

Sédimentation progradante au Cénozoïque inférieur en Aquitaine méridionale : un modèle*

Claude CAVELIER ⁽¹⁾
Gérard FRIES ⁽²⁾
Jean-Luc LAGARIGUE ⁽³⁾
Jean-Pierre CAPDEVILLE ⁽⁴⁾

*Early Cenozoic prograding sedimentation
in southern Aquitaine: a model*

Géologie de la France, n°4, 1997, pp. 69-79, 4 fig.

Mots-clés : Paléocène, Eocène, Hétérochronie, Discontinuités, Progradation, Bassin aquitain.

Key words: Paleocene, Eocene, Heterochrony, Discontinuities, Progradation, Aquitaine basin.

Résumé

La révision des successions du Cénozoïque inférieur (Paléocène à Eocène) du Bassin aquitain méridional a conduit à rejeter une chrono-litho-stratigraphie désuète fondée sur des affleurements très ponctuels. L'intégration des données de subsurface (notamment la sismique réflexion pétrolière) permet de proposer un modèle de sédimentation progradante qui se raccorde aux schémas existants à l'est de la Garonne.

Abstract

The existing chrono-litho-stratigraphy of the Early Cenozoic succession (Paleocene to Eocene) of the southern Aquitaine Basin is outdated and no longer valid. Total revision of the data, especially geophysical seismic reflection data, has resulted in the proposal of a classic prograding model, which fits in with the existing one, east of the Garonne River.

Abridged English version

Background

Many authors, from the 19th Century (e.g. Delbos, 1854) up to recent times

(e.g. BRGM, ELF-Re, ESSO-REP, SNPA, 1973), have contributed to our knowledge of the Aquitaine Basin. Initially based solely on outcrop and macrofauna study, the understanding of the basin progressed with the expansion of oil exploration; the combination of new geophysical methods (seismic reflection), deep wells and the correlative development of micropaleontological studies (planktonic and benthic foraminifera, nannofossils, palynology) has made it possible to identify the successive major periods of Mesozoic and Cenozoic history.

Oil-company exploration had rapid success in the Mesozoic succession (the Lacq and Meillon gas fields in Jurassic and Burremian limestones; the Lagrave and Pecorade oil fields, etc., in Late Cretaceous sandstones and limestones). The Cenozoic rocks - the barren rocks - have been of lower priority in oil company studies (Fig. 1). Until recently, very little oil company work was published.

Following the synthesis of the Aquitaine Basin geology (op. cit., 1973) to the west of the Garonne River, most work in this area consisted of

specialised studies by the academic sector; examples are the work on nummulites by Schaub (1981), on Eocene dinoflagellates from Chalosse by Michoux (1981), and on nannofossils and planktonic foraminifera by Seyve (1984), Mancion (1985) and Mathelin (1988). It is only very recently that various authors have attempted to define the lithostratigraphy and interpret the sequence stratigraphy based on a revised biostratigraphy (Mathelin and Sztrákó, 1993; Sztrákó, 1996; Sztrákó et al., 1997; Fondecave-Wallez et al., 1995; Peybernes et al., 1996, etc.). Conversely, research to the east of the Garonne River has advanced well over the last 30 or so years with the work of Villatte (1962), Tambareau (1972), Plaziat (1984), Crochet (1991), etc.

Within this context, work on the forthcoming 'Synthesis of the Pyrenees' led us to re-examine the Paleocene to Middle Eocene succession in the southern Aquitaine Basin to the west of the Garonne River. The present work aims to complete in space and extend in time the models recently proposed for the Paleocene to Early Eocene to the east of the Lannemezan Plateau (Tambareau et al., 1995).

(*) Manuscrit déposé le 11 octobre 1997, accepté définitivement le 15 janvier 1998.

(1) 13, rue Clovis 1er, roi des Francs, 45100 Orléans (France).

(2) Elf Exploration Production Délégation Gabon, Tour Elf, 2 place de la coupole, 92078 Paris La Défense (France).

(3) Elf Exploration Production, CSTIF, Av. F. I. Arribau, 64018 Pau cédex (France).

(4) BRGM, 12, Rue Michel La Brousse, BP 1342, 31106 Toulouse (France).

Review: complexity of the outdated nomenclature

Despite the sometimes extreme diversity of the vocabulary (e.g. in Chalosse) used to distinguish different lithostratigraphic units, or more precisely bio-lithostratigraphic units (cf. use of the term "layers" in the British sense of "beds"), and apart from some rare exceptions (e.g. Bousquet et al., 1977; Platel, 1990; etc.), the lithology of the deposits is very similar and above all repetitive: "molasse" with local conglomeratic bodies (Palassou conglomerate), "sand and sandstone" showing variations in cleanliness and quartz content, "carbonate" and "marl"; each of these lithologic units can be very thick and lithologically monotonous.

However, interbedded limestone-marl, limestone-marl-sand, etc., also exist, in places over considerable thicknesses as shown by many oil wells.

The repetition of these commonly 'simple' lithologies, which reflects a classic prograding sedimentary type model from the 'middle' Ilerdian, has resulted in confusion concerning the contemporaneity of the various units. Certain lithofacies were considered as chronological units (e.g. the Palassou conglomerate), the presence of which for many years was interpreted as a signature of the Middle Eocene Pyrenean phase. This temporal unicity adopted for the base of the Palassou conglomerate is reflected in the stratigraphic assignment of the underlying units (nummulitic sandstone, etc.).

Already demonstrated by the Geological Maps of the Aquitaine Basin (op. cit., 1973), and again by those of the forthcoming 'Synthesis of the Pyrenees', the history of the Aquitaine Basin during the Paleogene shows an evolution with two successive phases. From Paleocene to 'middle' Ilerdian times, the basin progressed eastwards, drowning the platform, resulting in a retrograding pattern within the different order transgressive-regressive cycles: cf. transgressions during the Danian, then the Selandian-Thanelian and finally the Ilerdian, which respectively reached the Mas d'Azil, the eastern Corbières and Béziers. Many examples of this evolution

have been described on a more local scale, such as in the middle Early Ilerdian Mancieux limestone east of the Garonne River (cf. Bousquet et al., 1977).

