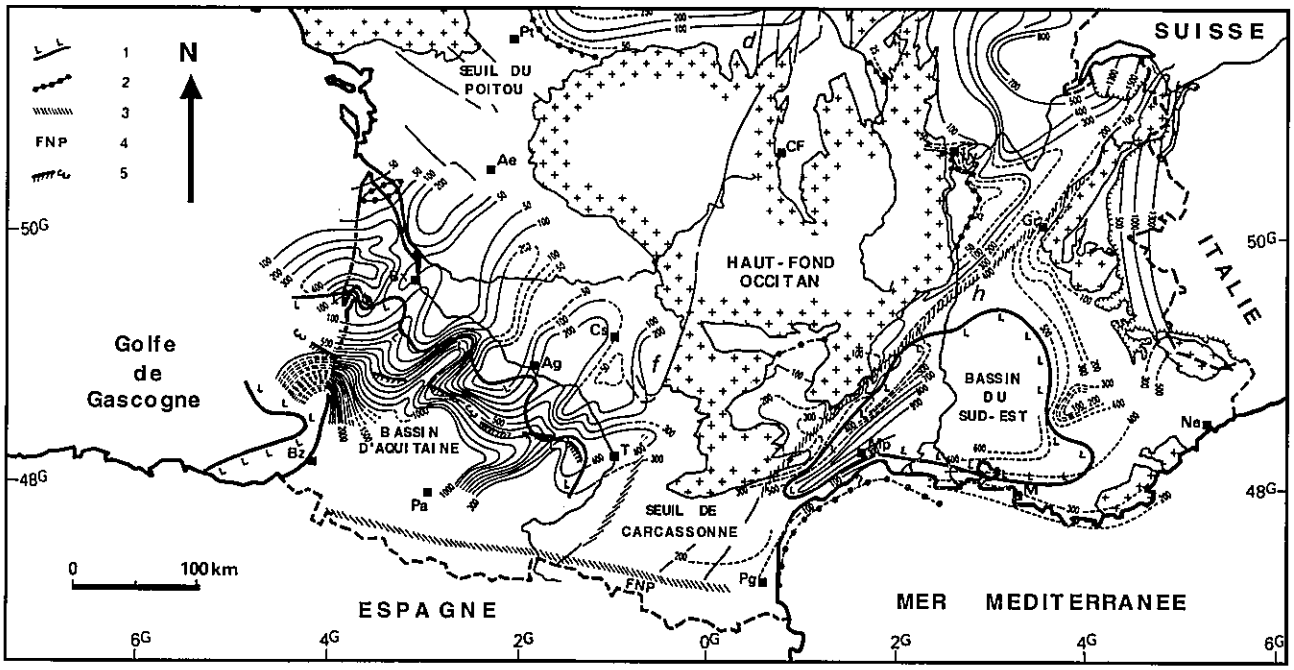


Fig. 346 : Les Bassins d'Aquitaine et du Sud-Est de la France. Situation au Trias supérieur, d'après R. CURNELLE et P. DUBOIS, 1986.

Sa zone d'influence est caractérisée par les dépôts rythmiques du "faciès basque". Elle s'exprime dans les Chaînes cantabriques, les Asturies et l'extrémité occidentale des Pyrénées dans les ***Bassins basques et de Haute-Navarre***.

Le Bassin ibérique : Il correspond à une large zone de plate-forme néritique ponctuée d'ombilics subsidents (par exemple le Sous-Bassin de l'Ebre). Il s'appuie au Sud et à l'Ouest sur la Meseta ibérique et à l'Est sur le "Massif" catalan. Son prolongement nord-oriental sur le versant sud des Pyrénées s'inscrit dans le ***Bassin ibéro-pyrénéen*** **défini plus haut** (fig. 347).

Son influence est, en particulier, caractérisée par l'important développement des brachiopodes appartenant au "Biofaciès ibérique". Au Toarcien, ces faunes gagnent le versant nord des Pyrénées centrales (Ariège, Comminges et Béarn), mais également, les Chaînes Catalanes, les Baléares (Majorque et Minorque), la Sardaigne (C. MONLEAU, 1986) et la Provence (Y. ALMERAS et G. MOULAN, 1982).

Le Bassin sud-catalan : Il s'exprime dès le Lias moyen et, surtout au Dogger inférieur, dans les Chaînes Catalanes Littorales Méridionales (Ports de Beseit et de Cardó) (Bassin de Tortosa de H. CADILLAC *et al.*, 1981) et semble s'ouvrir en direction de l'Est et du Sud-Est (fig. 347). En effet, le Lias de la Sierra Norte de Majorque en constitue un témoin oriental vraisemblable.

2 - LES HAUTS-FONDS

Le Haut-fond occitan : Il constitue un des traits paléogéographiques majeurs du Mésozoïque du Sud de l'Europe. Défini par J. DELFAUD (1973) pour la période du Jurassique moyen-supérieur, le Haut-fond occitan (ou Plate-forme centrale de R. ENAY et C. MANGOLD, 1980) s'individualise dès le Lias inférieur (R. CURNELLE, 1983) où il correspond à un vaste platier à sédimentation carbonatée, non évaporitique. A partir du Lias moyen-supérieur, il devient un élément majeur de la marge passive de la branche ligure de la Téthys occidentale et s'érige entre le Bassin du Sud-Est et le Bassin d'Aquitaine, les isolant de leurs influences réciproques (B. PEYBERNES et T. PELISSIE, 1985). Le prolongement de ce môle vers le Sud s'exprime, sur le versant nord des Pyrénées, au niveau du ***Seuil de Carcassonne*** (fig. 346).

Ce bloc apparaît découpé par une famille de failles tardi-hercyniennes de direction cévenole dominante qui l'accidentent de profonds fossés à sédimentation épaisse, comme le graben des Causses, et de haut-fond, à sédimentation réduite comme le Seuil cévenol, à l'Est, et le Seuil de Villefranche-de-Rouergue, à l'Ouest.

L'ensemble est limité à l'Est par le zone de flexure du faisceau cévenol, dont l'activité est reconnue dès le Lias et bien identifiée à une marge en distention (S. ELMI *in.* DEBRAND-PASSARD, coord. 1984).

Sa limite occidentale se superpose au faisceau de failles de Villefranche-de-Rouergue dont la traduction paléogéographique exprime une activité dès le Lias moyen-supérieur (R. CUBAYNES, 1986 ; C. LEZIN, 2000). Cet accident se prolonge en direction des Pyrénées par la Faille de Toulouse. Les dénudations de la couverture anté-crétacée et les importantes distorsions tectoniques ne permettent pas d'en suivre le tracé plus au Sud. Il semble toutefois se traduire par une flexuration d'échelle décakilométrique qui limite à l'Ouest les séries liasiques réduites du "Bloc" ariégeois.

Le "Bloc" béarnais : Il s'agit en fait de plusieurs hauts-fonds situés entre la Bigorre occidentale, le Béarn et le Haut-Aragon, actuellement très disjoints par la tectonique, qui paraissent surtout avoir fonctionné durant le Pliensbachien. Nous avons vu qu'ils résultent d'une tectonique en blocs basculés en réponse à une distension de direction subméridienne.

Le Haut-fond catalan : Ce bloc, moulé sur le Paléozoïque du Massif catalan s'allonge selon une direction NE-SW, depuis le Tronçon catalan des Pyrénées jusqu'aux niveau du cours de l'Ebre. Les fortes réductions d'épaisseur et les biseaux subis par le Lias à sa périphérie démontrent son rôle de zone haute. Il s'exprime :

Au Nord, au niveau des Pyrénées par le ***Haut-fond du Haut-Llobregat*** et le ***Seuil nord catalan*** ;

Au Sud-Est, par la ***Plate-forme sud-catalane*** (Haut-fond de Tarragonne de S. FERNANDEZ-LOPEZ *et al.*, 1997) à sédimentation margino-littorale ;

Au Sud, par le ***Seuil de Beseit*** (S. FERNANDEZ-LOPEZ *et al.*, 1997) (Haut-fond du Maestrasgo septentrional de H. CADILLAC *et al.*, 1981), zone à série réduite protégeant le Bassin sud-catalan, à l'Est, et le Bassin Ibérique, à l'Ouest, de leurs influences réciproques.

Le Haut-fond corso-sarde : Cette étroite bande de terre, vraisemblablement émergée au Lias (Seuil de Sardaigne orientale de B. PEYBERNES, 1987), constitue l'élément le plus oriental de la marge ouest-téthysienne (fig. 347). Il s'effondre à partir du Bathonien sous les dépôts pélagiques appartenant à la marge occidentale du sillon alpin. Sa marge occidentale, ouverte sur le Bassin du Sud-Est, est recouverte par une plate-forme carbonatée assez peu profonde, la ***Plate-forme sardo-provençale***, au niveau de laquelle les influences de la mer externe s'estompent en direction de l'Est (Ph. FAURE et B. PEYBERNES, 1983 ; C. MONLEAU, 1986). Une série identique, aujourd'hui démantelée et remaniée dans le Poudingue de Chiappas, témoigne de son prolongement vers le Nord, à l'Ouest de la Corse ancienne (Ouest de Porto-Vecchio) (M. DURAND-DELGA et B. PEYBERNES, 1986). Un schéma homologue se lit en Provence méridionale permettant de raccorder cette aire à la *Plate-forme sud-provençale* (G. CHABRIER et G. MASCLE, 1975 ; Ph. FAURE et B. PEYBERNES, 1983). Le craton émergé oriental trouverait son équivalent dans le *Seuil du Haut-Var* (C. MONLEAU, 1986) et dans le domaine de sédimentation extra-alpin qui affleure au niveau de la Corse-alpine.

Le Seuil de Minorque : Des conditions de plate-forme carbonatée règnent sur toute une large zone correspondant à la Sardaigne sud-occidentale (région du Golfo di Pálma), à Minorque, aux Chaînes catalanes situées entre Cabo Salou et Barcelone et à la Sierra de Levante de Majorque (Plate-forme catalano-minorquine de J. CANEROT, Ph. FAURE et M. RAHAL, 1984)(fig. 347). Cette zone est actuellement disjointe par la migration oligo-miocène de la Sardaigne au niveau de l'Accident Paul Fallot et par des accidents transformants décrochant les Iles baléares entre elles (fig. 9). Malgré l'importance des hiatus d'affleurement au niveau de la Méditerranée, il est possible que ces plates-formes appartiennent en fait à une seule et même plus vaste entité, située entre les Bassins sud- et nord catalans, les isolant plus ou moins de leurs influences réciproques.

3 – LEUR RELATIONS MUTUELLES

Le Bassin d'Aquitaine et le Bassin ibérique apparaissent largement ouverts l'un vers l'autre au niveau des Pyrénées centrales faisant communiquer les sous-bassins centro-pyrénéen et ibéro-pyrénéen définis plus haut (fig. 347).

Le Bassin d'Aquitaine et le Bassin basco-cantabrique sont, par contre, séparés au niveau des Pyrénées occidentales par plusieurs seuils aujourd'hui fortement déformés par les distorsions tectoniques, qui s'étiraient de la Navarre au Béarn et à l'Aragon (fig. 347). Ces zones ne constituent cependant pas une barrière active, les différences entre les deux bassins relevant surtout de conditions environnementales différentes.

Le Bassin du Sud-Est et le Bassin sud-catalan relèvent d'une même zone de subsidence d'orientation "cévenole", accidentée par le **Seuil de Minorque.** Ils sont respectivement séparés du Bassin d'Aquitaine et du Bassin ibérique par un ensemble émergé unique regroupant **le Haut-fond occitan et le Haut-fond catalan.** Ils communiquent entre eux au niveau de seuils tels que (du Nord au Sud) le Seuil caussenard, le Seuil de Carcassonne, le Seuil nord-catalan et le Seuil de Beseit (fig. 347).

B - PLACE DANS LA TÉTHYS OCCIDENTALE

1 - PYRÉNÉES ET DYNAMIQUE LIGURE

Les travaux synthétisés par M. LEMOINE (1985) ont bien montré la structuration de la marge européenne passive en marge du rift continental liasique qui prélude à l'expansion océanique jurassique du segment ligure de la Téthys occidentale. Au niveau de la région subalpine, il montre la succession de blocs basculés synsédimentaires, prédécoupés par des failles tardi-hercyniennes, disposés en gradins allongés selon une direction cévenole prédominante, vraisemblablement parallèle à l'orientation générale du rift ligure. Certains de ces blocs s'effondrent sous une épaisse couverture sédimentaire (graben de Camargue et des Causses, Zones dauphinoise et helvétique), d'autres restent au moins partiellement émergés au Lias comme le horst cévenol ou le horst briançonnais. Ce type de structuration se retrouve à l'identique à la hauteur du craton sardo-provençal (B. PEYBERNES, 1986).

En regard du domaine pyrénéen, ces dispositifs sont, d'Est en Ouest (fig. 347) :

- <u>Un horst corso-sarde</u> émergé au Lias selon une étroite zone n'excédant pas 70 km de largeur en regard de la Sardaigne. Il prolonge vers le Sud l'alignement des horsts du Briançonnais, du Haut-Var et de la Corse ancienne. Cette structure est bordée de plates-formes plus ou moins margino-littorales qui s'étirent de la Basse-Provence à Ibiza et à la Zone pré-bétique, isolant au Lias moyen et supérieur les plates-formes méso-européennes et le sillon subbétique de leurs influences réciproques (Ph. FAURE, 1982). Ces plates-formes présentent ainsi une polarité ouest-européenne marquée. Elles sont toutes colonisées au Lias par les faunes benthiques "de type ibérique".

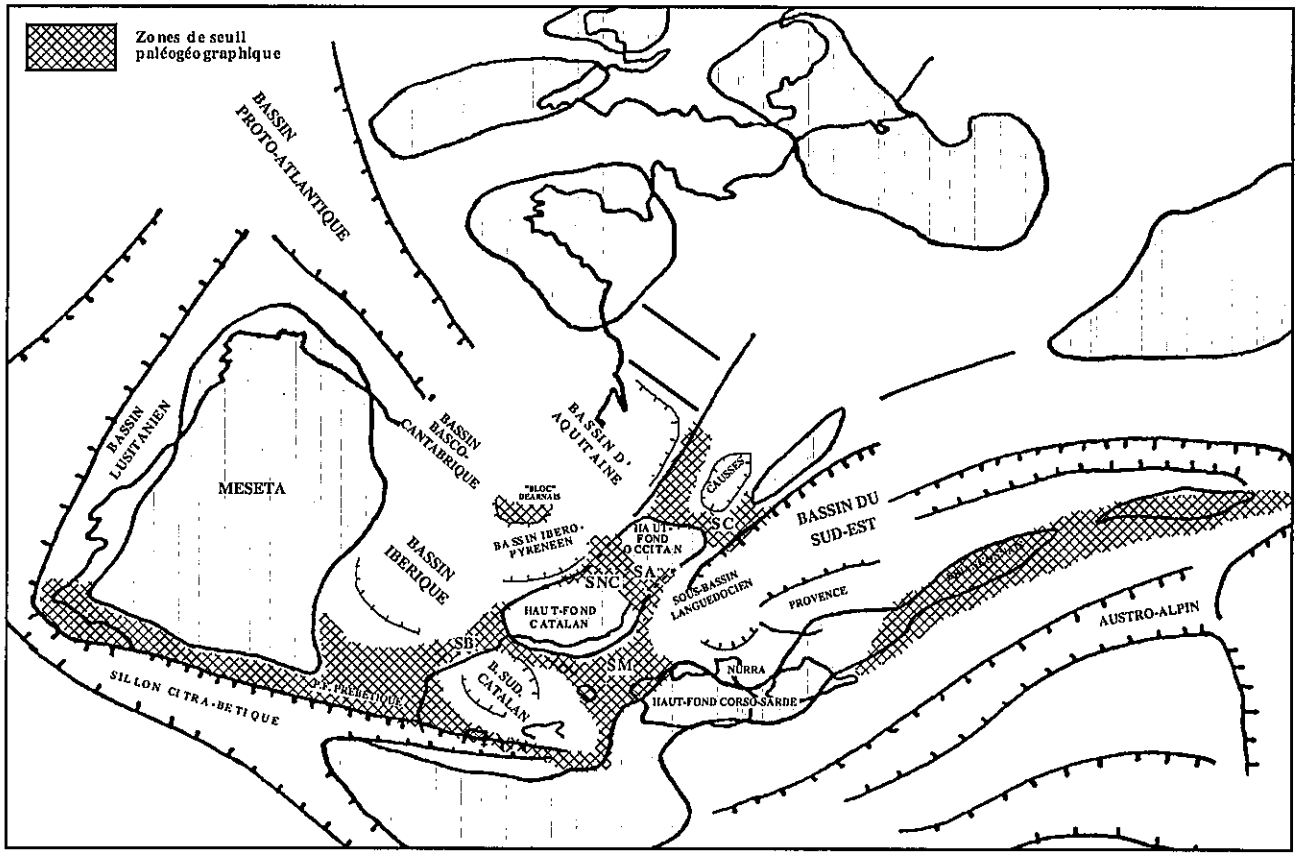


Fig. 347 : Essai de reconstitution palinspastique de la marge ouest-téthysienne au Lias. Légende. SC : Seuil caussenard ; SA : Seuil de Carcassonne ; SNC : Seuil nord-catalan ; SM : Seuil de Minorque; SB : Seuil de Beseit.

- Un bloc effondré d'orientation cévenole, déterminant la forte subsidence du **Bassin du Sud-Est** et prolongé au Sud par le **Bassin sud-catalan**.

- Un horst fréquemment soumis à l'émersion, d'orientation toujours cévenole, constitué par les **Hauts-fonds occitan et catalan**. Il correspond à une réplique de l'ensemble formé par les blocs corso-sardes et briançonnais. Dans cette hypothèse, le faisceau des failles des Cévennes trouverait son prolongement méridional sur la "marge" orientale du Massif Catalan.