During the Middle Ilerdian, the pattern was reversed, giving way to a prograding evolution governed by basin filling within the transgressive-regressive cycles.

Despite putting forward this "axial upstream to downstream progradation" as the principal sedimentation process, the authors of the Geology of the Aquitaine Basin (op. cit., 1973) practically restrict this mechanism in their reconstruction (cf. cross sections) to the end-Early Eocene before deposition of the Palassou conglomerate. In the Middle Eocene, the conglomerate would thus reflect the peak phase of the Pyrenean orogeny, which caused emergence of the mountain belt.

At the beginning of the 1970s, Tambareau (1972, 1976) had already demonstrated a Middle to Late Ilerdian age for the onset of Palassou conglomerate deposition, in continuity with the older marine beds, to the east of the Garonne River.

Analysis of the Palassou conglomerate by Crochet (1991) distinguished three units separated by two major angular unconformities, respectively intra-Lutetian and end-Bartonian in age.

Progressively, the perfection and multiplicity of different dating methods has resulted in a demonstration of the heterochronology of the lithofacies and even of the bio-lithostratigraphic divisions; the examples below illustrate this well. By taking into consideration the planktonic foraminifera, nannoplankton and dinoflagellates and through improved determinations of the benthic foraminifera, alveolinids, nummulites, etc., it has been shown that, despite being geographically close, the typical beds with large nummulites at Fontaine de la Médaille (between Montfort en Chalosse and Gamarde) are clearly distinct from and younger than the "large nummulitic beds" at Jean Gazé to the northwest of the Bastenne-Gaujacq dome (Kapellos and Schaub, 1973; Schaub, 1981).

Another example is the "Xanthopsis" or "Trabay" marl between Horsarieu (Sourbe marl pit: NP12, P7) and the Louer bridge (NP11) (Kapellos and Schaub, 1973; Michoux, 1981). It must be noted that, in this area, the distinction between the "Xanthopsis beds" and the "discocylinid marl" with identical lithofacies and abundant Xanthopsis was only introduced to distinguish beds of different age. Even though the contemporaneity of distinct facies (consequence of the heterochronology of identical facies) had been demonstrated early on (e.g. Feinberg, 1964: lateral facies correlation between the "Trabay beds" and the "Lapêche beds" to the south of the Audignon Anticline), this concept is still only partially accepted, sometimes with difficulty.

At basin scale, the general heterochronology is from east to west and can be demonstrated, for example, along the North Pyrenean Front by the nummulitic sandstone. The sandstone is Middle Ilerdian in the Aude, Late Ilerdian along the Garonne and in Bigorre, Early Cuisian to the east of Bearn (Ossun), and end-Early Cuisian to early-Middle Cuisian south of Pau (Bosdaros). Much farther west, it is not until Urcuit near Bayonne (Schaub, 1981) that nummulitic sandstone of end-Cuisian is observed, in an allochthonous position. The heterochronology of the "nummulitic sandstone" is even greater farther north (east of the Audignon ridge, Grenade/Adour 1 well) where the sandstone contains nannoplanktonic associations indicative of zones NP15 to NP16, i.e. Late Lutetian to Early Bartonian (Fig. 2).

The heterochronology of the "nummulitic sandstone" or Grenade/Adour sandstone (Sztrakos 1996) and that of the molasse base (or Palassou conglomerate) implies the heterochronology of the interbedded sandy bodies ("infra-molasse sands" or "Lussagnet sands").

Other major sandy bodies are known in Aquitaine, such as the "Coudures sandstone", the lower and upper sands, etc., and even if these units locally cover extensive areas, their heterogeneity is visible in wells; they grade laterally and vertically into marl and/or carbonates. Comparison of the cross-sections of the platform area of the western Pyrenean

foothills (well illustrated by Tambareau et al. [1995] and intersected by the Saint-André 1 well), the Pont-Labau cross-section south of Pau (Seyve, 1984; Peybernes et al., 1996; Sztrakos et al., 1997) and the Gave d'Oloron cross-section at Oraas to the south of Orthez (Roltenhagen, 1966, Tambareau et al., 1994, and unpublished data of Aubry and Berggren) (Fig. 3b), has made it possible to define a sedimentary model for the Paleocene and Early Eocene. For the more recent successions, comparison can be made between the Grenade/Adour 1 well section and those of the Amou 1 and Poms 1 wells (Fig. 3a). The biostratigraphic attributions refer respectively to the zonation of Martini (1971) for nannoplankton (NP) and to that of Berggren and Miller (1988) modified by Berggren for planktonic foraminifera (P).

Reinterpreted analytical data: a model

The generalised heterochronology of the facies, in addition to the spot biostratigraphic datings, means that it is difficult to use long-distance well-log correlations. However, notable unconformities of major geographic extent exist throughout the basin.

The youngest for the considered period are the two "angular unconformities" identified by Crochet (1991) within the Palassou conglomerate to the east of the Garonne River, and which can be traced far to the west of the Garonne.

They are exposed in the area to the west of Orthez where their age has been constrained, such as in the Urcuit area through the syntectonic deposition of Early Lutetian "breccia" (Schaub 1981), and in the Lagelouze quarry to the west of Belloc where sub-vertical end-Bartonian nummulitic limestone is overlain by Palassou conglomerate (unit III) dipping 25° to the north (Hourdebaigt, 1988).

The many wells, and particularly the seismic profiles, demonstrate the generalisation of these unconformities in the western part of the basin. Similarly, the unconformity at the base of the Gan Marl, well known from the work of Gubler and Pomeyrol (1946) to

the south of Pau, is easily recognised on the seismic profiles of the Tarbes-Arzacq Basin.