- Dans les Pyrénées centrales, les **Bassins centro- et ibéro-pyrénéen** présentent la même orientation dominante limitée par une même famille d'accidents de direction N-S à N° 30 ("flexures" du Gave de Pau, de la Ribagorça et future "transformante" de Pamplona).

Les parties orientale et centrale du domaine pyrénéen sont surtout affectées par une structuration de direction cévenole, en rapport avec la distension ligure.

2 - PYRÉNÉES ET DYNAMIQUE ATLANTIQUE

Aucune accrétion océanique n'est identifiée au niveau de l'Atlantique nord et du Golfe de Gascogne avant le Crétacé inférieur. Les prémices d'un rifting continental sont cependant observés, dès le Trias, au niveau de la future marge lusitanienne. Une subsidence accrue, en rapport avec un début d'amincissement crustal, permet à un large golfe proto-atlantique de s'installer dès le Sinémurien (fig. 347). Sa proximité est marquée par une forte atténuation de la structuration téthysienne au niveau des Pyrénées :

- Dans la partie occidentale des Pyrénées, les directions cévenoles, encore marquées par plusieurs accidents ou flexures synsédimentaires surtout actives au Lias moyen, interfèrent avec des accidents de direction Est-Ouest, en rapport avec une distension Nord-Sud, responsable d'une tectonique en blocs basculés, révélant une composante en décrochement dont les effets semblent s'amortir dans la partie centrale des Pyrénées.

Dans les Pyrénées occidentales, la direction "ligure" des failles interfère avec une nouvelle famille d'accident, de direction Est-Ouest, qui déterminent une tectonique en blocs basculés en rapport avec une distension Nord-Sud qui préfigure, dès le Lias, l'ouverture du Golfe de Gascogne.

3 - CONCLUSION

En démontrant la continuité des dispositifs paléogéographiques d'un versant à l'autre des Pyrénées, cette étude nous permet d'admettre un décalage de l'Ibérie, au Lias, d'une centaine de kilomètres vers l'Ouest. Cette distance ne saurait être supérieure à 150 à 200 km.

Elle ne permet, ainsi, pas de souscrire à l'hypothèse de la translation de 400 km de la plaque, le long d'une zone de transformation intéressant le seul orogène pyrénéen, à fortiori, d'un accident unique tel que la Faille Nord-Pyrénéenne des auteurs.

Il nous apparaît toutefois possible qu'une telle distance, que la géophysique océanique nous présente comme une évidence incontournable, ait pu être absorbée par plusieurs accidents disposés en relais, répartis sur une plus grande surface, la Faille Nord-Pyrénéenne ne représentant que l'un d'eux. Aucun de ces accidents, ou zone de déformation, n'est cependant clairement mis en évidence, à ce jour, dans l'intervalle qui sépare le Massif Central français de la Meseta ibérique. Il est vraisemblable que la chaîne intra-cratonique ibéro-catalane, "réplique" méridionale des Pyrénées, ait pu largement contribuer à ce déplacement.

RÉSULTATS PALÉOBIOGÉOGRAPHIQUES

PALÉOBIOGÉOGRAPHIE DES AMMONITES 669
I - LE CADRE PALÉOBIOGÉOGRAPHIQUE AU LIAS. LE PROVINCIALISME DES AMMONITES 669
A - LES DOMAINES PALÉOBIOGÉOGRAPHIQUES MAJEURS 669
B - LES ENTITÉS PALÉOBIOGÉOGRAPHIQUES EN PRÉSENCE AU NIVEAU DE LA MARGE OUEST-TÉTHYSIENNE 669
C - LE DÉTERMINISME DU PROVINCIALISME 671
II - CARACTÈRES PALÉOBIOGÉOGRAPHIQUES GÉNÉRAUX DES PEUPLEMENTS D'AMMONITES IBÉRO-PYRÉNÉENS 672
A - MÉTHODES D'ÉTUDE 672
B - NATURE DES PEUPLEMENTS D'AMMONITES 672
C - CONCLUSION 674
III - LES PARTICULARISMES FAUNIQUES 674
III - CONCLUSION. IMPLICATIONS PALÉOGÉOGRAPHIQUES 679
A - LES PARTICULARISMES IBÉRIQUE ET LANGUEDOCIEN 679
B - IMPLICATIONS SUR LA PALÉOGÉOGRAPHIE LOCALE 680
C - IMPLICATIONS SUR LA PALÉOGÉOGRAPHIE DE LA MARGE OUEST-TÉTHYSIENNE 680
PALÉOBIOGÉOGRAPHIE DES BRACHIOPODES 681
I - LE DOMAINE D'ÉTUDE 681
A - PALÉOBIOGÉOGRAPHIE DES BRACHIOPODES IBÉRO-PYRÉNÉENS 681
B - PALÉOBIOGÉOGRAPHIE DES BRACHIOPODES CATALANS ET SARDES 682
II - LA PROVINCE OUEST-TÉTHYSIENNE 682

PALÉOBIOGÉOGRAPHIE DES AMMONITES

I - LE CADRE PALÉOBIOGÉOGRAPHIQUE AU LIAS. LE PROVINCIALISME DES AMMONITES

L'existence d'un lien entre paléogéographie et distribution des faunes d'ammonites est constatée de longue date. Ainsi M. NEUMAYR (1872) avait déjà été conduit à distinguer une province méditerranéenne marquée par la prédominance des *Phylloceratidae* et des *Lytoceratidae* et une province boréale où ces taxa sont rares ou absents.

A - LES DOMAINES PALÉOBIOGÉOGRAPHIQUES MAJEURS

L'étude méthodique de la composition des faunes a bien montré l'existence de deux entités paléobiogéographiques majeures, géographiquement assez bien délimitées, au sein desquelles des provinces et des sous-provinces fauniques peuvent être individualisées (W.J. ARKELL, 1956 ; D.T. DONAVAN, 1967 ; R. ENAY, 1972) :

1 - Le Domaine téthysien correspondant au domaine océanique mondial. Il est bien exprimé sur les plates-formes de la Néotéthys occidentale où les associations d'ammonites permettent de définir une **Province méditerranéenne** (fig. 348). On distingue aussi une **province arabo-malgache** dont les témoins jalonnent la marge nord-est gondwanienne et une **Province pacifique** dont les possibles relations épisodiques avec la province méditerranéenne par l'intermédiaire d'un "corridor hispanique" (Téthys atlantique) ont été débattues (J.C. BRAGA et *al.*, 1988 ; S. ELMI, 1992).

2 - Le Domaine euroboréal centré sur les plates-formes épicontinentales qui s'étendent sur l'Europe stable (Europe moyenne) et sur la marge nord de l'Océan téthysien où il est reconnu, au moins, jusqu'en Iran (fig. 348). Il constitue le foyer évolutif de l'essentiel des taxa qui caractérisent la **Province nord-ouest (ou meso-) européenne** ou **Province euro-occidentale** (J.-L. DOMMERGUES, 1987). En dépend aussi la **Province boréale.**

La validité de ces vues a trouvé sa confirmation dans les reconstitutions mobilistes issues du concept de la tectonique des plaques (B. BIJU-DUVAL, 1977 ; J. DERCOURT *et al.*, 1985 ; P.A. ZIEGLER 1988).

La composition et la répartition des faunes d'ammonites sont maintenant bien connues, en particulier de part et d'autre de la marge ouest-téthysienne. Leur connaissance découle de nombreux travaux biostratigraphiques effectués dans la dernière décennie dans les chaînes alpines sud-européennes et maghrébines. Nous renvoyons le lecteur aux synthèses de J.-L. DOMMERGUES (1987, 1994) et de C. MEISTER et G. STAMPFLI (2000) pour le Pliensbachien, et de R. MOUTERDE et S. ELMI (1991) pour le Toarcien.

B - LES ENTITÉS PALÉOBIOGÉOGRAPHIQUES EN PRÉSENCE AU NIVEAU DE LA MARGE OUEST-TÉTHYSIENNE

Les domaines ibéro-pyrénéen et languedocien, objets de notre étude, occupent, au Lias, une situation privilégiée, aux confins méridionaux du Domaine euroboréal, dans une zone de mobilité tectonique appartenant à la marge occidentale de la Téthys méditerranéenne naissante. Cette zone complexe est aujourd'hui totalement disjointe par les translations tectoniques tertiaires. Les peuplements d'ammonites en présence se rapportent à la bioprovince méditerranéenne dépendante du biome téthysien et à la bioprovince nord-ouest européenne dépendante du biome euroboréal. Sur la marge nord de la Téthys se développe une plus ou moins large frange d'interaction entre les deux biomes, ou Zone de transition.

La Province méditerranéenne

Elle est particulièrement exprimée au niveau de l'Apulie et de ses dépendances et sur la marge nord-africaine de la Néothétys occidentale (Dorsale tunisienne, Kabylie, Rif et Atlas marocains). Les Chaînes bétiques et plusieurs unités tectoniques appartenant à la Sicile et à la Calabre sont des jalons appartenant à la marge nord-téthysienne (fig. 348).

Au sein de ce grand ensemble, l'analyse des compositions des faunes permet de différencier des régions paléobiogéographiques de hiérarchie inférieure. On pourra ainsi distinguer un **Secteur bétique** dont le cachet téthysien évident des ammonites est nuancé par la présence de quelques taxa typiquement méso-européens comme les *Amaltheus* et *Pleuroceras* du Pliensbachien (J.-C. BRAGA et *al.*, 1988), les *Eleganticeras*, *Porpoceras vortex*, *Pseudolillia*, *Buckmanites* du Toarcien (A. GOY *et al.*, 1988). Le **Secteur atlantique** (Moyen Atlas, Rides sud-rifaines) connaît également des influences méso-européennes au Pliensbachien comme au Toarcien (J. GUEX, 1973 ; R. MOUTERDE *et al.*, 1972 ; S. ELMI *et al.*, 1986).

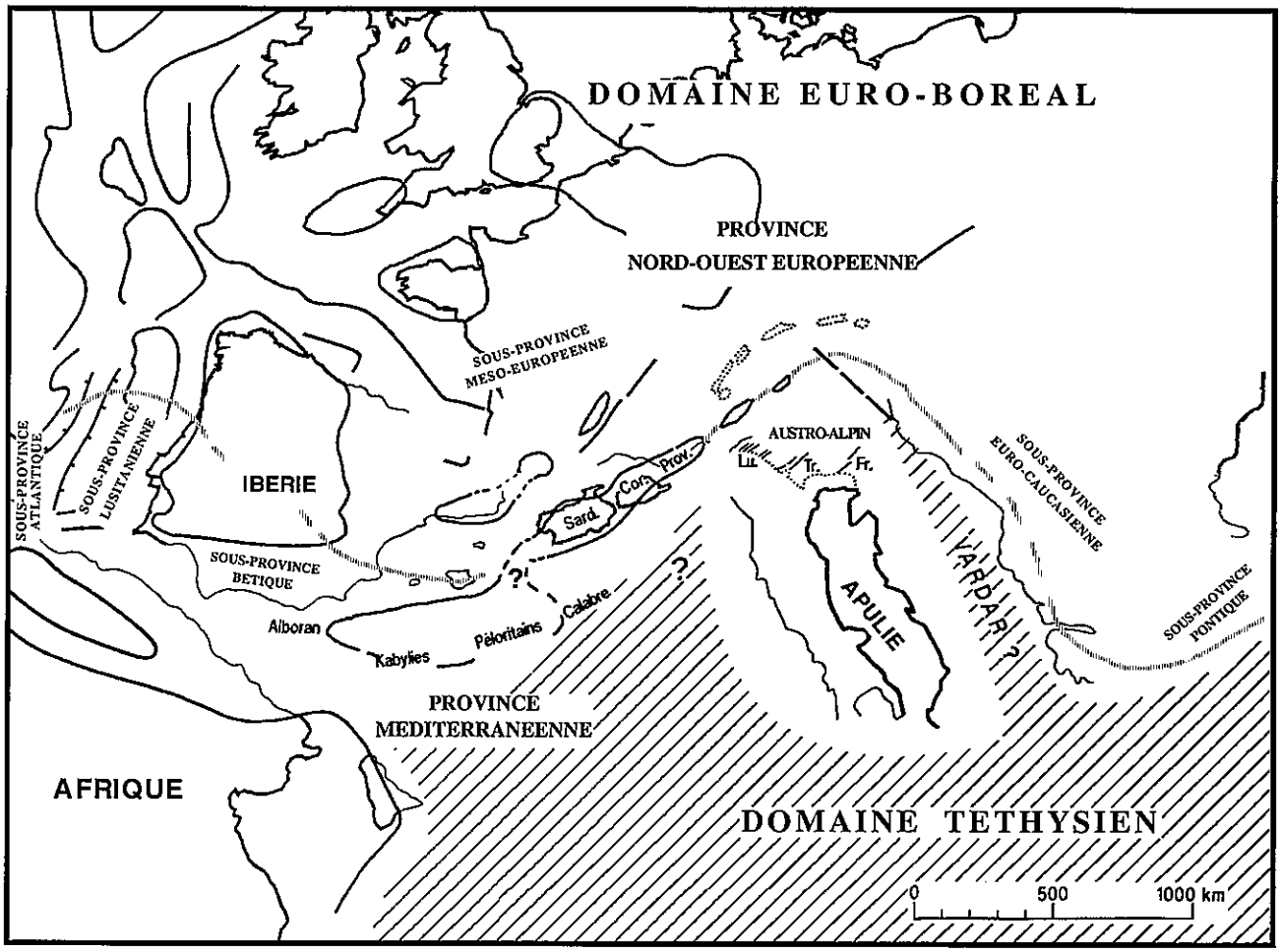


Fig. 348 : Les bioprovinces paléogéographiques aux confins occidentaux de l'Océan téthysien. Reconstruction d'après J.L. OLIVET (1996, inspirée de J. DERCOURT *et al.* 1993) (modifiée) (en hachures, domaine océanique en expansion ; la courbe en hachuré fin représente la limite entre les Domaines téthysien et euroboréal).

La Province nord-ouest européenne

Elle occupe les plates-formes européennes et la bordure des cratons situés au Nord de la marge téthysienne, excluant à l'Ouest les Chaînes bétiques, l'Algarve et, au Toarcien, le bassin ouest-portugais, dont les faunes sont de type téthysien (fig. 348). Vers l'Est, la province se prolonge par la zone des Balkans (Bulgarie, Roumanie), le Caucase, les Pontides et elle est reconnue jusque dans l'Elbrouz (K. SEYED-EMAMI, 1971).

Plusieurs sous-provinces ou centres endémiques caractérisés par des associations de communautés particulières sont distinguées (J.-L. DOMMERGUES, 1987). Le **Secteur de l'Europe moyenne** (sous-province celtique ou celto-souabe de J.-L. DOMMERGUES) est le mieux étudié à ce jour. Il est centré par le Bassin parisien, l'Allemagne et les Iles britanniques. Les bassins aquitain, cantabrique, ibérique et languedocien en dépendent. Nombre des taxa d'*Ammonitina* qui les peuplent sont issus de formes originellement téthysiennes, plus ou moins durablement implantées dans les mers épicontinentales du Sud de l'Europe.

A l'extrémité occidentale de notre domaine d'étude, on peut également distinguer un **Secteur lusitanien** (Portugal nord-occidental) marqué par fort endémisme durant le Lotharingien et la base du Carixien moyen, puis, à partir du Domérien inférieur, par des influences méditerranéennes progressives, jusqu'au Toarcien où l'ensemble de la faune montre un caractère téthysien dominant.

Les zones de transition

La reconnaissance de faunes d'ammonites aux caractères mixtes, interposées entre les deux biomes, est relativement récente (R. FISCHER, 1966). Leur analyse a permis, notamment pour les périodes où le provincialisme est le plus marqué comme le Lias moyen et le Toarcien moyen-supérieur, d'importantes avancées dans la corrélation des échelles biostratigraphiques entre domaines paléobiogéographiques (J.-C. BRAGA *et al.*, 1982 ; J.-L. DOMMERGUES, 1987 ; J.-L. DOMMERGUES *et al.*, 1983, 1990 ; J.-L. DOMMERGUES et C. MEISTER, 1990, 1991). Nous citerons ici deux exemples :

L'Austro-alpin moyen (fig. 348) : Au Lias moyen, les assemblages d'ammonites présentent une affinité franchement téthysienne. S'y mêlent toutefois d'assez nombreux éléments ouest-européens (J . BLAU et C. MEISTER, 1991 ; C. MEISTER et F. BOHM, 1993). Au Toarcien, ce secteur comporte de vrais peuplements mixtes, équilibrés (R. FISCHER, 1966).

La marge méridionale de l'Europe stable (Allemagne méridionale, Subbriançonais, Bassin du Sud-Est, Ibérides et Bassin lusitanien) (fig. 348) :

Au Lias moyen, période où la différenciation faunique entre les deux biomes est très marquée, les faunes qui la peuplent présentent un caractère euroboréal endémique accusé et les ammonites purement téthysiennes, au plan spécifique, y sont rares. Les apports téthysiens sont toutefois importants. Ils sont représentés par des ammonites endémiques différenciées à partir de formes initialement méditerranéennes, dont les lignées évoluent pour leur propre compte, généralement sur une courte durée. C'est le cas des *Acanthopleuroceratinae* au Carixien moyen (genre *Acanthopleuroceras*) différenciés à partir des *Tropidoceras* téthysiens, ou encore des *P. (Matteiceras)* et *P. (Fieldingiceras)* à partir des *Protogrammoceras.*

Au Toarcien, la remontée eustatique et la dislocation des plates-formes carbonatées permet à de nombreux taxa typiquement téthysiens de gagner les plates-formes épicontinentales européennes, de l'Ibérie au Sud (A. GOY, 1974) au Lyonnais au Nord (S. ELMI et L. RULLEAU, 1991). La ségrégation des faunes de part et d'autre de la marge nord-téthysienne s'en trouve atténuée et il se crée une large zone d'interaction faunique entre les deux biota, peuplée par un gradient décroissant d'éléments téthysiens vers le Nord (R. MOUTERDE et S. ELMI, 1991) et dont la faune à caractère mixte préfigure la zone subméditerranéenne du Callovien (E. CARIOU *et al.*, 1985). Il n'en subsistera pas moins d'importantes différences entre les faunes rendant parfois difficiles les corrélations entre les deux échelles biostratigraphiques (J. GUEX, 1973 ; A. GOY *et al.*, 1988).

C - LE DÉTERMINISME DU PROVINCIALISME

. Les *Phylloceratacea* et les *Lytoceratacea*, formes essentiellement téthysiennes, sont reconnues depuis longtemps comme essentiellement liées aux environnements pélagiques, en particulier à ceux liés au faciès "Ammonitico rosso". Ils ne colonisent que très épisodiquement les mers nord-ouest européennes où ils restent toujours confinés à des sillons ou à des bassins intracratoniques sous influence océanique persistante comme le "graben" des Causses et, dans une moindre mesure, le sous-Bassin languedocien.

. Les *Ammonitina*, organismes liés aux plates-formes épicontinentales (H. TINTANT *et al.*, 1982), semblent plus nettement influencés par le milieu. On comprendra que leur évolution divergente, à l'origine de l'individualité des deux biota téthysien et euroboréal, soit la conséquence de contraintes paléoécologiques différentes. Le rôle du climat, de la bathymétrie et du régime sédimentaire n'est plus à démontrer (J.-L. DOMMERGUES, 1987). Tout au long du Pliensbachien, les *Ammonitina* euroboréaux vont se distinguer par des caractères convergents (coquilles platycônes, ornementation grossière, simplification suturale) (J.-L. DOMMERGUES, 1980, 1987) témoignant d'une adaptation aux fonds peu profonds de l'archipel représenté par la plate-forme euroboréale. Les faunes téthysiennes (coquilles habituellement plus oxycônes, avec un ombilic plus réduit et un tracé sutural plus complexe) seraient plus adaptées aux environnements téthysiens, plus ouverts et plus stables. Les causes de l'isolement biologique des faunes homologues et de la limitation, entre elles, du flux génique n'en reste pas moins énigmatique.

Il est clair qu'un hiatus océanique a pu constituer une barrière stable, infranchissable pour bon nombre *d'Ammonitina* associées écologiquement aux zones de bordure continentale. L'absence de communication entre les deux rives de la Téthys orientale s'explique aisément.

Le fort provincialisme qui marque les *Ammonitina* au niveau de la marge occidentale de la Téthys méditerranéenne apparaît plus difficilement explicable compte-tenu d'un contexte paléogéographique tectoniquement très fragmenté et encore non océanisé qui semble, au premier abord, plus propice aux communications qu'à la ségrégation des faunes. L'hypothèse de l'existence d'un obstacle physique susceptible de limiter les échanges entre les bioprovinces a été argumenté par J.-L. DOMMERGUES (1982, 1987) et E. CARIOU *et al.* (1985). Un tel obstacle à la libre diffusion des *Ammonitina* serait la conséquence d'une configuration paléogéographique particulière érigeant, sous l'influence de la phase de rifting du futur océan liguro-piémontais, la marge sud du continent européen en barrière plus ou moins perméable aux échanges fauniques. Des structures émersives représentées par des hauts-fonds ou des plates-formes margino-littorales auraient pu jouer un tel rôle. Elles sont particulièrement actives durant le Carixien et le Domérien inférieur, périodes durant lesquelles elles ont participé à l'isolement géographique des plates-formes ouest-européennes.

La mise en évidence de part et d'autre de la marge ligure de la Téthys d'une interpénétration assez profonde des faunes appartenant aux deux bioprovinces (en particulier au Domérien moyen-supérieur et au Toarcien inférieur, puis supérieur) est venue depuis nuancer cette "hypothèse géographique" (J.-L. DOMMERGUES *et a l.*, 1990 ; J.-L. DOMMERGUES et C. MEISTER, 1990, 1991, 1993 ; S. ELMI et MOUTERDE, 1991).

II - CARACTÈRES PALÉOBIOGÉOGRAPHIQUES GÉNÉRAUX DES PEUPLEMENTS D'AMMONITES IBÉRO-PYRÉNÉENS

A - MÉTHODES D'ÉTUDE :

Cette étude dépasse les limites du seul domaine tectonique des Pyrénées. Elle découle de nos observations dans les Pyrénées (Ph. FAURE, 1981, 1985, 1987), dans le Bassin d'Aquitaine (R. CUBAYNES *et al.* 1984) et de données bibliographiques relatives au Bassin ibérique (A. GOY, 1974 ; A. GOY et G. MARTINEZ, 1988 ; M.-J. COMAS RENGIFO, 1985), aux Bassins asturien et cantabrique (L.C. SUAREZ VEGA, 1974 ; M.-J. COMAS RENGIFO *et al.*, 1988), au Bassin catalan (H. CADILLAC *et al.*, 1982 ; M.-J. COMAS RENGIFO *et al.*, 1998) et au Bassin des Causses (J. MATTEI, 1961, 1971, 1985 ; J. GUEX, 1972, 1975 ; C. MEISTER, 1986, 1989).

L'inventaire des associations d'ammonites et l'analyse de leur répartition se situent au niveau générique ou spécifique, ne permettant qu'une approche qualitative ou semi-quantitative de la composition des peuplements (fig. 349-352). Par leur abord, ces résultats complètent et corroborent l'analyse quantitative des familles ou des sous-familles d'ammonites effectuée, pour le Pliensbachien, par C. MEISTER et G. STAMPFLI (2000).

B - NATURE DES PEUPLEMENTS D'AMMONITES

Les peuplements ubiquistes et euroboréaux : Ils constituent tout au long du Lias l'essentiel des peuplements :

- **Au Lotharingien inférieur - moyen**, les genres ubiquistes *Asteroceras, Eparietites* et *Epophioceras* colonisent durant la zone à Obtusum les bassins ouest-cantabriques (J.-C. BRAGA *et al.*, 1988) et asturiens (L.C. SUAREZ VEGA, 1974).

- **Au Lotharingien supérieur**, l'appartenance des faunes d'ammonites au domaine faunique euroboréal est particulièrement évidente. Le découpage de la zone à Raricostatum repose en effet essentiellement sur l'évolution de formes endémiques à ce domaine comme certains *Echioceratidae* (*Echioceras* gr. *raricostatum, Leptechioceras* gr. *meigeni*) et *Eoderoceratidae* (*Eoderaceras* gr. *armatum*). *Paltechioceras* gr. *boehmi* et *P.* gr. *tardecrescens* sont des formes surtout abondantes dans le domaine euroboréal, mais dont la répartition est, par contre, plus ubiquiste. Les *Eoderoceratidae* et les *Phricodoceratinae* appartenant aux genres *Epideroceras* et *Coeloderoceras* sont absents, alors que ces taxa sont nombreux dans d'autres secteurs appartenant à la marge alpine du continent européen, comme le Subbriançonnais (J.-L. DOMMERGUES *et al*, 1990).

- **Au Pliensbachien** (fig. 349-350), l'essentiel des peuplements repose encore sur des taxa dont l'histoire évolutive s'est en totalité déroulée dans les mers épicontinentales européennes (J.-L. DOMMERGUES, 1987). Parmi eux, on peut citer les *Polymorphitidae* (genres *Parinodiceras, Polymorphites, Platypleuroceras, Uptonia*) des sous-zones à Brevispina et à Jamesoni, les *Acanthopleuroceratidae* (*Acanthopleuroceras*) de la sous-zone à Valdani, les *Liparoceratidae* capricornes (*Beaniceras, Aegoceras, Oistoceras*) de la sous-zone à Luridum et de la zone à Davoei et leurs descendants au Domérien, les *Amaltheidae* (*Amaltheus, Pleuroceras*). *Tropidoceras* gr. *flandrini, T.* gr. *masseanum* et *Becheiceras gallicum* sont des formes à répartition ubiquiste.

- **Au Toarcien inférieur et moyen (p.p.)** (fig. 351-352), les peuplements sont plus cosmopolites. Les familles *Dactylioceratidae, Harpoceratidae, Hildoceratidae* et *Hammatoceratidae* sont, pour l'essentiel, représentées par des espèces euroboréales. Les taxa *Eleganticeras* et *Tiltoniceras,* purement boréaux, sont rares ou absents.

- **Au Toarcien moyen (p.p.) – supérieur** (fig. 351-352), les associations sont dominées par des genres purement euroboréaux comme les *Haugia, Haugiella* et *Denckmannia* de la zone à Variabilis, les *Grammoceras* et *Esericeras* de la zone à Thouarsense et les *Gruneria* de la zone à Dispansum. Les genres d'affinités boréales comme les *Phlyseogrammoceras* et *Huldestonia* sont rares dans les confins aquitano-ibériques.

Malgré leur distribution à nouveau ubiquiste au Toarcien supérieur, les ammonites de la zone à Pseudoradiosa (genre *Dumortieria*) et de la zone à Aalensis (genre *Pleydellia*) se rapportent le plus souvent, au niveau spécifique, à la province nord-ouest européenne.

Les peuplements d'origine téthysienne :

- **Au Carixien** (fig. 349), ils sont très minoritaires : certains *Tropidoceras* du Carixien inférieur ou encore les rares *Reynesocoeloceras* sont des éléments téthysiens épisodiquement transgressifs dans les régions ibériques et languedociennes. Les *Harpoceratinae* téthysiens comme *P.* gr. *volubile* sont rarissimes dans le Carixien moyen. Au Carixien supérieur, ils sont, avec *Protogrammoceras* gr. *pseudodilectum*, représentés par des espèces dérivées qui se démarquent nettement des populations de *P.* gr. *costicillatum* qui abondent à la même période dans le domaine téthysien (J.-L. DOMMERGUES *et al.*, 1983).

- **A partir du Domérien inférieur et moyen,** les formes d'origine téthysienne sont largement représentées et même momentanément prédominantes dans les régions ibériques et languedociennes (fig. 350). Leur implantation est aussi plus durable (totalité de la sous-zone à Stokesi). Il s'agit toutefois encore d'espèces dérivées, issues du "pool" des *Hildoceratacea* téthysiens, évoluant de façon endémique dans les confins méridionaux de l'Europe :

Protogrammoceras (*Matteiceras*) [*P.* (*M.*) gr. *monestieri-nitescens*], *Fieldingiceras* [*P.* (*F.*) gr. *fieldingii-depressum*], *Fuciniceras* (*F.* gr. *boscense*) et *Arieticeras* (*A.* gr. *algovianum*).

La sous-zone à Gibbosus voit, de plus, se succéder plusieurs ingressions d'espèces téthysiennes, brèves et sans avenir évolutif sur les plates-formes européennes, amenant un *Dactylioceratidae* comme *Reynesoceras* gr. *acanthoides-ragazzoni* ou plusieurs vagues d'*Arieticeratinae* (*Arieticeras apertum, A. disputabile, Leptaleoceras ugdulenai, L. canavarii*) (J.-L. DOMMERGUES, 1984).

- Le **Domérien supérieur** est partout une période de forte expansion des ammonites téthysiennes (fig. 350). Le domaine étudié, en particulier la région ibérique, ne fait pas exception à la règle. Les *Hildoceratinae* (*Neolioceratoides*), *Harpoceratinae* (*Protogrammoceras, Lioceratoides*) et *Arieticeratinae* tardifs (*Emaciaticeras, Tauromeniceras*) sont spécifiquement identiques à ceux qui peuplent, à la même période, (sous-zone à Hawskerense) les confins occidentaux de la Téthys.

	CHAÎNES BÉTIQUES	CHAÎNES IBÉRIQUES, PYRÉNÉES MÉRIDIONALES	BASSIN CANTABRIQUE S	VERSANT NORD DES PYRÉNÉES – AQUITAINE ORIENTALE	CORBIÈRES	CAUSSES	BASSIN DU SUD-EST – ALPES EXTERNES	AUSTRO-ALPIN AUTRICHIEN
ZONE A JAMESONI								
Tetraspidoceras						R	X	X
Epideroceras							R	X
Apoderoceras			R		R	X	X	
Gemmellaroceras	X	R	R					
Phricodoceras taylori			R			X	X	
Pseudophricodoceras			R					
Radstokiceras gr. involutum	R	X	X	X	R	X	X	
Miltoceras	X							
Tropidoceras gr. flandrini	X	R	?	?	R	R	X	X
Tropidoceras gr. mediterraneum	X							X
Platypleuroceras		X	X	X	X	X	X	R
Uptonia		X	X	X	X	X	X	X
ZONE A IBEX								
Tropidoceras gr. flandrini		R	R	?	R	X	X	X
Tropidoceras gr. masseanum	X			R	R	X	X	X
Acanthopleuroceras valdani			X	X	X	X	X	X
A. maugenesti		X		X	X	X	X	
A. gr. actaeon-alisiense			R	X	X	X	X	
Dubariceras	X							X
Metaderoceras gr. evolutum	X	X	X					
Metaderoceras venarense				X	X	X	X	
Beaniceras ? centaurus		R		?	X	X	X	R
Liparoceras gr. cheltiense		X	R	X	X	X	X	R
Beaniceras crassum		X	X	X	X	X	X	X
Reynesocoeloceras praeincertum	X	R					R	X
Pseudogrammoceras gr. volubile	X	R						X
ZONE A DAVOEI								
Aegoceras		X	X	X	X	X	X	X
Oistoceras		X	X	X	X	X	X	
Cymbites centriglobosus				?	X	X	X	
Becheiceras gr. gallicum	R	X	X	X	X	X	X	X
Prodactylioceras davoei		X	X	X	X	X	X	R
Prodactylioceras aurigeriense		X	X	X		R		
Pseudogrammoceras gr. pseudodilectum		R			X	X	X	X
Pseudogrammoceras gr. costicillatum	X					R		X
Reynesocoeloceras gr. obseum	X					R		X
Aveyroniceras	X	R	R			R		X

Fig. 349 : Tableau de répartition géographique des ammonites de la marge nord-ouest téthysienne au Carixien.
Légende. X : espèce présente, R : rare, ? : présence douteuse ou à confirmer.

- **Au Toarcien** (fig. 351), les influences téthysiennes se perpétuent tout d'abord durant la zone à Tenuicostatum, avec les *Dactylioceras* [*D.* gr. *pseudocommune, D.* gr. *mirabile*], les rares *Harpoceratinae* (*Leioceratoides gr. lorioli-micitoi*) et *Hildoceratinae* typiquement téthysiens (*Neolioceratoides schopeni, N. hoffmanni*).

A partir de la zone à Serpentinum, les ammonites montrent, pour l'essentiel, une répartition ubiquiste : *Hildaites, Frechellia, Pseudomercaticeras, Paroniceras, Hildoceras, Orthildaites, Phymatoceras, Pseudogrammoceras* (des groupes de *P. aratum* et *P. subregale*), *Polyplectus* et *Osperleioceras*. Les formes plus franchement téthysiennes comme *Mercaticeras* et *Furloceras* ne sont qu'exceptionnellement citées.

Dans le Toarcien supérieur, les taxa purement téthysiens restent très épisodiques et certaines *Dumortieria* téthysiennes (*D.* gr. *latumbilicata*) atteignent l'aire ibéro-pyrénéenne (A. GOY, 1974) ainsi que la région lyonnaise (S. ELMI et L. RULLEAU, 1991). Il en est de même des *Osperleioceras* tardifs (*O. nadorense, O. sourensis*) et de certains *Hammatoceras* (*H. costatum, H. bonarellii*) et *Crestaites* téthysiens (*C. porcarellense, C. meneghinii*) ponctuellement présents dans les Chaînes ibériques et le Bassin du Sud-Est.

C – CONCLUSION :

Malgré leur situation très marginale par rapport au domaine euroboréal, au voisinage immédiat de la marge sud du continent européen, les faunes ibéro-pyrénéennes, cantabriques et languedociennes démontrent leur claire appartenance au biome euroboréal.

Toutefois, les nombreuses ammonites d'origine téthysienne qui la peuplent, en particulier dans les secteurs ibériques et languedociens, leur donnent cependant un cachet particulier, permettant de les intégrer dans une zone de transition faunique.

III - LES PARTICULARISMES FAUNIQUES

L'étude qualitative de la composition des peuplements révèle l'existence, au Lias moyen et supérieur, d'une différenciation plus ou moins marquée entre les faunes ibéro-cantabriques d'une part, et les faunes languedociennes d'autre part. Les différences portent à la fois sur l'abondance des peuplements autochtones de type nord-ouest européen et sur la qualité et l'intensité des apports téthysiens (fig. 349-352). Elles suggèrent l'existence, à partir du Lias moyen, d'un contrôle paléogéographique.

Carixien (fig. 349) :

- Les ***Eoderoceratidae* de la base de la zone à Jamesoni**, *Apoderoceras* gr. *nodogigas* et *Metaderoceras venustulum, M. muticum* et *M.* cf. *nodoblongum*, ainsi que les ***Phricodoceratinae*** du genre *Phricodoceras*, assez abondants dans le Languedoc et le Bassin d'Aquitaine, montrent un gradient de répartition vers le Sud qui les exclut des domaines ibériques.

Pseudophricodoceras caprariforme, forme endémique propre au bassin lusitanien, est localement cité dans le Carixien basal de la Sierra de la Demanda (M.J. COMAS-RENGIFO et *al.*, 1988).

- Les ***Acanthopleuroceratinae*** sont présents dans le Languedoc dès la zone à Jamesoni avec *Tropidoceras* gr. *flandrini*. Ces formes sont absentes à cette époque dans les Ibérides.