Analysis of the older successions based on cross-sections (Pont-Labau, Oraas, etc.) and well data (Pontacq 1, Saint-André 1, etc.) enables correlation with the outcrops studied in detail to the east of the Garonne River (Tambareau et al., 1995). Two major unconformities can be traced over the entire basin (from the Mediterranean to the Gulf of Gascogne) where they are commonly overlain by detrital bodies (the "lower sands" and "upper sands"). In the deep basin domain in the Eibar area, between Saint-Sébastien and Bilbao, these unconformities are overlain by very coarse breccia (Pujalte et al., 1994).

Other unconformities, in places difficult to trace in the basin domain, are recognised in the basin, such as at the Thanetian-Ilerdian boundary (between the Glomalveolina levis and Alveolina cucumiformis zones) or within the Bartonian beneath the dominantly transgressive Brassempouy limestone.

To simplify matters, we shall call these major unconformities D0 to D7 from the Cretaceous-Tertiary boundary (D0) to the top of the Middle Eocene (D7) (cf. table Fig. 3b).

Conclusion

The prograding pattern is reflected by the interpenetration of all the lithofacies, including the continental successions and their products (coarse sand). The examples presented incontestably show this interpenetration (Grenade/Adour 1 section: molasse above and below the Brassempouy limestone).

In addition, clastic formations deposited under marine conditions exist at various levels ("lower sands" and Baliros sands in the Pontacq 1 well).

Based on well data, seismic interpretation and available dating evidence (Fig. 4), a composite model has been established for the western Aquitaine area, from the Garonne River to the Atlantic coast, which fits in with

the existing models farther east (Tambareau et al., 1995).

Acknowledgements: The authors would like to express their thanks to Elf Aquitaine Exploration Production France and particularly to the Exploration Division for giving access to seismic and geological data that contributed to development of the present model. Thanks also to P. Pouchan and J. Rey for their meticulous reading of the text and comments that helped improve the final manuscript.

Historique sommaire

Depuis les travaux des auteurs du XIX^e siècle (par exemple Delbos, 1854) jusqu'à la géologie du bassin d'Aquitaine (BRGM, ELF-Re, ESSO-REP, SNPA, 1973), de très nombreux auteurs ont contribué à la connaissance du bassin d'Aquitaine. D'abord fondée uniquement sur l'étude des affleurements et de leur macrofaune, la vision du bassin a progressé à la faveur de l'essor de l'exploration pétrolière ; l'utilisation concomitante des méthodes géophysiques nouvelles (sismique réflexion), des forages profonds et le développement corrélatif des études micropaléontologiques (foraminifères planctoniques et benthiques, nanofossiles, palynologie) ont permis de dégager les grandes périodes successives de l'histoire mésozoïque et cénozoïque.

L'exploration pétrolière obtient rapidement ses premiers succès dans les séries mésozoïques (calcaires jurassiques et barrémiens : champs à gaz de Lacq et Meillon : grès et calcaires du Crétacé supérieur : champs à huile de Lagrave, Pécorade, etc...). Les terrains cénozoïques occupent désormais une place accessoire, les morts terrains, dans les études menées par les compagnies pétrolières (fig. 1). L'essentiel des travaux de ces sociétés restera, jusqu'à encore récemment, inédit.

Postérieurement à la synthèse du bassin d'Aquitaine (1973), à l'ouest de la Garonne, les principaux travaux seront soutenus dans le monde académique sous forme de thèses de spécialistes. Outre la synthèse de Schaub sur les nummulites (1981), on peut citer les études de Michoux (1981) sur les dino-

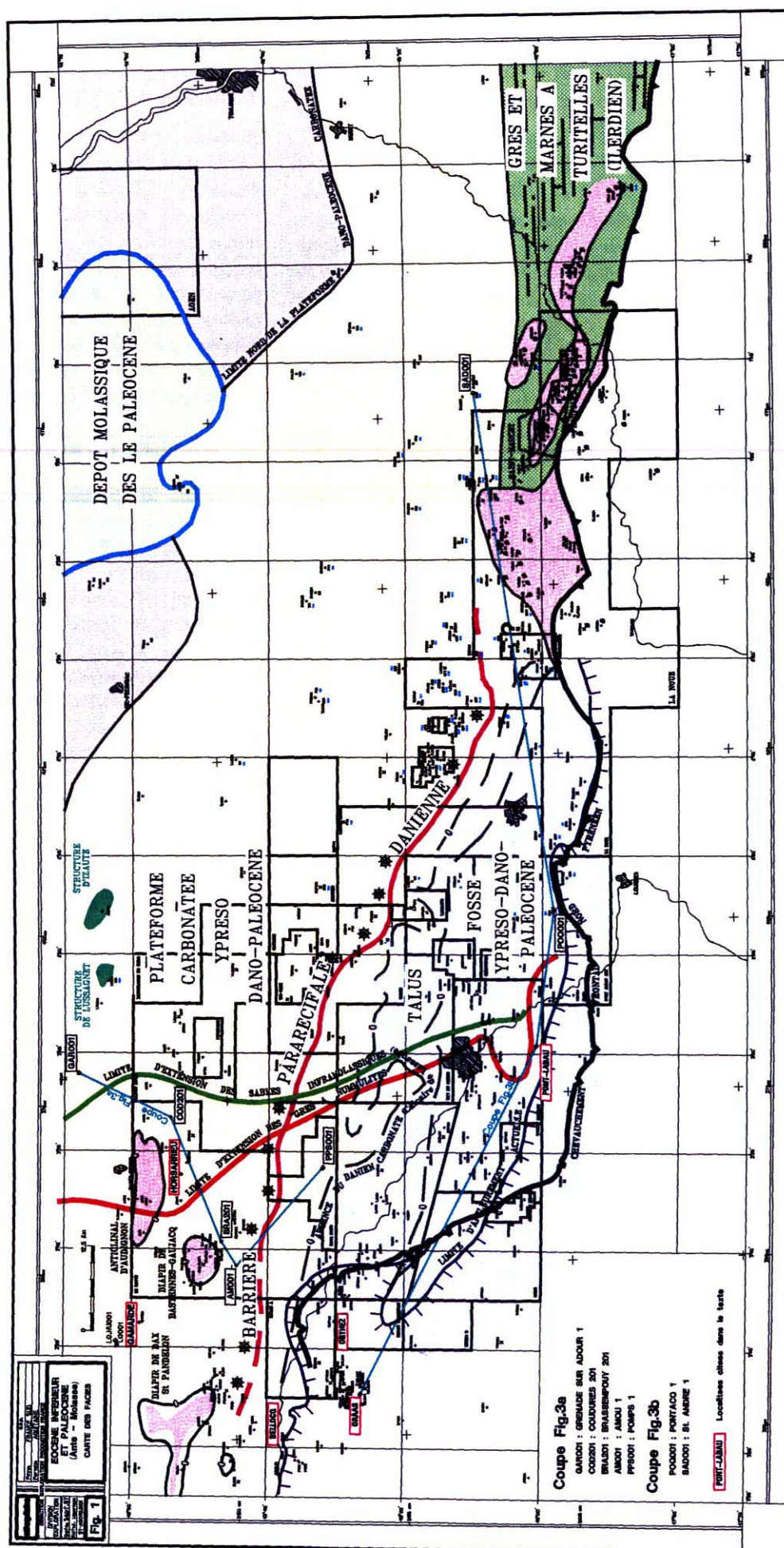


Fig. 1.- Carte des faciès de l'Eocène inférieur et Paléocène en Aquitaine méridionale.

Fig. 1. - Facies map for the Early Eocene and Paleocene in southern Aquitaine.

flagellés de l'Eocène de la Chalosse, de Seyve (1984), de Mancion (1985) et de Mathelin (1988) sur les nannofossiles et les foraminifères planctoniques. Ce n'est que très récemment que différents auteurs ont entrepris un effort de définition lithostratigraphique et d'interprétation stratigraphique séquentielle basée sur une biostratigraphie révisée (Mathelin et Sztrakos, 1993 ; Sztrakos, 1996 ; Sztrakos *et al.*, 1997 ; Fondécave Wallez *et al.*, 1995 ; Peybernes *et al.*, 1996...). A l'inverse, depuis une trentaine d'années, les recherches ont bien avancé à l'est de la Garonne avec les travaux de Villatte (1962), Tambareau (1972), Plaziat (1984), Crochet (1991)...

Dans ce contexte, la synthèse en cours d'achèvement sur les Pyrénées nous a conduit à réexaminer la succession des termes d'âge paléocène à éocène moyen en Aquitaine méridionale à l'ouest de la Garonne. Le présent travail est destiné à compléter spatialement et élargir dans le temps les modèles proposés récemment pour le Paléocène-Eocène inférieur à l'est du Plateau de Lannemezan (Tambareau *et al.*, 1995).

Un état des lieux : la complexité d'une nomenclature désuète

Malgré la diversité parfois extrême du vocabulaire (par exemple en Chalosse) destiné à "distinguer" différentes unités lithostratigraphiques, ou plus exactement bio-lithostratigraphiques (cf. l'emploi du terme "couches" au sens des "beds" britanniques) à de rares exceptions (par ex. Bousquet *et al.*, 1977 ; Platel, 1990...), la lithologie des dépôts est peu variée et surtout répétitive : "molasse" avec parfois des corps conglomératiques (poudingues de Palassou), "sables et grès" plus ou moins propres et quartzeux, "carbonates", "marnes" ; chacun de ces termes peut présenter des épaisseurs très importantes et être lithologiquement monotone.

Cependant, il existe aussi des alternances calcaires-marnes, calcaires-marnes-sables... parfois sur des épaisseurs considérables comme l'attestent de nombreux sondages pétroliers.

La répétition de ces lithologies souvent simples, traduisant un modèle sédimentaire classique de type progradant depuis l'Ilerdien 'moyen', a abouti à des confusions sur la contemporanéité de ces différents termes. Certains lithofaciès ont été considérés comme des unités chronologiques, à l'exemple des poudingues de Palassou, dont la mise en place a traduit longtemps la signature de la phase pyrénéenne à l'Eocène moyen. Cette unicité temporelle admise pour la base des poudingues de Palassou se reflète dans l'attribution stratigraphique des unités sous-jacentes, grès à nummulites...

Déjà bien visible à travers les cartes de la Géologie du bassin d'Aquitaine et à nouveau illustrée sur celles de la synthèse des Pyrénées (à paraître), l'histoire du bassin d'Aquitaine au cours du Paléogène montre une évolution en deux phases successives. Du Paléocène à l'Ilerdien 'moyen', le bassin progresse vers l'est par ennoyage de la plate-forme, avec dispositif en rétrogradation au sein de cycles transgressifs-régressifs de différents ordres : (cf. les transgressions danienne puis sélando-thenétienne et enfin ilerdiennes qui atteignent respectivement les secteurs du Mas d'Azil, les Corbières orientales et Béziers ; à moindre échelle, de nombreux exemples de cette évolution ont été décrits (par exemple sur le Calcaire de Mancieux, Ilerdien inférieur moyen, à l'est de la Garonne, cf. Bousquet *et al.*, 1977).

Au cours de l'Ilerdien moyen, ce dispositif s'inverse pour laisser place à une évolution par progradation présidant au comblement du bassin, au sein de cycles transgressifs-régressifs.

Malgré la mise en exergue de cette "progradation axiale d'amont vers l'aval comme principal mode de sédimentation", les auteurs de la Géologie du bassin d'Aquitaine (1973) limitent pratiquement dans leur reconstitution (cf. coupes) ce mécanisme à la fin de l'Eocène inférieur avant la mise en place des poudingues de Palassou. Ceux-ci témoigneraient à l'Eocène moyen de la phase paroxysmale de l'orogénèse pyrénéenne à l'origine de l'ensemble de l'émersion de la chaîne.