Durant la sous-zone à Masseanum, la sous-famille reste peu représentée dans les Ibérides (M.-J. COMAS RENGIFO, 1982) alors que des espèces telles *T. masseanum* sont, à la même période, abondantes dans les séries languedociennes, et de façon plus générale dans tout le domaine meso-européen.

Les *Acanthopleuroceras* abondent durant la sous-zone à Valdani dans le Languedoc, l'Aquitaine et dans le bassin cantabrique. Ils sont, par contre, peu représentés dans les Chaînes ibériques et plusieurs taxa comme *A. valdani, A. actaeon* et *A. alisiense* sont totalement absents.

- Les ***Eoderoceratidae* du Carixien moyen** les remplacent. Ces formes, *Metaderoceras* gr. *evolutum-venarense*, donnent un cachet particulier aux associations de la sous-zone à Valdani de la région ibérique et, dans une moindre mesure, ibéro-pyrénéenne. Elles sont homologues des *Metaderoceras* méditerranéens mais en diffèrent par leur variabilité. Leur abondance et leur diversification dans les confins ibéro-pyrénéens résultent plus vraisemblablement d'un phénomène d'endémisme que d'un réel apport téthysien. A la même époque, *M. venarense* gagne tout le domaine nord-ouest européen et, notamment, le Languedoc et l'Ariège, avec une distribution stratigraphique qui apparaît plus limitée dans le temps.

- Les ***Polymorphitinae*** sont partout également abondants avec les genres *Platyleuroceras* et *Uptonia*. Les ***Polymorphitinae primitifs*** sont présents en Aquitaine et en Languedoc. Par contre, ils sont peu représentés dans le Carixien basal des Ibérides où les genres *Parinodiceras* et *Polymorphites* restent rares.

- Les ***Oxynoticeratidae*** (*Radstockiceras gr. involutum-complanosum*) les remplacent au Carixien basal dans la région ibérique. Ces formes ubiquistes constituent, dans les Ibérides et les Corbières, l'essentiel des faunes du Carixien basal, donnant un cachet particulier à la faune. Elles restent cependant toujours peu abondantes en valeur absolue.

- Les ***Androgynoceratinae*** (*Liparoceras, Aegoceras, Oistoceras*) sont partout abondants. Par contre, ? *Beaniceras centaurus* est inconnu dans les régions ibériques et cantabriques. *Beaniceras luridum* n'est bien identifié que dans la région basco-cantabrique. Ailleurs (Languedoc, Ariège), son acmé est masqué par la transgression brutale des *Lytoceras fimbriatum.*

- Les ***Dactylioceratidae*** sont représentés dans la zone à Davoei par le genre typiquement euroboréal *Prodactylioceras*. *P. davoei* est surtout abondant en Europe moyenne et sa fréquence décroît vers le Sud. Il est assez peu abondant dans le domaine ibérique. Par contre, *P. aurigeriense* est une forme endémique dont la répartition paléogéographique est limitée à la seule région ibéro-pyrénéenne (des Pyrénées de l'Ariège aux Chaînes cantabriques et ibériques) excluant le Bas-Languedoc et la bordure est-aquitaine (J.-L. DOMMERGUES *et al.*, 1984).

Le genre téthysien *Reynesocoeloceras* est épisodiquement représenté dans la sous-zone à Luridum ibérique (*R. praeincertum*) et dans la zone à Davoei des Causses (*R.* gr. *obesum*).

- Les ***Harpoceratinae*** sont présents de façon isolée dès la sous-zone à Luridum dans les Sierras marginales catalanes et dès la zone à Davoei dans le Languedoc (Causses, Corbières), témoignant également, dans ces secteurs, d'influences méditérranéennes prédominantes (J.-L. DOMMERGUES et *al.*, 1985).

- Les ***Lytoceratidae*** carixiens comme *Lytoceras fimbriatum* sont des formes ubiquistes. Dans le Languedoc (Corbières, Causses), ils abondent, mais leur répartition est paroxystique, limitée à des niveaux de condensation où ils excluent totalement les *Ammonitina* (limite des zone à Ibex et à Davoei, limite zone à Davoei et à Margaritatus). Ce type de répartition a déjà été observé dans d'autres secteurs de l'Europe moyenne (J.-L. DOMMERGUES, 1979, 1984). Les *Lytoceras* sont assez rares dans le Bassin aquitain et absentes dans la région ibérique.

	CHAÎNES BÉTIQUES	CHAÎNES IBÉRIQUES, PYRÉNÉES MÉRIDIONALES	BASSIN BASCO-CANTABRIQUE	VERSANT NORD DES PYRÉNÉES - AQUITAINE ORIENTALE	CORBIÈRES	CAUSSES	BASSIN DU SUD-EST – LYONNAIS	AUSTRO-ALPIN AUTRICHIEN
ZONE A MARGARITATUS								
(Sous-zone à Stokesi)								
Protogrammoceras (Matteiceras)		X	X	X	X	X	X	R
Protogrammoceras celebratum	X	X	X	?	X	X	X	X
Amaltheus gr. stokesi		X	X	X	X	X	X	R
Cettonoceras	X						R	X
P. gr. lavinianum-isseli	X					R		X
(s-z à Subnodosus-Gibbosus)								
P. (Fieldingiceras)		X	X	X	X	X	X	X
Fuciniceras boscense					X	X	X	R
Amaltheus margaritatus-subnodosus	R	X	X	X	X	X	X	R
A. gloriosus				X	X	X	X	
A. gibbosus			X	X	X	X		
Amauroceras				X	X	X		
Protogr. (Paltarpites) kurrianus				?	X	X		X
Arieticeras apertum	X	X				X	X	
Leptaleoceras ugdulenai	X	X	?			X		
Arieticeras bertrandi	X	X		X	L	X	X	X
A. algovianum	X	X		X	X	X	X	X
A. ruthenensis				?	X	X		
Leptaleoceras accuratum	X	X						
L. canavarii	X	X		L	X	X	?	X
Reynesoceras ragazzoni	X	X	X	L	L	X	X	X
ZONE A SPINATUM								
Pleuroceras gr. solare	X	X	X	X	X	X	X	X
P. hawskerense		X	X	X	X	X	X	
Emaciaticeras	X	X	R	R		R		X
Tauromeniceras	X	X	R		R			X
Neolioceratoides	X	X	R					X
Lioceratoides	X	X	R					X
Tragophylloceras			X		X	X	X	
Phylloceratidae	X				X	X	X	X
Juraphyllidae	X				X	X	X	X
Lytoceras fimbriatum				R	X	X	X	X
L. gr. villae	X				X	X	R	X

Fig. 350 : Tableau de répartition géographique des ammonites de la marge nord-ouest téthysienne au Domérien.
Légende. X : espèce présente, R : rare, ? : présence douteuse, L : lacune d'enregistrement sédimentaire.

- Les ***Juraphyllitidae*** du genre ouest-européen *Tragophylloceras* sont absents des bassins ibériques. *T. disciforme* n'apparaît qu'au Carixien supérieur dans le Bassin Cantabrique. Une espèce typiquement téthysienne (*Juraphyllites libertus*) est présente dans le Carixien supérieur des Causses.

Domérien inférieur et moyen (fig. 350) :

- Les ***Harpoceratinae*** des genres *Protogrammoceras* (*Matteiceras*) et *P.* (*Fieldingiceras*) sont partout largement implantés dans les domaines ibériques et languedociens où ils prédominent parmi les populations *d'Amaltheidae*.

Des taxa purement téthysiens résultant d'une transgression faunique comme *P. celebratum, Fuciniceras* gr. *boscense, P. (Argutarpites) kurrianus* ou *Protogrammoceras* aff. *zuffardii* FUC. *in.* R. CUBAYNES *et al.* (1984) n'ont pas ou peu atteint les Chaînes ibériques.

- Les ***Arieticeratinae*** du Domérien moyen s'installent en plusieurs vagues. Les premiers (*Arieticeras apertum, A. disputabile, A. amalthei*) ont intéressé l'ensemble du domaine. Ils opèrent leur plus large diversification dans le Languedoc et plus modestement sur la bordure est-aquitaine, avec les formes varicantes *A.* gr *bertrandi, A. algovianum, A. ruthenensis* et (?) *Leptaleoceras canavarii*. La biozonation qui en découle (C. MEISTER, 1989) est cependant difficilement applicable dans les domaines ibérique et cantabrique où toutes ces espèces sont remplacées par une faune appauvrie de *A. bertrandi*. A la même époque *Leptaleoceras accuratum*, espèce purement téthysienne, paraît n'avoir gagné que les régions cantabriques et ibériques, avec cependant une répartition stratigraphique plus limitée dans le temps que son homologue téthysien (J.-C. BRAGA, 1983).

- Les ***Amaltheidae*** restent minoritaires durant la sous-zone à Stokesi. *Amaltheus stokesi* se limite aux secteurs septentrionaux du domaine (Languedoc, Aquitaine, bassin cantabrique). L'espèce est absente dans les Chaînes ibériques.

Amaltheus margaritatus, partout assez abondant, montre pourtant un gradient de répartition vers le Sud. L'espèce est peu abondante dans les Ibérides où sa présence se limite à la sous-zone à Gibbosus (au-dessus de l'horizon à *Reynesoceras raggazzoni*). *Amaltheus gibbosus* est également absent dans les Ibérides.

Dans les Chaînes cantabriques, les formes oxycônes de type A. *margaritatus - laevigatus - striatus* paraissent les mieux adaptées. Les espèces ornées telles *A. gloriosus* sont rares ou absentes en dehors du domaine languedocien. Les *Amauroceras* et *Pseudamaltheus* sont présents à la fois dans les Cantabriques et le Languedoc, mais sont absents du domaine ibérique.

- Les ***Liparoceratidae*** tardifs des genres *Becheiceras* et *Cymbites* sont aussi absents de la région ibérique.

- Les ***Dactylioceratidae*** sont ponctuellement représentés par une forme ubiquiste d'origine téthysienne, *Reynesoceras* gr. *acanthoides-ragazzoni* dont la transgression faunique a intéressé l'ensemble du domaine aquitano-ibérique et languedocien. Par contre, le genre *Aveyroniceras* n'est signalé que dans le Domérien inférieur des Chaînes Ibériques.

- Les ***Phylloceratacea***, formes habituellement associées aux domaines pélagiques téthysiens, ne sont bien implantés que dans les bassins languedociens (Causses, Corbières) avec les genres *Juraphyllites, Phylloceras, Harpophylloceras, Zetoceras, Partschiceras* et *Calliphylloceras*. Au Domérien inférieur, la répartition du genre euroboréal *Tragophylloceras* se limite au bassin cantabrique (J.-C. BRAGA *et al.*, 1985).

- Des ***Lytoceratacea*** d'affinité ubiquiste ou plus nettement téthysienne existent au Domérien moyen dans le Languedoc (*L.* gr. *villae*) et dans la zone à Spinatum des Chaînes ibériques (M.-J. COMAS RENGIFO, 1985).

Domérien supérieur (fig. 350) :

- Les ***Amaltheidae*** montrent des peuplements assez homogènes de *Pleuroceras* durant la sous-zone à Apyrenum. Ils se raréfient nettement dans la sous-zone à Hawskerense des Chaînes ibériques et cantabriques où ils sont momentanément exclus par les *Hildoceratacea*.

- Les ***Arieticeratinae*** d'affinité téthysienne (genres *Emaciaticeras* et *Tauromeniceras*) existent en nombre dans la partie supérieure de la sous-zone à Hawskerense des Chaînes ibériques et cantabriques (*Emaciaticeras imitator, E. lottii, E. emaciatum, Tauromeniceras elisa, T. nerina*). Des individus isolés atteignent en petit nombre les Pyrénées basco-béarnaises (massifs des Arbailles et de Sudou) (Ph. FAURE, 1987), les Pyrénées méridionales (Sierras Marginales aragonaises et catalanes, Zone de Pedraforca) (Ph. FAURE, 1984) et le domaine languedocien (Causses) où *Emaciaticeras gr. lottii* se mêle aux populations dominantes de *Pleuroceras* (C. MEISTER, 1989). Les "*Naxensiceras*" de la région de Bédarieux (J. MATTEI, 1985, p. 60) et le *Tauromeniceras* du Lobe de Fontjoncouse (Nappe des Corbières orientales) sont aussi des éléments purement téthysiens présents toujours en petit nombre dans la sous-zone à Hawskerense du Languedoc.

- Des ***Hildoceratinae*** (*Neolioceratoides*) et des **Harpoceratinae** (*Protogrammoceras, Lioceratoides*) téthysiens atteignent à la même époque les Pyrénées basco-cantabriques (Ph. FAURE, 1987).

Toarcien basal (zone à Tenuicostatum) (fig. 351) :

La sous-zone à Mirabile voit la poursuite de la différenciation entre faunes languedociennes et faunes ibériques. Les ***Dactylioceratidae*** du groupe des *Dactylioceras mirabile-pseudocommune* prédominent en effet dans les confins

méridionaux du domaine (bassins basco-cantabrique et ibéro-pyrénéen) où ils sont accompagnés par quelques ***Harpoceratinae*** (*Leioceratoides gr. lorioli-micitoi*) et ***Hildoceratinae*** typiquement téthysiens hérités des formes domériennes (*Neolioceratoides schopeni, N. hoffmanni*).

A partir de la sous-zone à Semicelatum, les peuplements de *Dactylioceras* (*Orthodactylites*) gr. *semicelatum* et *Protogrammoceras (Paltarpites) paltus* (*Harpoceratinae*), formes exclusivement euroboréales, intéressent de façon homogène l'ensemble des régions ibéro-pyrénéennes et languedociennes. *Protogrammoceras (P.?) madagascariense* lui succède dans les seules régions ibérique et ibéro-pyrénéenne.

	CHAÎNES BÉTIQUES	CHAÎNES IBÉRIQUES, PYRÉNÉES MÉRIDIONALES	BASSIN BASCO-CANTABRIQUE	VERSANT NORD DES PYRÉNÉES - AQUITAINE ORIENTALE	CORBIÈRES	CAUSSES	BASSIN DU SUD-EST – LYONNAIS	AUSTRO-ALPIN AUTRICHIEN
ZONE A TENUICOSTATUM								
Protogrammoceras (Paltarpites) paltus		X	X	X	L	X	X	
Protogrammoceras ? madagascariense		X		L	L	L		
Neolioceratoides	X	R	X	L	L	L		
Dactylioceras gr. mirabile	X	X	X	X	L	L		
D. (Orthodactylites)	X	X	X	X	X	X	X	X
Tiltoniceras				R	R	?	X	X
ZONE A SERPENTINUM								
Eleganticeras	R	R	X	X	?	?	X	
Harpoceras		X	X	X	X	X	X	X
Hildaites	X	X	X	X	L	X	X	X
Nodicoeloceras crassoides	X	X	X	?	L	L		X
Polyplectus pluricostatus	X	X						X
Bouleiceras-Nedjia		R						
Leukadiella	X							
ZONE A BIFRONS								
Hildoceras	X	X	X	X	X	X	X	X
Mercaticeras	X	R	R					X
Pseudolioceras		X	X	X	X	X	X	X
Frechellia	R	R	R	?	?	R	R	X
Porpoceras gr. verticosum	R	X	X	X	X	X	X	X
Catacoeloceras		X	X	X	A	A	X	X
Guexiceras					X	X	X	
ZONE A VARIABILIS								
Haugia-Denckmannia		X	X	X	X	X	X	
Merlaites	X	R	?					X
Pseudomercaticeras bayani		X	X	?	?	X	X	X
Osperleioceras bicarinatus	X	X	X	X	A	A	X	X
Paroniceras sternale	R	X	X	X	X	X	X	X
Pseudogrammoceras pseudosubregale	X	X	X	X	?	X	X	X
Catacoeloceras-Mucrodactylites		R	R	X	A	A	X	X
Collina	X					?		X

Fig. 351 : Tableau de répartition géographique des ammonites de la marge nord-ouest téthysienne au Toarcien inférieur et moyen. *Légende.* A : espèce abondante ; X : présente, R : rare, ? : présence douteuse, L : lacune d'enregistrement sédimentaire.

Toarcien inférieur à moyen (zone à Serpentinum à zone à Bifrons) (fig. 351) :

C'est une période d'homogénéisation des faune à l'échelle de l'Europe méridionale.

- Les ***Hildoceratinae*** (genres *Hildaites* et *Orthildaites* de la zone à Serpentinum, *Hildoceras* de la zone à Bifrons), les ***Harpoceratinae*** (genres "*Harpoceratoides*", *Harpoceras* et *Pseudolioceras*) sont des formes ubiquistes et abondantes dont la répartition est homogène, comme elle l'est aussi sur toute la marge Nord de la Téthys occidentale. Il en est de même des ***Phymatoceratinae*** primitifs (genre *Phymatoceras*).

- Les ***Dactylioceratidae*** sont rares dans la bassin cantabrique. Partout ailleurs, ils sont assez fréquents dès la zone à Serpentinum avec *Nodicoeloceras crassoides* et, surtout, dans la zone à Bifrons avec les taxa *Porpoceras* gr. *verticosum, Zugodactylites, Peronoceras*.