Pourtant, dès le début des années 70, Tambareau (1972, 1976) avait démontré l'âge ilerdien moyen à supérieur du début de la mise en place des poudingues de

Palassou, en continuité de sédimentation avec les assises marines antérieures, à l'est de la Garonne.

L'analyse des poudingues de Palassou par Crochet (1991) a permis de distinguer trois unités séparées par deux discordances angulaires marquées, respectivement d'âge intra-lutétien et fini-bartonnien.

Progressivement, le perfectionnement et la multiplicité des différentes méthodes de datation ont permis de démontrer l'hétérochronisme des lithofaciès et même des divisions bio-lithostratigraphiques. Les quelques exemples qui suivent l'illustrent bien : ainsi, bien que faiblement distantes, grâce à l'introduction des foraminifères planctoniques, du nannoplancton, des dinoflagellés et à l'affinement des déterminations des foraminifères benthiques, alvéolines, nummulites..., les couches à grandes nummulites typiques à la Fontaine de la Médaille (entre Montfort en Chalosse et Gamarde) sont désormais nettement distinctes et plus récentes que les "couches à grandes nummulites" de Jean Gazé au nord-ouest du dôme de Bastenne-Gaujacq (Kapellos et Schaub, 1973 ; Schaub, 1981...).

Un autre exemple est donné par les "marnes à Xanthopsis" ou "marnes de Trabay" entre Horsarieu (marnière de Sourbé : NP12, P7...) et le pont de Louer (NP11) (Kapellos et Schaub, 1973 ; Michoux, 1981). On doit également constater dans cette localité que la distinction entre "couches à Xanthopsis" et "Marnes à discocyclus" de lithofaciès identique et riches en Xanthopsis n'a été introduite que pour distinguer des couches d'âge différent. Même si la contemporanéité de faciès distincts (corollaire de l'hétérochronisme de faciès identiques) a été montrée parfois précocement (ex : Feinberg 1964 : démonstration du passage latéral de faciès entre les "couches de Trabay" et les "couches de Lapêche" au sud de l'anticlinal d'Audignon), cette notion n'est encore qu'incomplètement et parfois difficilement admise.

A l'échelle du bassin, l'hétérochronisme est général d'est en ouest, et peut être démontré : par exemple au niveau du Front Nord-Pyrénéen sur les grès à nummulites. Ceux-ci sont d'âge ilerdien moyen dans l'Aude, plutôt ilerdien supé-

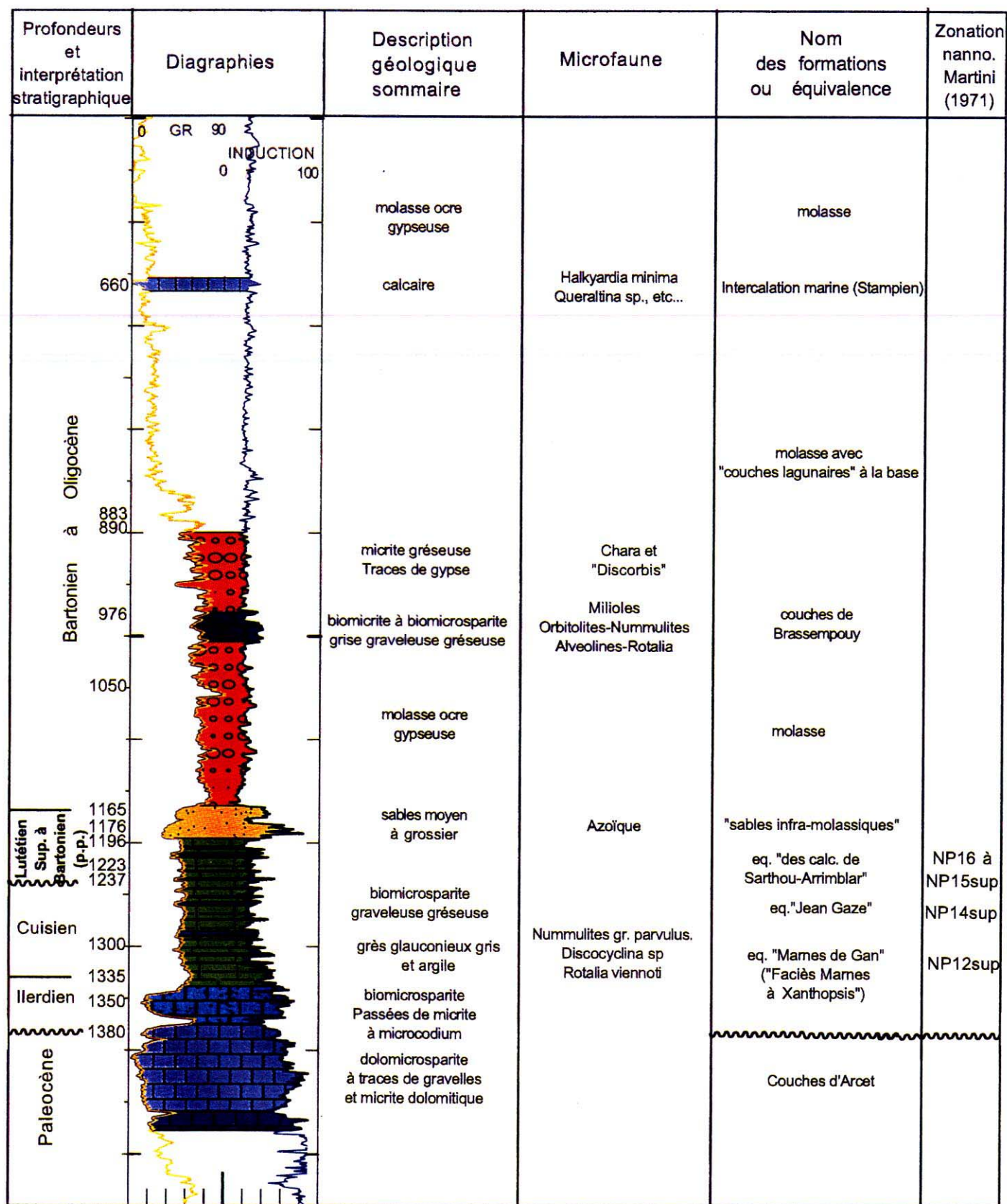


Fig.2.- Coupe du puits de Grenade/Adour I (GAR1).

Fig. 2.- Section of the Grenade/Adour 1 well (GAR1).

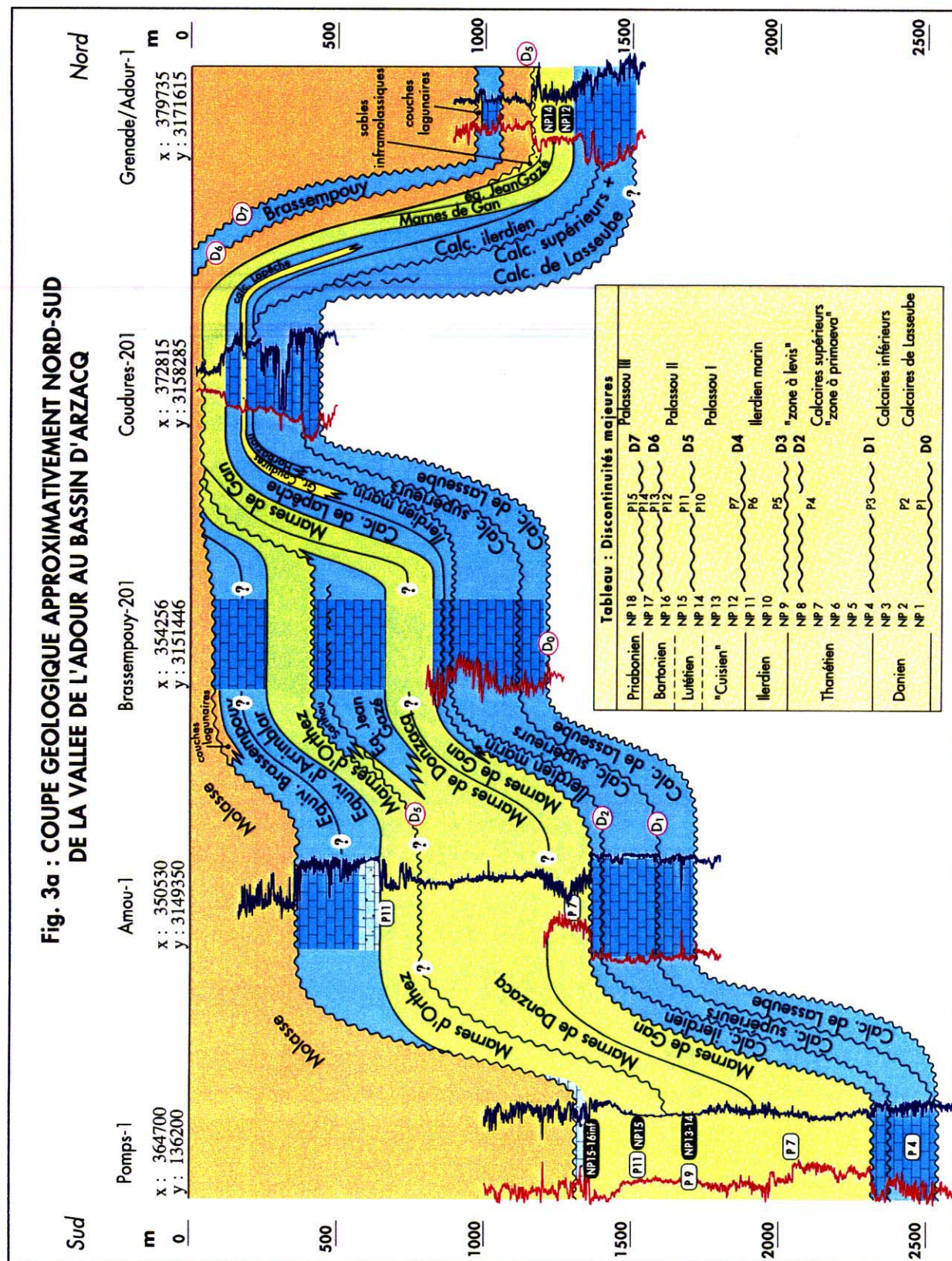


Fig. 3a. - Coupe nord-sud à partir des puits et des affleurements.

Fig. 3a. - Cross-section (N-S) based on well and outcrop data.