	CHAÎNES BÉTIQUES	CHAÎNES IBÉRIQUES, PYRÉNÉES MÉRIDIONALES	BASSIN BASCO-CANTABRIQUE	VERSANT NORD DES PYRÉNÉES - AQUITAINE ORIENTALE	CORBIÈRES	CAUSSES	BASSIN DU SUD-EST – LYONNAIS	AUSTRO-ALPIN AUTRICHIEN
ZONE A THOUARSENSE								
Pseudogrammoceras gr. bingmanni	R	X	X	X	X	X	X	X
Esericeras		X	X			X	X	
Grammoceras gr. thouarsense		X	X	X	X	X	X	X
Pseudogrammoceras fallaciosum	X	X	X	X	X	A	X	X
Oxyparoniceras		R	R	?	X	A	X	R
Mouterdeiceras	?	X	X	X	X	X	X	?
Osperleioceras gr. rivierense	X	R			X	X	X	
ZONE A DISPANSUM								
Phlyseogrammoceras		R	R	X	?	X	X	X
Gruneria	X	X	X	X	?	X	X	
Pseudolillia	X	X	X	?	?	X	X	
Hammatoceras gr. speciosum	X	X	X	X	?	X	X	
Polyplectus discoides	X	X	X	X	X	X	X	
Onychoceras		R	?	?	X	X	X	
Osperleioceras gr. reynesi	X	X	X	X	?	A	R	
ZONE A PSEUDORADIOSA								
Dumortieria latumbilicata	X	R					R	X
D. gr. insignisimilis		X	X	X	?	X	X	X
D. gr. levesquei		X	X	X	?	X	X	X
D. gr. radians-pseudoradiosa		X	X	X	?	X	X	
Huldestonia		R					R	
Osperleioceras`	X	R	R	X	X	X		
Nadorites	X	X	X					
Paradumortieria	X	R	?					
ZONE A AALENSIS								
Pleydellia (P.?) gr. mactra		X	X	X	X	X	X	X
P. (P.?) gr. aalensis		X	X	X	X	X	X	
P. (Walkericeras) lugdunensis	R	X	X	X	X	X	X	X
Catulloceras dumortieri	X	R	R	?	X	R	R	X
Phylloceratacea du Toarcien	X				X	A	R	X

Fig. 352 : Tableau de répartition géographique des ammonites de la marge nord-ouest téthysienne au Toarcien supérieur. *Légende.* A : espèce abondante ; X : présente, R : rare, ? : présence douteuse.

A partir de la sous-zone à Bifrons, ils sont surtout abondants dans les séries languedociennes (Causses, Languedoc montpelliérain, Corbières) où les *Catacoeloceras* gr. *jordani*, les *Nodicoeloceras* (*N. dayi, N. crateriforme*) et les *Guexiceras* (*G. zitteli, G. nicklesi*) peuvent prédominer dans les associations. Ces formes y sont très diversifiées et ont été abondamment illustrées par les travaux de J. MONESTIER (1931) et de J. GUEX (1972). Elles sont rares sur la bordure est-aquitaine et dans les domaines ibérique et ibéro-pyrénéen.

La région ibérique montre encore des relations privilégiées avec la Province méditerranéenne :

- Les ***Bouleiceratinae*** de la zone à Serpentinum (genres *Bouleiceras* et *Taffertia*) et de la zone à Bifrons (genre *Neidjia*) sont des ammonites téthysiennes morphologiquement très spécialisées, vraisemblablement adaptativement associées aux domaines de plate-forme néritique. Elles atteignent en petit nombre les confins ibériques (A. GOY, 1974) mais sont absentes des Pyrénées et des bassins languedocien et aquitain. L'espèce téthysienne *Polyplectus pluricostatus* (*Harpoceratinae* de la partie moyenne de la zone à Serpentinum) et quelques représentants des ***Mercaticeratinae*** comme *Mercaticeras dilatum* et *Pseudomercaticeras latum*, montrent la même répartition purement ibérique.

Toarcien moyen à supérieur (zone à Variabilis à zone à Aalensis) (fig. 351-352) :

- Les ***Phymatoceratinae*** (genres *Haugia, Denckmannia, Haugiella, Brodieia*) sont partout largement représentés et occupent, dans les domaines ibérique et languedocien, une même place dans la composition des faunes.

- Les ***Mercaticeratinae*** de la zone à Variabilis relèvent de deux origines différentes. Les *Crassiceras* gr. *gradatum* et *Merlaites alticarinata* sont des formes purement téthysiennes. Elles ne gagnent qu'épisodiquement les régions ibériques ou cantabriques. Les *Pseudomercaticeras* rencontrés en assez grande abondance dans le Languedoc et les Ibérides [*P. bayani* et *P. frantzi*] correspondent à des espèces endémiques, associées à la bordure sud-européenne. Elles s'épanouissent dans les bassins languedociens (Causses) et dans la région rhodanienne (S. ELMI *et al*, 1986).

- Les ***Dactylioceratidae*** de la zone à Variabilis montrent la même répartition qu'à la sous-zone à Bifrons et les genres *Catacoeloceras* (*C. dumortieri, C. confectum*) et *Mucrodactylites* (*M. mucronatus*) sont particulièrement abondants dans la région languedocienne alors qu'ils sont peu représentés sur la péninsule ibérique.

- Les ***Harpoceratinae*** sont aussi surtout abondants dans les séries languedociennes (Causses, Corbières) avec *Osperleioceras bicarinatus*. L'espèce y apparaît ici précocement, avec le sommet de la zone à Bifrons, et subsiste jusque dans la partie supérieure de la zone à Thouarsense où *O.* gr. *rivieren*se et *O. beauliziense* lui succèdent. Ces formes sont absentes dans les régions ibéro-pyrénéennes et cantabriques.

C'est encore dans le Languedoc que les peuplements *d'Osperleioceras* de la zone à Dispansum apparaissent les plus diversifiés, avec des formes comme *O. subcostulatum, O. reynesi* et *O. authelini* qui évoluent de façon plus ou moins endémique dans certains secteurs comme les Causses (sous-zone à Reynesi de J. GUEX, 1975), et que l'on retrouve également dans le bassin ibéro-pyrénéen (Ariège et Zone sud-pyrénéenne) (Dans les Corbières, les dépôts ne sont pas propices à la conservation d'ammonites). Toutes ces espèces sont peu abondantes dans les Ibérides.

Polyplectus discoides est une forme cosmopolite, irrégulièrement présente depuis la base de la zone à Thouarsense. Elle atteint la zone à Pseudoradiosa dans les Causses et la zone à Aalensis (sous-zone à Mactra) dans les Ibérides où elle précède l'apparition des *Vacekia* (*Nadorites*).

- Les ***Grammoceratinae,*** y compris les éléments d'affinité téthysienne de la sous-zone à Illustris (groupe des *Pseudogrammoceras aratum* et *subregale*), montrent une large diffusion à l'ensemble du domaine dans la zone à Thouarsense (genres *Pseudogrammoceras*, *Grammoceras*) et dans la zone à Dispansum (genres *Gruneria, Pseudolillia*). Les *Esericeras*, *Phlyseogrammoceras* et *Huldestonia,* genres d'affinités euroboréales restent rares ou absents de la péninsule ibérique.

- Les ***Hammatoceratidae*** des groupes euroboréaux ou cosmopolites d'*Hammatoceras* gr. *speciosum, H.* gr. *insigne* et *H. pachu*, sont présents partout en abondance. Les espèces d'origine téthysienne (*H. costatum, H. bonarellii, Crestaites porcarellense, C. meneghinii*) sont également représentées dans les Chaînes ibériques et le Languedoc.

- Les ***Bouleiceratinae*** comme *Frechellia subcarinata, Paroniceras sternale* et *Oxyparoniceras*(= *Jacobella*) *buckmani*, sont des formes ubiquistes, partout présentes dans le Sud de l'Europe.

- Les ***Dumortierinae*** appartenant aux genres *Dumortieria*, *Pleydellia* et *Catulloceras* se répartissent de façon homogème sur l'ensemble des domaines.

- Les ***Lytocerataceae*** sont surtout fréquents dans le Languedoc où ils sont, à la fois, représentés par des taxa euroboréaux, par exemple *Lytoceras cornucopia* et *Perilytoceras perlaevis,* et par des éléments d'affinité téthysienne comme *Alocolytoceras trautscholdi*, dont l'abondance durant la sous-zone à Dispansum du Languedoc confère aux associations une originalité très marquée. Toutes ces espèces sont rares ou absentes dans les Ibérides.

- Les ***Phylloceratаecae*** ont une répartition analogue, avec des espèces d'affinité téthysienne comme *Calliphylloceras nilssoni*, présentes dans les Causses, et qui restent inconnus dans les régions ibériques.

III - CONCLUSION. IMPLICATIONS PALÉOGÉOGRAPHIQUES

A - LES PARTICULARISMES IBÉRIQUE ET LANGUEDOCIEN

Au Carixien et au Domérien inférieur-moyen :

- Les assemblages fauniques sont moins diversifiés dans les Ibérides que dans le Languedoc par absence ou raréfaction de nombreux taxa euroboréaux (*Apoderoceras, Phricodoceras, Tragophylloceras, Lytoceras fimbriatum, Acanthopleuroceras, Prodactylioceras davoei, Amaltheus margaritatus* et *A. gibbosus*). Malgré une situation paléogéographique plus "marginale" par rapport à la marge ouest-téthysienne et plus méridionale, ces déficits ne sont pas compensés par les apports téthysiens qui se limitent à quelques espèces épisodiquement transgressives comme *Reynesocoeloceras praeincertum* et *Leptaleoceras accuratum.*

- L'isolement relatif de la région ibérique est propice à l'amorce d'un endémisme. Au Carixien inférieur, les *Radstockiceras*, très prédominants, occupent les niches désertées par les *Eoderoceratidae* et les *Polymorphitidae* primitifs (*Polymorphites* s.s.). Au Carixien moyen, ce sont des *Metaderoceras* (*Eoderoceratidae*), homologues des *Metaderoceras* mediterranéens (*M .* gr. *evolutum-venarense*), qui occupent les niches laissées libres par les *Acanthopleuroceratinae* (*Acanthopleuroceras* des groupes *valdani-actaeon-alisiense*). Au Carixien supérieur, un *Prodactyliocras* (*P. aurigeriense*) montre une répartition paléogéographique limitée à la seule région ibéro-pyrénéenne (des Pyrénées de l'Ariège aux Chaînes cantabriques et ibériques), excluant le Bas-Languedoc et la bordure est-aquitaine.

- Les apports téthysiens prédominent dans la région languedocienne qui voit l'arrivée successive de *Tropidoceras, Protogrammoceras, Fuciniceras* et l'installation de lignées d'*Harpoceratinae* [P. (*Matteiceras*)], *d'Arieticeras* (*A. macrum* et *A. algovianum-ruthenense*) et de *Phylloceratаceae* abondants.

Au Domérien supérieur, la tendance à l'isolement relatif des domaines ibériques semble s'inverser et l'arrivée à la fin du Domérien des *Hildoceratacea* purement téthysiens (*Emaciaticeras, Tauromeniceras, Lioceratoides*) semble se faire au contraire par le Sud du domaine, avec un gradient de répartition et de compétition avec les formes euroboréales vers le Nord, induisant une différenciation paléogéographique assez marquée entre les domaines aquitains d'une part, où ces espèces sont absentes, et les Ibérides d'autre part, où elles abondent, excluant parfois assez durablement les populations euroboréales de *Pleuroceras*.

Au Toarcien, le particularisme ibérique s'estompe avec la diffusion de nombreux taxa ubiquistes. Comme au Domérien supérieur, les faunes d'affinité téthysienne (*Leioceratoides, Protogrammoceras, Bouleiceras, Mercaticeras, Pseudomercaticeras, Merlaites*) se répartissent selon un gradient de différenciation vers le Nord. Abondantes dans les domaines ibérique ou cantabrique, elles n'atteignent qu'en petit nombre le domaine sud-pyrénéen.

Ainsi, l'analyse des faunes d'ammonites permet de distinguer au cours du Lias moyen–supérieur (fig. 353) :

- **Une région languedocienne** regroupant la région des Causses, le Languedoc montpelliérain et les Corbières dans un seul ensemble, plus exposé aux influences mésogéennes durant le Pliensbachien, peut-être en raison d'une plus large ouverture vers la marge nord-téthysienne. La composition homogène des faunes semble invalider ou devoir modérer l'hypothèse fréquemment invoquée d'un endémisme uniquement caussenard.

- **Une région ibéro-cantabrique** occupant au Pliensbachien une position plus "distale" par rapport à la Province nord-ouest-européenne et dont l'isolement relatif se traduit par un appauvrissement relatif en taxa euroboréaux, peu ou pas compensé par les apports téthysiens, et l'amorce d'un endémisme.

Le développement au sein de l'ensemble faunique euroboréal de la sous-province euro-caucasienne (Caucase, Pontides, Crimée, Elbrouz et Bassin central iranien) découle d'un mécanisme identique (J.-L. DOMMERGUES *et al.*, 1987). Ce secteur situé dans une situation paléogéographique marginale par rapport aux plates-formes européennes, sur la marge même de l'océan théthysien montre un appauvrissement relatif des faunes euroboréales qui la peuplent, au Lias moyen (I.G. SAPUNV, 1974 ; J.-L. DOMMERGUES *et al.*, 1987) comme au Lias supérieur (I.G. SAPUNV, 1968 ; K. SEYED-EMAMI, 1971 ; R. MOUTERDE et S. ELMI, 1991). Cet appauvrissement n'est pas compensé par la présence des espèces téthysiennes habituellement transgressives sur la frange sud de l'Europe, comme les *Protogrammoceras* au Domérien et les *Merlaites*, les *Collina* et les *Oxyparoniceras* au Toarcien.

B - IMPLICATIONS SUR LA PALÉOGÉOGRAPHIE LOCALE

L'indépendance relative, tout au long du Lias moyen et supérieur, du domaine languedocien et des bassins ibéro-cantabriques dont fait partie le versant sud des Pyrénées centrales, suggère l'existence d'un isolement réciproque de ces deux domaines, pourtant très proches. A titre d'hypothèse, la structure paléogéographique correspondant au Haut-fond occitan (pointe sud du Massif Central français) prolongée au Sud par le "Massif" catalan aurait pu jouer un tel rôle (fig. 353). Les échanges n'ayant été possibles que par des zones de seuil tels, le Seuil caussenard, le Seuil du Rouergue, le Seuil de Carcassonne, le Seuil nord-catalan (entre les Bassins du Sud-Est et d'Aquitaine), le Seuil de Minorque (entre les Bassins du Sud-Est et Catalan) et les Seuils de Beseit et du Maestrazgo (entre les Bassins catalan et ibérique) (fig. 353).

C - IMPLICATIONS SUR LA PALÉOGÉOGRAPHIE DE LA MARGE OUEST-TÉTHYSIENNE

Au Lias moyen comme au Toarcien, il existe toujours une franche opposition entre la région ibérique, à composition faunique essentiellement euroboréale, et la région bétique peuplée de taxa téthysiens et où les espèces euroboréales ne sont en retour présentes qu'à l'occasion d'ingressions fauniques très brèves (*Becheiceras, Amaltheus, Pleuroceras*) (J.C. BRAGA et *al.*, 1988) (fig. 349 à 352).

Malgré leur importante proximité paléogéographique (ces deux secteurs sont séparés par les seules plates-formes péni-bétique et du Maestrazgo peu déformées par la tectonique) (fig. 353), il n'y a aucune zone d'interaction ou de différentiation progressive des faunes appartenant aux deux provinces euroboréale et téthysienne, telle qu'elle est décrite dans les Alpes autrichiennes (J.-L. DOMMERGUES et C. MEISTER, 1991) ou dans le Bassin lusitanien (R. MOUTERDE et S. ELMI, 1991).

Il semble ainsi exister sur la marge ibérique de la Téthys occidentale un filtre paléogéographique qui devait fortement réduire les échanges entre les deux domaines ou les limiter à des taxa bien particuliers. Le rôle dynamique joué, dans l'induction de ce provincialisme, par des structures émersives ou margino-littorales comme la Meseta ibérique, les plates-formes margino-littorales prébétiques et le bloc corso-sarde a déjà été invoqué au Lias moyen pour expliquer la limitation vers le Sud des biofaciès ibériques à brachiopodes (Ph. FAURE, 1982), voire pour étayer le provincialisme des ammonites (J.-L. DOMMERGUES, 1982, 1984 ; E. CARIOU *et al.*, 1985).

Ce dispositif reste actif durant la plus grande partie du Toarcien. A partir de la zone à Aalensis se différencie dans la Sierra Norte de Majorque une zone d'équilibre peuplée à la fois de *Pleydellia* ubiquistes et de *Phylloceratidae* méditerranéens, qui témoigne de la disparition des barrières paléoécologiques en rapport avec l'effondrement des dispositifs paléogéographiques (M. ALVARO *et al.*, 1989) ou une importante montée du niveau eustatique.

Parmi les voies de communication ayant permis certaines migrations, la voie atlantique via le Portugal apparaît avoir seule fonctionné durant le Pliensbachien (fig. 353). Une seconde voie, peni-bétique, est contemporaine, à partir du Domérien supérieur, d'un début de submersion des plates-formes carbonatées pré-bétiques. Elle a pu favoriser l'immigration de formes à caractères très spécialisés comme les *Bouleiceras*.

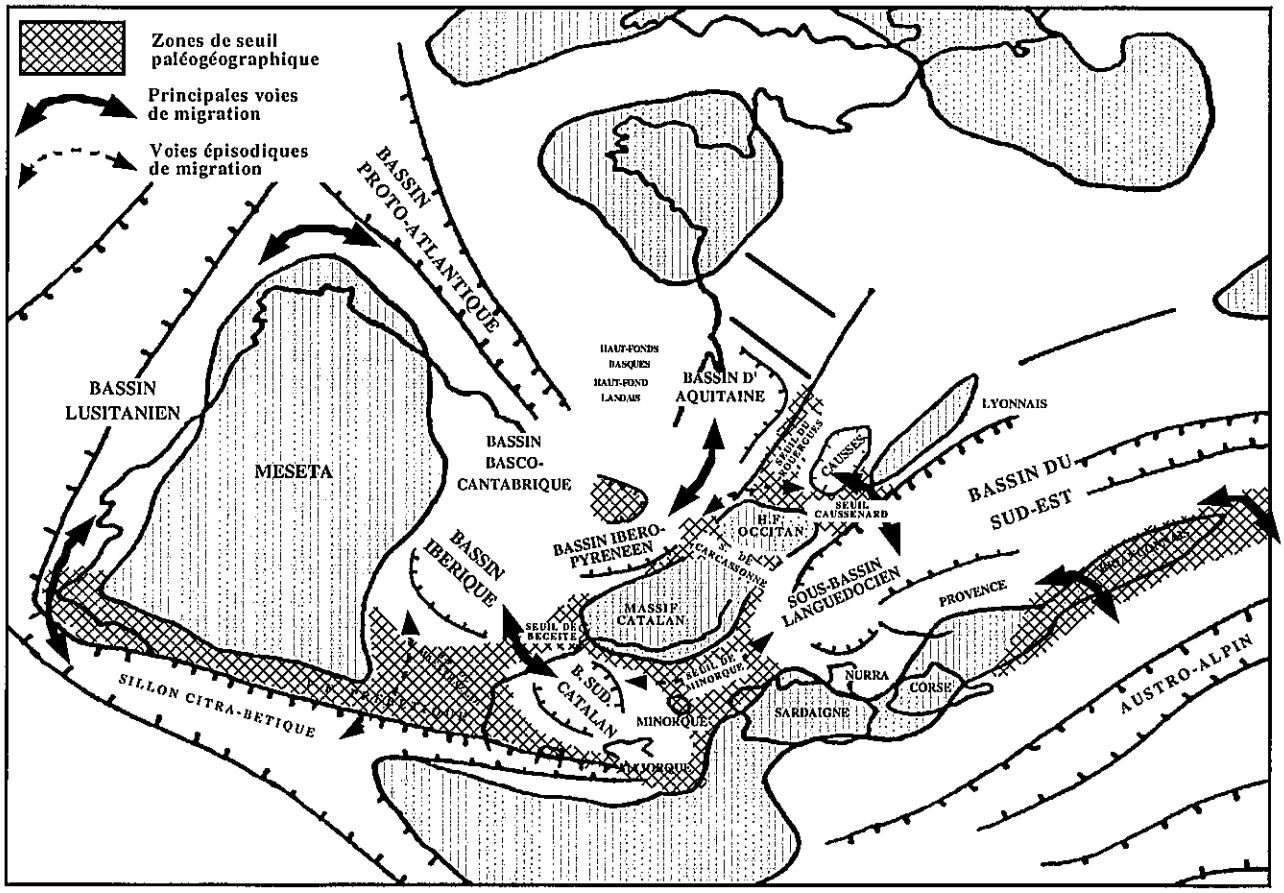


Fig. 353 : Les dispositifs paléogéographiques de la marge ouest-téthysienne et les principales voies d'échange et de migration des ammonites au Lias moyen et supérieur.

PALÉOBIOGÉOGRAPHIE DES BRACHIOPODES

L'étude biostratigraphique des brachiopodes des Pyrénées et l'analyse de leur répartition géographique a fait l'objet d'un mémoire indépendant. Nous n'en résumerons ici que les principaux résultats, renvoyant le lecteur à cet ouvrage (Y. ALMERAS et Ph. FAURE, 2000).

Les brachiopodes sont, plus que tous autres organismes benthiques, dépendants des paléoenvironnements. L'hydrodynamisme, la profondeur, la turbidité, l'oxygénation des fonds, la qualité et l'abondance de la sédimentation et des apports trophiques sont autant de facteurs déterminant l'implantation et la diversification de leurs communautés (Y. ALMERAS et Ph. FAURE, 1990).

I - LE DOMAINE D'ÉTUDE

A - PALÉOBIOGÉOGRAPHIE DES BRACHIOPODES IBÉRO-PYRÉNÉENS

Au Lias inférieur, les conditions paléoécologiques de plate-forme margino-littorale sont partout défavorables à la présence de brachiopodes. Ils font une timide apparition dans les niveaux plus ouverts du sommet du Lotharingien dans les Corbières et le Comminges [*Zeilleria (Z.) vicinalis, Prionorhynchia belemnitica, Z. (Z.) quiaiosensis, Spiriferina betacalcis, Prionorhynchia belemnitica, Tetrarhynchia dunrobinensis*].

Nous rappelons qu'au Lias moyen et supérieur, l'examen des populations de brachiopodes conduit à distinguer trois secteurs paléogéographiques distincts caractérisés par des associations d'espèces ou par la fréquence plus ou moins élevée de certains taxa à des niveaux stratigraphiques particuliers [p. 615, fig. 317 à 320 et Y. ALMERAS et Ph. FAURE (1990 et 2000, p. 249-255)] :

- **Un domaine ibéro-pyrénéen** correspondant au versant méridional des Pyrénées (Ph. FAURE, 1984) et au versant nord de la chaîne, entre le Gave d'Aspe à l'Ouest et le cours de l'Aude à l'Est. Son originalité consiste en l'épanouissement des *Cuersithyris* au cours du Carixien inférieur, des *Lobothyris punctata subpunctata et fusiformis* dans le Carixien moyen, des *Lobothyris lata* dans le Domérien moyen, et, surtout, des faunes toarciennes dites 'ibériques" à *Liospiriferina falloti, Soaresirhynchia bouchardi, Telothyris jauberti* et *Homoeorhynchia batalleri.*

- **Un Particularisme basque**, expression, à l'extrémité occidentale de la Chaîne, de conditions paléoécologiques locales à l'origine de la disparition de nombreux taxa tels les *Lobothyris* du Carixien ou les faunes "ibériques" du Toarcien partiellement remplacées par des peuplements de *Gibbirhynchia tiltonensis.*

- **Un Particularisme languedocien** exprimé dans les Corbières méridionales et orientales, sous la dépendance du bassin du Sud-Est de la France (Ph. FAURE, 1981). Des faunes de type "ibérique" (faunes à *Cuersithyris* et à *Lobothyris*) vont interférer au Carixien et au Domérien avec des éléments d'origine plus nettement nord-ouest-européens [*Zeilleria (Cincta) numismalis, Liopiriferina alpina, Rimirhynchia anglica, Cirpa briseis, Gibbirhynchia northamptonensis, Zeilleria (Z.) quadrifida, Aulacothyris resupinata*]. Les brachiopodes de type "ibérique", encore représentés dans le Toarcien basal (*Liospiriferina falloti*), sont absents dans le Toarcien moyen. Entre la sous-zone à Bifrons et la zone à Dispansum, les faciès terrigènes empêchent leur développement.

B - PALÉOBIOGÉOGRAPHIE DES BRACHIOPODES CATALANS ET SARDES

Les affleurements de Lias des secteurs catalan et sarde sont très disjoints par les ouvertures océaniques de la Méditerranée occidentale et par d'importants décrochements (M. DURAND-DELGA 1980) (fig. 354-355). De plus, ils ne sont reconnus que par des témoins de faible extension correspondant aux affleurement des Chaînes littorales et pré-littorales catalanes, des Iles Baléares et de la Sardaigne. Le Lias des Nappes du Alt Empordà sont regroupées dans cet ensemble correspondant au substratum ou aux marges du Golfe du Lion. Partout où les brachiopodes sont présents, ils s'intègrent parfaitement dans l'aire d'influence du "biome ibérique". Ils permettent d'effectuer les regroupement suivants :

- **Chaînes catalanes littorales et pré-littorales, Minorque et Sardaigne méridionale :** Les faciès se rapportent à une plate-forme carbonatée peu profonde, le Seuil de Minorque. Au Domérien supérieur, les brachiopodes sont identiques en Catalogne et en Sardaigne. Au Toarcien, le jalon de Minorque a fourni *Soaresirhynchia bouchardi* et *Homoeorhynchia batalleri* à R. BOURROUILH (1973).

- **Sardaigne nord-occidentale (Nurra) :** La plate-forme carbonatée de la Nurra sarde est assez favorable au développement des brachiopodes. *Zeilleria quiaiosensis* caractérise le Carixien inférieur et *Telothyris jauberti* est présent dans le Toarcien inférieur. Ces faunes au caractère ouest-téthysien accusé (Ph. FAURE, 1982 ; Ph. FAURE et B. PEYBERNES, 1983 ; C. MONLEAU 1986) relèvent des mêmes influences que celles du Lias provençal (Y. ALMERAS et G. MOULAN, 1982). Ces homologies biogéographiques nous ont permis d'individualiser une plate-forme sardo-provençale, largement ouverte aux influences du bassin du Sud-Est de la France dont elle constituait, au Jurassique, la marge orientale (Ph. FAURE, 1982 ; Ph. FAURE et B. PEYBERNES, 1983)(fig. 355).

- **Nappes du Alt Empordà :** Elles sont les témoins, au Lias, d'une zone de sédimentation nord-catalane dépendant vraisemblablement de la marge méridionale du Bassin du Sud-Est.

Ainsi, la diffusion des brachiopodes semble déterminée par les plates-formes stables peu profondes qui bordent nombre des hauts-fonds qui parsèment le domaine. Les brachiopodes de type "ibérique" qui peuplent le Bassin ibérique te le Bassin sud-catalan gagnent le Alt Empordà par le Seuil de Minorque et la Sardaigne, puis la Provence par la plate-forme sardo-provencale (fig. 354-355).

De la même façon, ils atteignent le Quercy par la bordure occidentale du Haut-fond occitan. A contrario, les bassins hémipélagiques comme le Bassin du Sud-Est semblent constituer un obstacle relatif à leur diffusion. Les brachiopodes de type "ibérique" ne colonisent qu'en petit nombre sa berge occidentale, possiblement étroite et rendue instable par l'activité du faisceau des failles des Cévennes. Ils n'atteignent ni les Causses, ni la bordure ardéchoise.

II - LA PROVINCE OUEST-TÉTHYSIENNE

Les associations fossiles de l'ensemble de la région étudiée, ibéro-pyrénéenne, catalane et sarde appartiennent clairement à un même ensemble faunique, la **Bioprovince nord-ouest-téthysienne** (Y. ALMERAS et Ph. FAURE, 2000), qui recouvre, de façon plus générale, l'ensemble des plates-formes situées sur la marge occidentale de la Téthys méditerranéenne, s'étendant sur les Bassins lusitanien, cantabrique, ibérique, sud- et nord-catalan et sur la berge languedocienne et sardo-provençale du Bassin du Sud-Est (fig. 354).

Au Carixien inférieur, des communautés de térébratulidés et de zeilleriidés multiplissés (genres *Hesperethyris* et *Tauremania*) se développent dans les provinces maghrébines de la Téthys (Y. ALMERAS et S. ELMI, 1982) tandis que des faunes de type "alpin" caractérisent les marges sud (faunes du Hierlatz, Appenins) et nord de la Téthys, au niveau des Chaînes bétiques (G. DUBAR et G. PEYRE, 1960) (fig. 354).

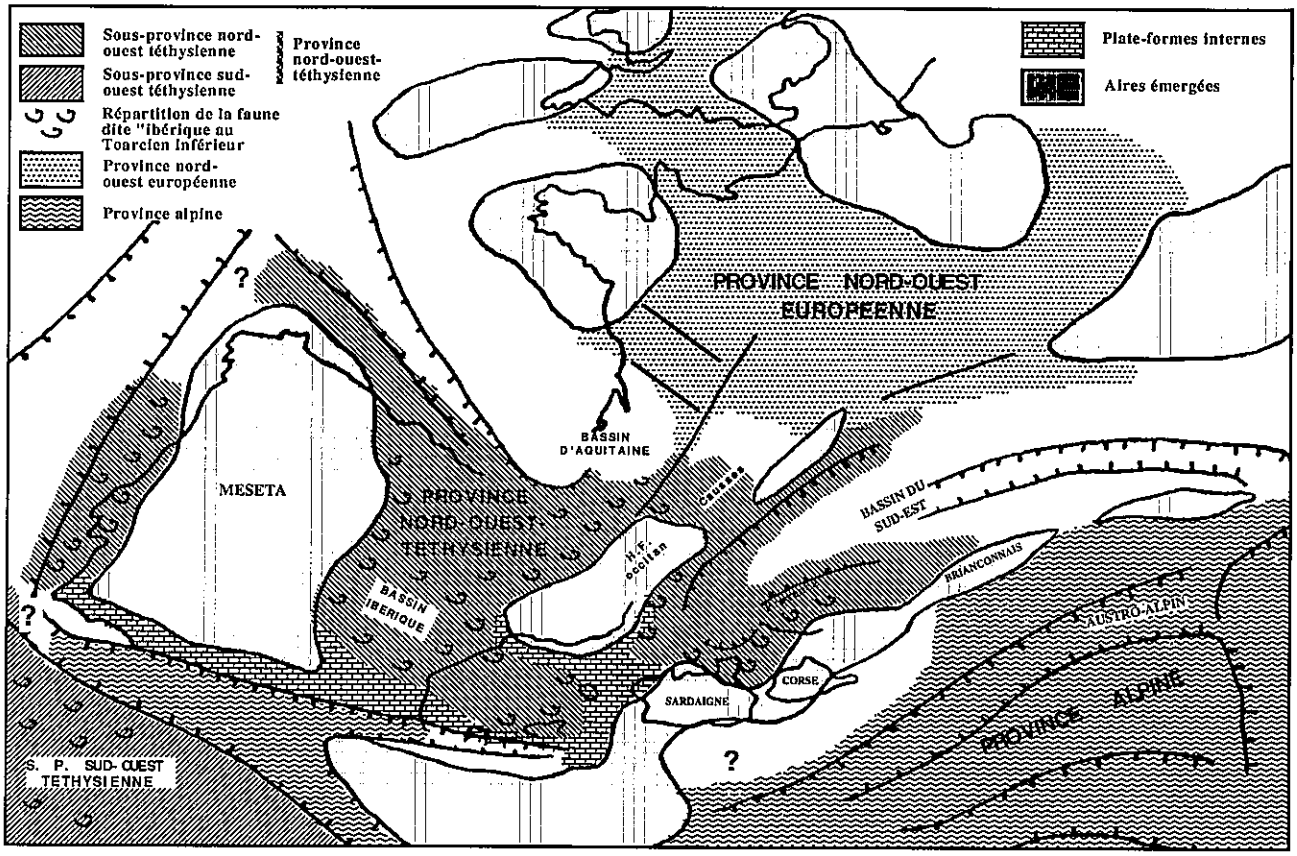


Fig. 354 : Les bioprovinces paléogéographiques de la marge ouest-téthysienne (d'après Y. ALMERAS et Ph. FAURE, text.fig. 55, 2000).

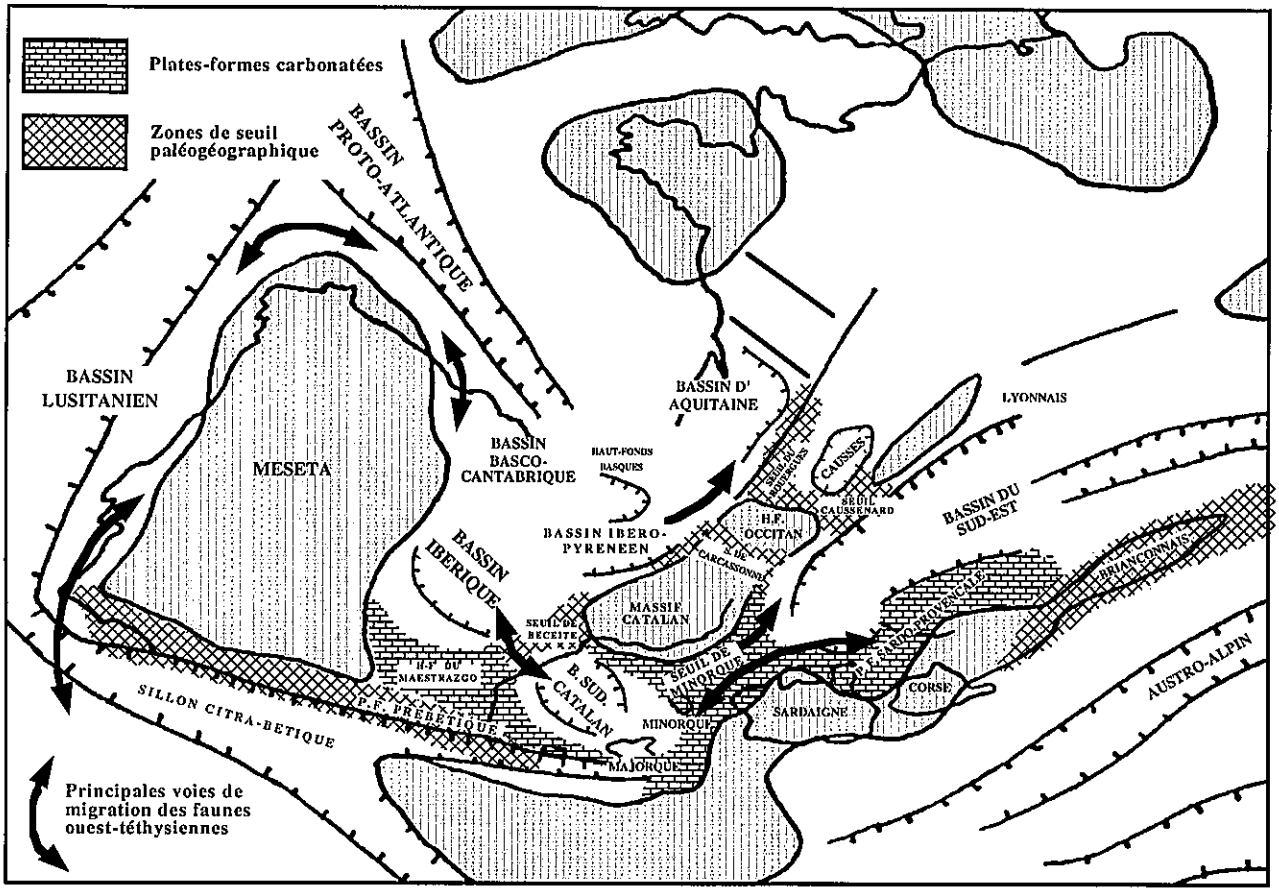


Fig. 355 : Les dispositifs paléogéographiques de la marge ouest-téthysienne et les principales voies d'échange et de migration des brachiopodes au Lias moyen et supérieur.