**Fig. 3b : COUPE GEOLOGIQUE OUEST-EST
DE L'EST DE LA GARONNE AU SUD D'ORTHEZ**

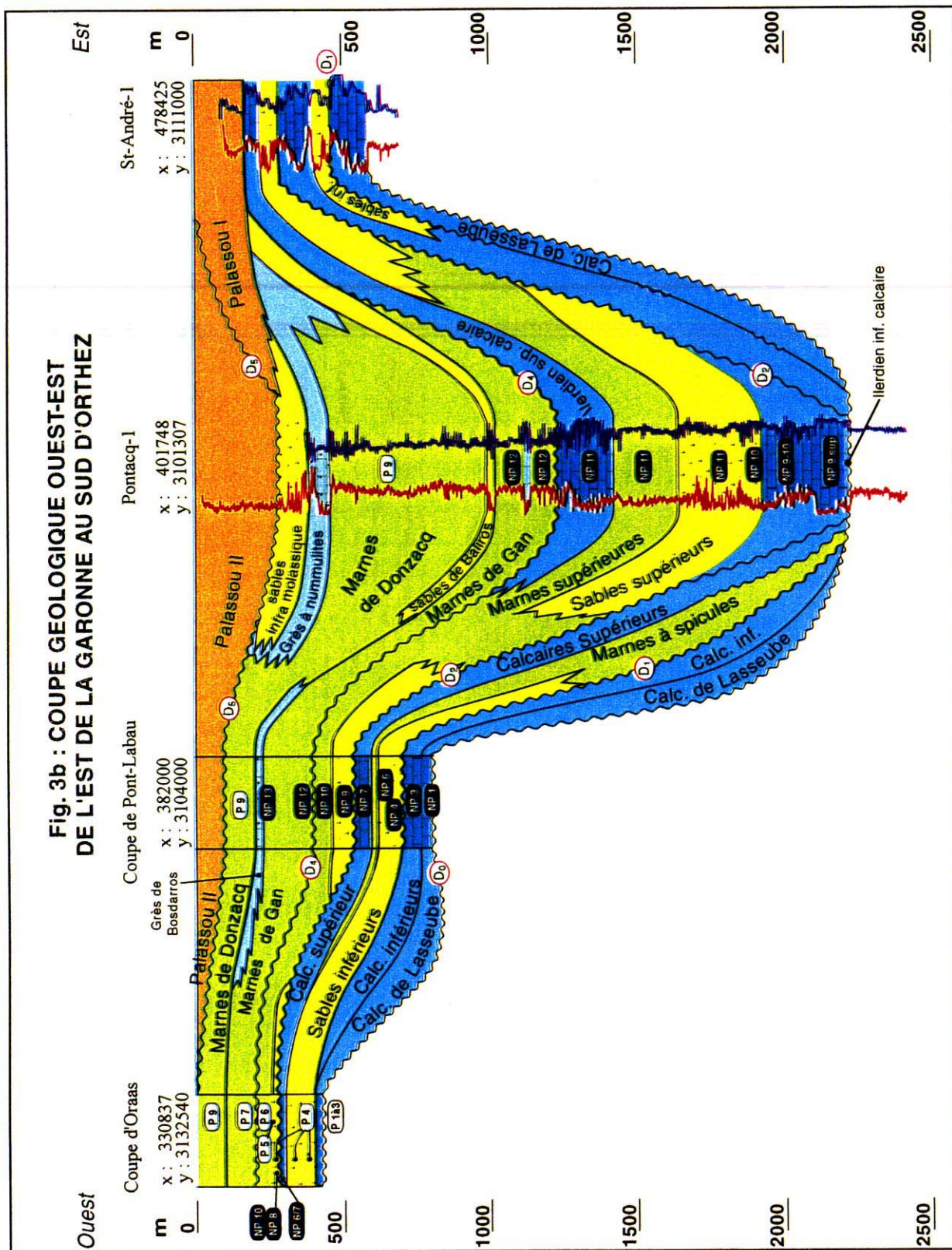


Fig.3b. - Coupe ouest-est à partir des puits et des affleurements.

Fig.3b. - Cross-section (W-E) based on well and outcrop data.