La différenciation paléogéographique apparaît ainsi très marquée entre les deux berges de la marge occidentale de la Téthys. L'absence de faune de transition entre Bioprovinces alpine et ouest-téthysienne doit permettre d'envisager l'existence, entre les deux biomes, d'une barrière écologique ou géographique propre à avoir limité leurs interactions (Ph. FAURE, 1982). Nous venons de voir qu'un tel dispositif pouvait séparer, à la même période, les faunes d'ammonites téthysiennes des peuplements euroboréaux et nous avons avancé l'hypothèse d'une barrière physique, active, constituée par les hauts-fonds portés par les blocs corso-sardes, dispositif prolongé au Sud par les plates-formes margino-littorales baléares et pré-bétiques (fig. 354-355).

Du Carixien moyen (sous-zone à Luridum) et au Domérien, les brachiopodes sont représentés par des éléments plus cosmopolites (*Lobothyris* gr. *punctata subpunctata*, *Aulacothyris resupinata*, *Zeilleria quadrifida*, genres *Gibbirhynchia* et *Tetrarhynchia*) abondants, à la fois, sur l'ensemble des plates-formes ouest-téthysiennes, en Europe moyenne et sur la bordure maghrébine de la Téthys vers laquelle elles diffusent selon une voie atlantique. Ce vaste mouvement d'échange des faunes ne parvient cependant toujours pas à effacer la ségrégation entre les faunes "ibériques" et les faunes alpines à *Propygope aspasia* des Préalpes lombardes et de l'Apennin.

Au Toarcien, les faunes de type "ibérique" sont largement répandues de la Provence au bassin lusitanien et sur les plates-formes maghrébines et atlasiques au Sud. Elles se rapportent toujours à la Province ouest-téthysienne.

CONCLUSION GÉNÉRALE

HISTOIRE GÉOLOGIQUE DU DOMAINE PYRÉNÉEN DU LIAS A L'AALÉNIEN

L'ÉVOLUTION GÉODYNAMIQUE DU DOMAINE PYRÉNÉEN 686
I - LE CYCLE DU NORIEN - SINÉMURIEN 686
A - Rifting continental triasique : 686
B - Rifting du Lias inférieur : 686
II - LE CYCLE DU LOTHARINGIEN SUPÉRIEUR - CARIXIEN 687
A - Rifting du Lotharingien supérieur et du Carixien inférieur : 687
B - Vacuité sédimentaire du Carixien moyen : 688
C - Rifting du Carixien supérieur et du Domérien basal : 688
III - LE CYCLE DU DOMÉRIEN 688
A - Rifting du Domérien moyen : 688
B - Comblement du Domérien supérieur : 688
IV - LE CYCLE DU TOARCIEN - AALÉNIEN 688
A - Rifting du Domérien terminal – Toarcien supérieur pro parte : 690
B - Rifting du Toarcien supérieur : 690

L'ÉVOLUTION GÉODYNAMIQUE DU DOMAINE PYRÉNÉEN AU LIAS ET A L'AALÉNIEN

Le Lias des Pyrénées s'inscrit dans un cycle sédimentaire transgressif-régressif majeur (de 1er ordre) compris entre les maxima de régression du Norien et de l'Aalénien supérieur, correspondant au cycle Ligure. Son évolution s'effectue au travers de 3 cycles de 2ème ordre. 29 séquences d'ordre inférieur sont identifiées et repérées sur toute l'étendue du domaine pyrénéen (fig. 356).

I - LE CYCLE DU NORIEN - SINÉMURIEN

Il se déroule en totalité dans des environnements margino-littoraux. Le domaine pyrénéen n'est pas atteint par les maxima de transgression enregistrés sur les marges de la Téthys.

A - Rifting continental triasique :

Cette phase prélude à l'ouverture de la Téthys ligure et de l'Atlantique central et à la dissociation de la Pangée. Elle permet une première structuration des cratons de l'Europe méridionale, mobilisant un certain nombre d'accidents tardi-hercyniens entre lesquels des blocs subsidents sont à l'origine des futurs bassins : le Bassin d'Aquitaine entre les "Failles Nord-Pyrénéenne" et Celt-aquitaine, le Bassin du Sud-Est entre la Faille de la Durance et le faisceau cévenol, le Bassin ibéro-pyrénéen et le Bassin basco-cantabrique.

Dans le Bassin d'Aquitaine, cette phase permet une important remplissage sédimentaire continentalo-évaporitique syn-rift selon un axe de subsidence principal de direction O.NO-E.SE, découpé par des grabens secondaires de direction "ligure" N-S à N20° (R. CURNELLE, 1983, 1995). Un dispositif identique en horsts et en grabens parfois très subsidents est décrit dans les Chaînes ibériques et les Catalanides (J. SAN ROMAN et M. AURELL, 1992).

Dans le domaine languedocien s'initie un sillon étroit et subsident de direction cévenole (N 50°), dont l'extrémité sud-occidentale, le Bassin languedocien, affectera l'évolution du domaine oriental des Pyrénées.

Une intense activité volcanique préside à la mise en place dans les évaporites du Keuper de sills de dolérites (ophites). Il s'agit de magmas à composition tholéitique à l'Ouest de la chaîne (B. AZAMBRE *et al.*, 1981) et de roches alcalines à l'Est (Corbières) (B. AZAMBRE et M. ROSSY, 1981).

Cette première phase de rifting continental est scellée, au Rhétien terminal – Hettangien basal, par les dépôts calcaréo-dolomitiques post-rift des Formations Boutenac et Arize.

B - Rifting du Lias inférieur :

Le phénomène de rifting continental initié au Trias prend toute son importance à l'Hettangien où il s'intègre dans un cycle transgressif – régressif de second ordre. L'étirement crustal est responsable d'une subsidence différentielle au niveau d'une nouvelle génération de grabens. Elle est précédée par un épisode volcanique à l'origine de l'émission du Tuf de Ségalas. Il évolue en trois phases :

1 - Une phase de subsidence thermique :

A l'Hettangien "inférieur", se développent au toit des zones les plus subsidentes du Trias, de vastes cuvettes dont les dépôts s'organisent de façon concentrique autour d'un centre à remplissage évaporitique, marqué par des brèches de dissolution sur la bordure pyrénéenne (Bigorre occidentale et Béarn oriental). Sa périphérie connaît une sédimentation dolomitique, carbonatée, vraisemblablement diachrone, rapportée à la Formation de Carcans en Aquitaine et à la Formation de l'Arize dans les Pyrénées.

Cette réactivation du phénomène de rifting continental se traduit par un volcanisme explosif représenté par l'émission des tufs de la base de l'Hettangien (Tuf de Ségalas) dont deux dépôts-centre, au moins, sont identifiés : l'un aquitain exprimé au niveau de la bordure pyrénéenne dans l'Ariège, le Comminges et les Pyrénées basques, le second aragonais atteignant le Montsec vers le Sud. Ces dépôts s'accompagnent de l'érosion des dépôts sous-jacents permettant, dans l'Ariège et dans le Montsec de l'Estall (Montfalcó), la discordance du Tuf sur les pélites du Keuper.

La montée du niveau marin relatif progressive permet un début d'ouverture marine, en particulier dans les secteurs les plus orientaux du domaine pyrénéen, selon une très vraisemblable polarité téthysienne qui enregistre bien la signature de l'extension proto-océanique ligure.

2 - Une phase distensive :

Elle est responsable de basculements de blocs à l'origine de la discordance fréquente des séries calcaréo-dolomitiques de l'Hettangien sur les dépôts sous-jacents. Une telle phase est également observée dans les Ibérides (Sierra de Montcayo) (J. SAN ROMAN et M. AURELL, 1992), les Chaînes catalanes (Serra de Prades) (J. GINER,

1978) et sur la bordure ardéchoise du Bassin du Sud-Est où elle se marque par une intense activité tectonique synsédimentaire en blocs basculés (S. ELMI, 1984).

Cette période d'extension est à l'origine du découpage en grabens étroits, très subsidents, dans lesquels se déposent, sous l'effet d'un confinement accusé des milieux de dépôt, plus d'un millier de mètres de dolomies, d'anhydrite et de halite (Zone à anhydrite des géologues pétroliers). Sur les bordures pyrénéennes (à l'exception des Sierras Marginales Méridionales où elles affleurent localement), ces dépôts s'expriment par des brèches calcaréo-dolomitiques de dissolution. Leurs accumulations locales (Corbières, Arize, Bigorre occidentale, Arbailles, Zone de Pedraforca) signalent des glissements latéraux ou des phénomènes de collapse en rapport avec le jeu de failles synsédimentaires particulièrement actives sur la marge des principaux grabens.

Cette phase est à l'origine de la structuration subméridienne du Haut-fond occitan et du Haut-fond du Béarn. En Aquitaine se forment plusieurs grabens subsidents de direction N 50° à N 60° (R. CURNELLE, 1983). Le fossé Pau-Tarbes présente la même direction (R. CURNELLE, 1983). Elle génère également sur le versant méridional des Pyrénées, un fossé d'orientation N 60°. L'amorce de l'ouverture de l'Atlantique central lui est imputable.

Aucune preuve de l'existence d'une structure paléogéographique de direction pyrénéenne ne semble séparer ces différents dispositifs sur l'emplacement des actuelles Pyrénées.

3 - La plate-forme du Sinémurien :

Les dépôts de la plate-forme carbonatée du Sinémurien scellent l'évolution du rift hettangien. La remontée du niveau marin relatif permet le passage d'environnements lagunaires à la limite de l'émersion dans lesquels s'épanouissent les stromatolithes, à des épandages de sables oolithiques ou bioclastiques parfois érigés en barrières au niveau desquelles apparaissent les premiers organismes de mer ouverte tels les brachiopodes.

Les dispositifs paléogéographiques sont très émoussés. Ils montrent toutefois une structuration héritée de l'Hettangien en rapport avec la persistance d'une distension de direction Est-Ouest.

II - LE CYCLE DU LOTHARINGIEN SUPÉRIEUR - CARIXIEN

La transgression d'origine tectono-eustatique se traduit, dès le Sinémurien supérieur, par une augmentation de la tranche d'eau, une ouverture marine progressive et le onlap diachrone des sédiments côtiers le long des plates-formes carbonatés oolithiques. Le régime de sédimentation change radicalement et devient argilo-détritique. Les milieux sont désormais largement ouverts aux influences pélagiques (fig. 356).

A – Rifting du Lotharingien supérieur et du Carixien inférieur :

Les mouvements distensifs liés à une structuration en blocs basculés à grande échelle sont responsables d'une différenciation paléogéographique au sein du domaine pyrénéen.

- **Dès le Lotharingien supérieur**, la première phase de structuration de la plate-forme carbonatée du Lias inférieur se marque par le remodelage de la paléogéographie, expression de la "crise lotharingienne" des auteurs (J. GABILLY, 1976). Deux domaines subsidents situés aux extrémités de la chaîne actuelle témoignent de la réactivation de la subsidence dans le Bassin basco-cantabrique, à l'Ouest, et dans le Bassin du Sud-Est, à l'Est.

- **Au Carixien inférieur (zone à Jamesoni)**, l'exagération du mouvement de distension permet l'apparition d'un certain nombre de blocs basculés délimités par des flexures synsédimentaires, réactivation vraisemblable de cassures tardi-hercyniennes dont certaines, comme la "Flexure du Gave de Pau" ou la Faille des Cévennes, sont connues depuis le Lias inférieur. Les éléments structuraux qui se mettent en place influenceront la sédimentation pendant toute la période du Lias moyen - supérieur. On distingue, pour les principaux :

Le Haut-fond occitan et le "Massif Catalan", éléments de la marge occidentale du Bassin du Sud-Est et de ses annexes méridionales (Sous-bassin languedocien et Bassin Nord Catalan). Ils s'expriment par les séries réduites du Seuil de Carcassonne et du Seuil Nord-catalan ;

Les "Blocs" ariégeois et du Alt Urgell, situés sur le versant occidental de ce dispositif ;

Le "Graben" du Comminges et le "Graben" de la Ribagorça, axes tectoniques du Bassin centro-pyrénéen sur le versant nord des Pyrénées et du Bassin ibéro-pyrénéen sur leur versant sud ;

Le "Bloc" du Béarn, incliné vers le Nord-Ouest et plus ou moins émergé à son extrémité orientale au niveau du Haut-fond de Bigorre occidentale. Le "Bloc" du Haut-Aragon lui est associé.

Le cloisonnement géographique et l'isolement relatif sont propices au développement d'un endémisme chez les ammonites, les plates-formes ibéro-pyrénéennes étant alors essentiellement peuplées d'une faune appauvrie de *Radstockiceras*.

Durant cette période, les maxima d'inondation des séquences de 3ème ordre rythment de courtes périodes d'expansion des brachiopodes dont deux biostromes, l'Assise à *Gibbirhynchia* et l'Assise à *Cuersithyris*, fournissent d'excellents isochrones à l'échelle de la chaîne. L'agradation littorale est maximale avec l'extension des dépôts de la Dalle à *Montlivaultia* sur la plate-forme pyrénéenne.

B - Vacuité sédimentaire du Carixien moyen :

Le déficit relatif des apports sédimentaires est à l'origine des lacunes et des phénomènes assez généralisés de condensation qui affectent la sous-zone à Valdani (zone à Ibex). Les faciès à oolithes et les biofaciès d'ambiance pararécifale se développent dans les zones les plus distales (Corbières orientales, Pays Basque) alors qu'une plate-forme carbonatée s'installe à l'extrémité méridionale du Haut-fond occitan (Corbières méridionales). Le minimum eustatique de la zone à Valdani est à nouveau favorable à un endémisme des ammonites. La plate-forme ibérique, non atteinte par les *Acanthopleuroceratinae*, est essentiellement peuplée *d'Eoderoceratidae* tardifs du genre *Metaderoceras*.

Le maximum de transgression du 2ème ordre permet le onlap diachrone des dépôts des sous-zones à Luridum et à Maculatum sur des terrains s'échelonnant du Sinémurien à la sous-zone à Valdani. Il est aussi marqué par l'extension des biofaciès à *Lobothyris punctata subpunctata* et *L. fusiformis* de l'Assise à *Lobothyris*, sur une large surface se superposant, sur les deux versants des Pyrénées, à l'extrémité méridionale du Haut-fond occitan. Des biofaciès à Gryphées s'installent dans les Pyrénées basques. Le Languedoc voit l'expansion brève de l'ammonite *Lytoceras fimbriatum*.

Le léger basculement du bloc ariégeois vers l'Ouest est à l'origine du démantèlement des couches de la zone à Jamesoni dans la région du Pech Saint-Sauveur.

C - Rifting du Carixien supérieur et du Domérien basal :

- Pendant l'horizon à Lataecosta (base de la sous-zone à Capricornus, zone à Davoei), une nouvelle phase d'extension permet, en période de minimum eustatique, l'accumulation de sédiments argileux au niveau de sillons étroits et cloisonnés, aux fonds nettement confinés et à faune benthique pauvre (Membre du Pech de Foix). L'espèce endémique *Prodactylioceras aurigeriense* se développe dans les secteurs basque et ibéro-pyrénéen. Des failles synsédimentaires comme les flexures du Gave de Pau ou de la Ribagorçana sont particulièrement actives. Le versant occidental du Haut-fond occitan est aussi particulièrement marqué dans la paléogéographie.

- La remontée du niveau marin relatif et le comblement progressif permettent la submersion définitive des hauts-fonds du Alt Urgell et du Haut-Llobregat et une nouvelle uniformisation des milieux de dépôt.

La diminution de l'espace disponible et la diminution de la bathymétrie se traduisent ensuite, dans les Pyrénées centrales, par un mouvement de progradation des dépôts en direction de l'Ouest et par une importante vacuité sédimentaire dans les Corbières méridionales. La baisse relative de la biodiversité de la zone à Davoei lui est imputable. Toutefois, l'inondation maximale de la sous-zone à Figulinum accompagne un dernier biostrome à *Lobothyris* dans les Pyrénées centrales et méridionales et, dans le Languedoc, l'expansion de l'ammonite *Prodactylioceras davoei*.

Le minimum eustatique du 2ème ordre qui affecte la limite Carixien – Domérien est à l'origine des lacunes, des condensations et des ravinements qui précèdent le dépôt des marnes du Domérien.

III - LE CYCLE DU DOMÉRIEN

Les effets conjugués de la transgression eustatique et d'un nouvel épisode de distension provoquent, dès le Domérien inférieur, l'ennoiement rapide de la paléotopographie et la submersion définitive des paléoreliefs encore exondés. La séquence évolue en deux phases (fig. 356) :

A - Rifting du Domérien moyen :

Sous l'effet d'une forte subsidence, cette phase inaugure une nouvelle période de remplissage et d'accumulation de sédiments terrigènes déposés dans une vasière circalittorale paléogéographiquement peu différenciée. Les dispositifs structuraux du Carixien sont rapidement colmatés.

Les indicateurs biologiques et paléoenvironnementaux montrent que l'approfondissement est maximal à la base du Domérien moyen (sous-zone à Subnodosus).

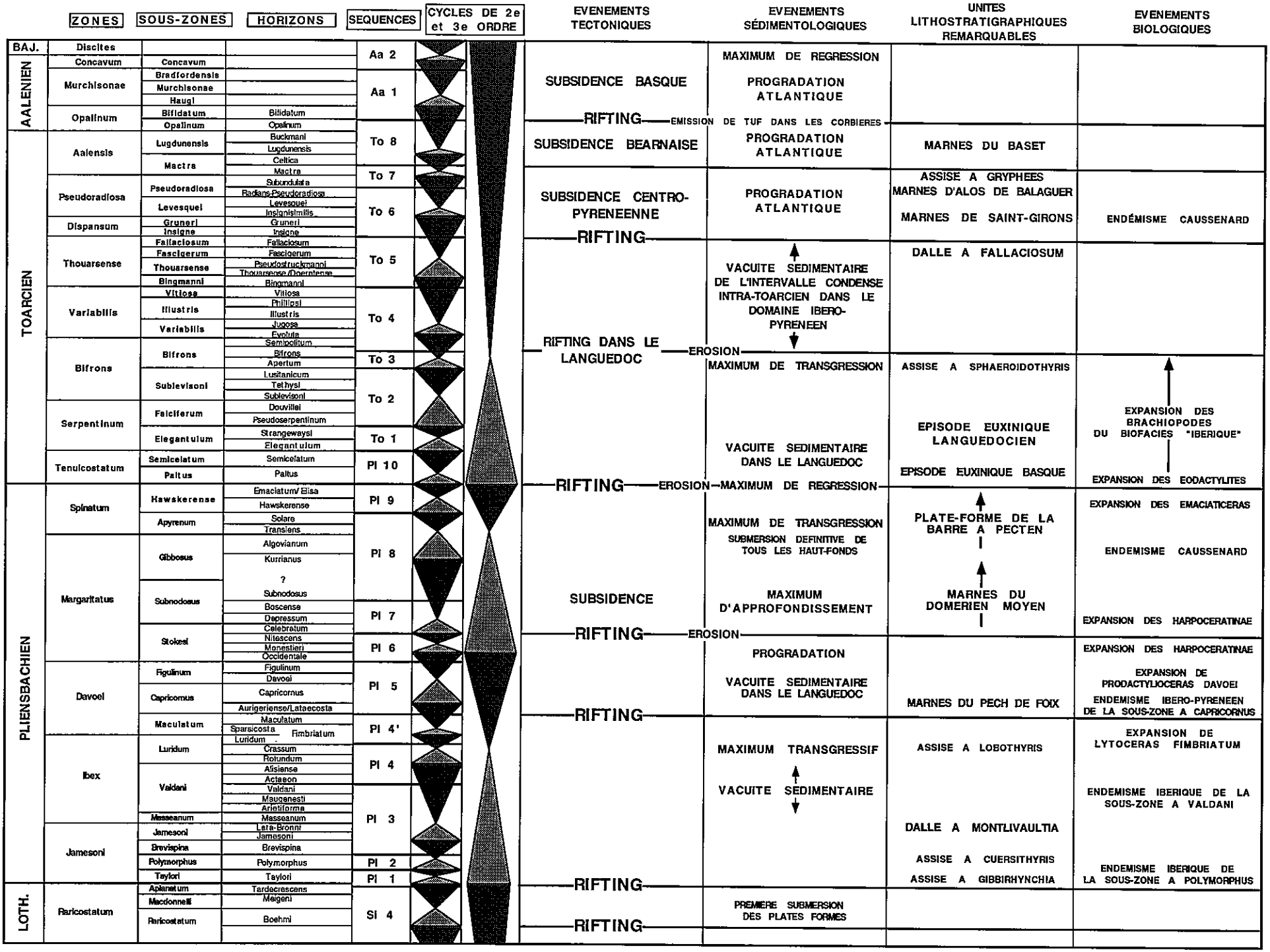
B - Comblement du Domérien supérieur :

Avec le Domérien supérieur, la diminution de la bathymétrie et l'homogénéisation totale de la paléogéographie illustrent le comblement du domaine de sédimentation. Les séries syn-rift antérieures sont scellées par les dépôts infralittoraux carbonatés de la Barre à Pecten.

Le maximum transgressif de la sous-zone à Apyrenum de la base de la sous-zone à Hawskerense permet à ces dépôts de recouvrir d'importants paléoreliefs comme le Haut-fond occitan et le Haut-fond de Bigorre occidentale. Il accompagne également l'expansion sur les plates-formes sud-européennes d'assez nombreux *Hildoceratidae* téthysiens.

Dès la partie moyenne de la sous-zone à Hawskerense, les effets conjugués du comblement et de la baisse du niveau marin relatif entraînent la généralisation des milieux néritiques de faible profondeur, puis un maximum de régression avec émersion de la plate-forme, phénomènes d'érosion et lacunes sédimentaires.

Fig. 356 : Synthèse des évènements enregistrés au Pliensbachien, au Toarcien et à l'Aalénien dans le domaine pyrénéen.


ZONES
SOUS-ZONES
HORIZONS
SEQUENCES
CYCLES DE 2e et 3e ORDRE
EVENEMENTS TECTONIQUES
EVENEMENTS SÉDIMENTOLOGIQUES
UNITES LITHOSTRATIGRAPHIQUES REMARQUABLES
EVENEMENTS BIOLOGIQUES
BAJ.
AALENIEN
TOARCIEN
PLIENSBACHIEN
LOTH.
Discites
Concavum
Murchisonae
Opalinum
Aalensis
Pseudoradiosa
Dispansum
Thouarsense
Variabilis
Bifrons
Serpentinum
Tenuicostatum
Spinatum
Margaritatus
Davoei
Ibex
Jamesoni
Raricostatum
Aa 2
Aa 1
To 8
To 7
To 6
To 5
To 4
To 3
To 2
To 1
Pl 10
Pl 9
Pl 8
Pl 7
Pl 6
Pl 5
Pl 4'
Pl 4
Pl 3
Pl 2
Pl 1
Sl 4
SUBSIDENCE BASQUE
RIFTING
EMISSION DE TUF DANS LES CORBIERES
SUBSIDENCE BEARNAISE
SUBSIDENCE CENTRO-PYRENEENNE
RIFTING
RIFTING DANS LE LANGUEDOC
EROSION
RIFTING
EROSION
MAXIMUM DE REGRESSION
SUBSIDENCE
RIFTING
EROSION
RIFTING
RIFTING
RIFTING
MAXIMUM DE REGRESSION
PROGRADATION ATLANTIQUE
PROGRADATION ATLANTIQUE
PROGRADATION ATLANTIQUE
VACUITE SEDIMENTAIRE DE L'INTERVALLE CONDENSE INTRA-TOARCIEN DANS LE DOMAINE IBERO-PYRENEEN
MAXIMUM DE TRANSGRESSION
VACUITE SEDIMENTAIRE DANS LE LANGUEDOC
MAXIMUM DE REGRESSION
MAXIMUM DE TRANSGRESSION
SUBMERSION DEFINITIVE DE TOUS LES HAUT-FONDS
MAXIMUM D'APPROFONDISSEMENT
PROGRADATION
VACUITE SEDIMENTAIRE DANS LE LANGUEDOC
MAXIMUM TRANSGRESSIF
VACUITE SEDIMENTAIRE
PREMIERE SUBMERSION DES PLATES FORMES
MARNES DU BASET
ASSISE A GRYPHEES
MARNES D'ALOS DE BALAGUER
MARNES DE SAINT-GIRONS
DALLE A FALLACIOSUM
ASSISE A SPHAEROIDOTHYRIS
EPISODE EUXINIQUE LANGUEDOCIEN
EPISODE EUXINIQUE BASQUE
PLATE-FORME DE LA BARRE A PECTEN
MARNES DU DOMERIEN MOYEN
MARNES DU PECH DE FOIX
ASSISE A LOBOTHYRIS
DALLE A MONTLIVAULTIA
ASSISE A CUERSITHYRIS
ASSISE A GIBBIRHYNCHIA
ENDÉMISME CAUSSENARD
EXPANSION DES BRACHIOPODES DU BIOFACIES "IBERIQUE"
EXPANSION DES EODACTYLITES
EXPANSION DES EMACIATICERAS
ENDEMISME CAUSSENARD
EXPANSION DES HARPOCERATINAE
EXPANSION DES HARPOCERATINAE
EXPANSION DE PRODACTYLIOCERAS DAVOEI
ENDEMISME IBERO-PYRENEEN DE LA SOUS-ZONE A CAPRICORNUS
EXPANSION DE LYTOCERAS FIMBRIATUM
ENDEMISME IBERIQUE DE LA SOUS-ZONE A VALDANI
ENDEMISME IBERIQUE DE LA SOUS-ZONE A POLYMORPHUS

IV - LE CYCLE DU TOARCIEN - AALÉNIEN

Il se déroule en trois étapes : transgression et installation d'une plate-forme distale peu profonde, envasement à la limite des étages infra- et circalittoraux, enfin comblement et retour, dès le Toarcien terminal et l'Aalénien, à des environnements de plate-forme externe carbonatée. Cette évolution s'effectue en deux saccades tectoniques principales (fig. 356) :

A - Rifting du Domérien terminal – Toarcien supérieur *pro parte* :

La phase d'extension qui suit le maximum de régression du sommet de la zone à Spinatum induit une nouvelle phase de différenciation paléogéographique et l'agradation de dépôts s'échelonnant du Domérien terminal (sommet de la sous-zone à Hawskerense) à la sous-zone à Sublevisoni (base du Toarcien moyen) sur une paléotopographie formée.

1 - Évènement anoxique du Toarcien inférieur :

Au Toarcien inférieur, la rapidité de la transgression et le cloisonnement de l'aire de dépôt sont favorables au développement de conditions anoxiques dans les points les plus bas de la topographie. S'y déposent des sédiments argileux varvés du type Schistes cartons. Ce phénomène est surtout documenté dans le Quercy, les Grands Causses et sur la bordure ardéchoise. Dans le domaine pyrénéen, il affecte le Toarcien basal (sous-zone à Paltus) du Pays Basque (Arbailles et Massif basque) et la zone à Serpentinum des Corbières nord-orientales.

2 - Plate-forme distale du Toarcien inférieur - moyen :

Le domaine des Pyrénées centrales et méridionales n'est que modérément affecté par les mouvements distensifs et l'on assiste à l'installation d'une plate-forme distale largement ouverte, bien oxygénée, relativement peu profonde, au substrat relativement stable, favorable à l'épanouissement des brachiopodes dont les peuplements successifs sont rythmés par des maxima de transgression du 3ème ordre.

La subsidence, l'approfondissement et l'envasement de la plate-forme sont progressivement plus forts en direction du domaine basco-cantabrique.

Dans les Corbières méridionales, la sédimentation ne reprendra qu'avec le maximum transgressif de la sous-zone à Sublevisoni.

3 - Comblement du Toarcien moyen :

Le comblement de l'aire de dépôt est illustré par les dépôts carbonatés, souvent condensés et bioclastiques qui se placent habituellement dans la partie moyenne de la zone à Bifrons. Le haut niveau marin relatif reste toutefois propice aux organismes benthiques comme les brachiopodes dont les peuplements (Assise à *Sphaeroidothyris*) vont intéresser l'ensemble des Pyrénées centrales et méridionales.

4 - Distension de la zone à Bifrons dans les Pyrénées languedociennes :

L'influence de cette phase d'extension se limite aux Pyrénées languedociennes. Malgré le haut niveau eustatique, elle détermine un important retrait des eaux au sommet de la sous-zone à Bifrons. Elle est à l'origine de lacunes et d'érosions qui jalonnent la passage zone à Bifrons – zone à Variabilis. La subsidence durable et régulière permet l'installation d'un régime de sédimentation terrigène qui perdurera jusque dans le Toarcien terminal.

Dans les Pyrénées méridionales, cette phase est à l'origine du basculement du "Bloc" du Haut-Aragon et de la légère discordance des couches qui surmontent les dépôts marno-carbonatés de la sous-zone à Sublevisoni.

5 - Vacuité sédimentaire du Toarcien moyen – supérieur :

Dans les Pyrénées centrales, béarnaises et méridionales, le comblement et la diminution de l'espace disponible induisent, dans les zones à Variabilis et à Thouarsense, un fort ralentissement de la sédimentation à l'origine des dépôts bioclastiques ou oolithiques, généralement pelliculaires ou lenticulaires, qui affectent l'Intervalle condensé intra-toarcien. La "Dalle à Fallaciosum" qui le surmonte est habituellement tronquée par une discontinuité marquée, à surface érodée.

Dans les Pyrénées basques, le comblement est illustré par un début de progradation des sédiments argilo-calcaires de la Formation de la Haute-Bidouze vers l'Ouest.

B - Rifting du Toarcien supérieur :

A partir de la zone à Dispansum, la réactivation de la tectonique en blocs basculés va permettre un important remplissage sédimentaire de grabens situés à l'emplacement des Pyrénées centrales.

1 - Remplissage de la zone à Dispansum :

Les accumulations sédimentaires souvent considérables qui affectent les zones à Dispansum et à Pseudoradiosa (parfois plus de 50 m) sont permises par l'exagération de la subsidence, l'approfondissement rapide du milieu de dépôt et par le contexte général de régression à long cours. Des conditions de vasières circalittorales à fonds plus ou moins

confinés et à sédimentation marno-détritique d'allure flyschoïde (Formation Saint-Girons dans le Haut-Aragon) affectent les deux versants des Pyrénées centrales alors que le régime de vacuité sédimentaire persiste dans les zones distales, jusque dans la sous-zone à Pseudoradiosa dans les Sierra Marginales Méridionales et jusque dans le sous-zone à Mactra dans le Béarn oriental.

La réactivation du rifting ligure est identifiée au même moment dans le bassin subalpin (P.-C. de GRACIANSKY *et al.*, 1993), les Causses et la bordure ardéchoise (S. ELMI, 1990) où elle s'accompagne chaque fois d'une forte différenciation paléogéographique entre des zones de haut-fond (seuil cévenol, éperon lyonnais) et des bassins soumis à une épaisse sédimentation argileuse. Cette configuration est favorable, dans le Languedoc et les Causses, au développement d'un endémisme des ammonites.

2 - Progradation des zones à Pseudoradiosa, Aalensis et à Opalinum :

De la zone à Pseudoradiosa à la zone à Opalinum, le comblement et la diminution de l'espace disponible provoquent la progradation des corps sédimentaires. Les cortèges sédimentaires ne se superposent plus mais se succèdent latéralement, avec une polarité occidentale sur le versant nord des Pyrénées, et méridionale sur son versant sud.

La sous-zone à Mactra (zone à Aalensis) est marquée par une diminution temporaire de la tranche d'eau permettant le développement de biofaciès condensés ou lumachelliques à *Gryphaea (Bilobissa) pictaviensis*. Le repère biologique de l'Assise à Gryphées s'étend sur une large zone correspondant à l'extrémité méridionale du Haut-fond occitan (des Corbières à la vallée de l'Adour et du Alt Empordà au Haut-Aragon et aux Sierras Marginales Septentrionales). Dans les régions les plus distales, elle s'ennoie dans les sédiments terrigènes circa-littoraux dont le mouvement progradant, avec une polarité atlantique, est bien visible dans le Béarn jusque dans la zone à Opalinum.

Un épisode d'extension est vraisemblablement responsable de la discontinuité sédimentaire fréquemment observée à la limite Lias-Dogger et de l'émission de tufs éruptifs dans les Corbières orientales.

3 - Plate-forme de l'Aalénien :

Le comblement résulte de la stabilité relative des milieux de dépôt et de la baisse continue du niveau marin relatif. Il permet l'installation diachrone d'une plate-forme carbonatée sur le domaine pyrénéen :

- dès la zone à Opalinum dans les Pyrénées centrales et méridionales où les faciès carbonatés infra- à supralittoraux à biopisolites de nubéculaires (Calcaires à oncolithes) traduisent un isolement relatif du domaine de sédimentation centro- et sud-pyrénéen ;

- à partir de l'Aalénien moyen (zone à Murchisonae) dans les Sierras Marginales et dans les Corbières orientales où s'installent des conditions de plate-forme externe carbonatée. Plusieurs maxima transgressifs sont marqués par de courtes périodes d'expansion des brachiopodes ("Dalle à *Monsardithyris*") ;

- à partir de l'Aalénien supérieur dans les Pyrénées occidentales où la progradation du Dogger inférieur permet, avec un gradient d'ouverture et une polarité "atlantiques", le passage progressif des dépôts de plate-forme externe à ammonites de la Bigorre occidentale aux sédiments marno-carbonatés distaux à ammonites du Pays Basque.

Le cycle de sédimentation du Lias trouve son aboutissement au niveau d'un important pic de régression exprimé par une discontinuité majeure assimilable à la "discontinuité mi-Cimmérienne" définie par P. A. ZIEGLER (1988) (P.-C. de GRACIANSKY *et al.*, 1998). Dans les Corbières orientales, cette discontinuité est associée à une lacune sédimentaire dont l'amplitude peut s'étendre de l'Aalénien moyen, au niveau de son mur, jusqu'au Bathonien inférieur et moyen *pro parte*.

L'histoire paléogéographique et sédimentologique du domaine pyrénéen est ainsi fortement déterminée par des évènements tectoniques synsédimentaires correspondant à des phases d'extension en relation, pour l'essentiel, avec le rifting de la branche ligure de la Téthys occidentale.

Chacune de ces phases induit une réorganisation de la paléogéographie et de l'épaisseur des sédiments (Lotharingien supérieur, Toarcien inférieur). Les phases les plus marquantes, contemporaines de régression à long terme, se traduisent par des accumulations sédimentaires argileuses dans d'étroits sillons cloisonnés, aux fonds généralement anoxiques (Carixien supérieur, Toarcien supérieur). Elles sont suivies par une période de subsidence régulière associant généralement calme tectonique et montée tectono-eustatique. La baisse eustatique relative qui suit permet généralement le comblement de l'aire de dépôt, l'homogénéisation de la paléogéographie et un retour à des conditions de plate-forme carbonatée.