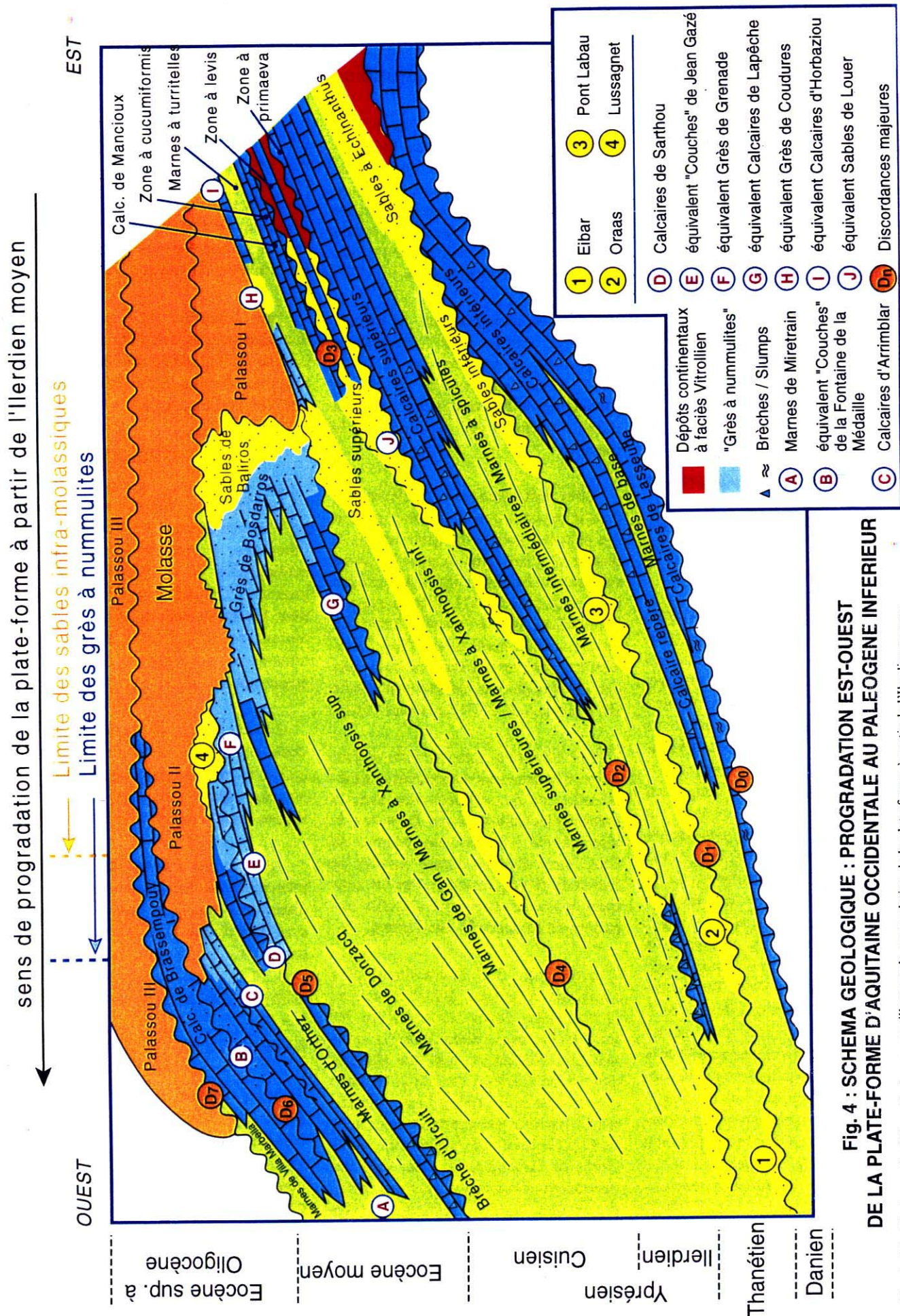


Fig. 4 : SCHEMA GEOLOGIQUE : PROGRADATION EST-OUEST DE LA PLATE-FORME D'AQUITAINE OCCIDENTALE AU PALEOGENE INFÉRIEUR

Fig. 4.- Modèle interprétatif à partir des coupes illustrant la progradation de la plate-forme à partir de l'Ilerdien moyen.

Fig. 4.- Interpretative model based on cross-sections illustrating the platform domain from Middle Ilerdien times.

rieur au niveau de la Garonne ou encore en Bigorre, cuisien inférieur à l'est du Béarn (Ossun), fin du Cuisien inférieur - début du Cuisien moyen au sud de Pau (Bosdaros). Nettement plus à l'ouest, en position allochtone, il faudra atteindre Urcuit près de Bayonne (Schaub, 1981) pour observer des grès à nummulites du Cuisien terminal. L'hétérochronisme des "grès à nummulites" est encore plus large au nord (est de la ride d'Andignon, forage de Grenade/Adour 1) où ils renferment des associations nannoplanctoniques indicatives des zones NP15 à NP16, soit Lutétien supérieur à Bartonien inférieur (fig. 2).

L'hétérochronisme des "grès à nummulites" ou grès de Grenade/Adour (Sztrakos 1996), de même que celui de la base des molasses (ou poudingues de Palassou), implique l'hétérochronisme des corps sableux intercalés ("sables infra-molassiques" ou "sables de Lussagnet").

D'autres corps sableux importants sont connus en Aquitaine, tels les "grès de Coudures", les sables inférieurs, les sables supérieurs... même si ces termes occupent parfois des surfaces importantes, leur hétérogénéité est visible en forage ; ils passent latéralement et verticalement à des marnes et/ou à des carbonates. Une comparaison des coupes en domaine plate-forme du secteur de l'ouest des Petites Pyrénées, bien illustré par Tambareau *et al.*, (1995) et traversé par le forage de Saint-André 1, de la coupe de Pont-Labau au sud de Pau (Seyve 1984 ; Peybernes *et al.*, 1996 ; Sztrakos *et al.*, 1997) ou encore de la coupe du Gave d'Oloron à Oraas au sud d'Orthez (Boltenhagen 1966, Tambareau *et al.*, 1994 et données inédites de M.P. Aubry et W.A. Berggren) (fig.3b) permet de définir un modèle sédimentaire pour le Paléocène et l'Eocène inférieur. Pour les successions plus récentes, une comparaison peut être faite entre la coupe du forage de Grenade/Adour 1 et celles d'Amou 1 et de Pumps 1 (fig. 3a). Les attributions biostratigraphiques se réfèrent respectivement à la zonation de Martini (1971) pour le nannoplancton (NP) et à celle de Berggren et Miller (1988) modifiée par Berggren pour les foraminifères planctoniques (P).

Des données analytiques réinterprétées : un modèle

L'hétérochronisme généralisé des faciès, en dehors de datations biostratigraphiques nécessairement ponctuelles, permet difficilement d'utiliser à distance les corrélations diagraphiques. Il existe par contre, à travers l'ensemble du bassin des discontinuités remarquables par leur grande extension géographique.

Les plus récentes, pour la période considérée, sont les deux "discordances angulaires" distinguées par Crochet (1991) à l'est de la Garonne au sein des poudingues de Palassou, et dont on peut suivre l'extension loin à l'ouest de la Garonne.

Elles sont illustrées à l'affleurement dans la région à l'ouest d'Orthez où leur âge peut être précisé (cf. par exemple le secteur d'Urcuit avec la mise en place syntectonique de "brèches" d'âge lutétien inférieur (Schaub 1981), ou encore la carrière de Lagelouze à l'ouest de Belloc où des calcaires à nummulites d'âge bartonien terminal verticalisés sont surmontés par des poudingues de Palassou (unité III) à pendage 25 N (Hourdebaigt 1988).

Les nombreux forages, mais surtout les profils sismiques démontrent la généralisation de ces discontinuités dans la partie occidentale du bassin. De même, la discontinuité à la base des Marnes de Gan, bien connue depuis Gubler et Pomcyrol (1946) au sud de Pau est aisément reconnaissable sur les profils sismiques du bassin de Tarbes-Arzacq.

L'analyse des successions plus anciennes à travers quelques coupes (Pont-Labau, Oraas...) ou encore les forages (Pontacq 1, Saint-André 1...) permet une corrélation avec les affleurements bien étudiés à l'est de la Garonne (Tambareau *et al.*, 1995). Deux discontinuités majeures peuvent être suivies à travers tout le bassin (de la Méditerranée au Golfe de Gascogne) où elles sont fréquemment surmontées de corps détritiques (les "sables inférieurs" et les "sables supérieurs" des auteurs). En domaine bassin profond, dans le secteur d'Eibar, entre Saint-Sébastien et Bilbao, ces discontinuités sont surmontées de

brèches très grossières (Pujalte *et al.*, 1994).

D'autres discontinuités, parfois plus difficiles à suivre en domaine bassin, peuvent être reconnues dans le bassin, par exemple à la limite Thanétien-Ilérdien (entre les zones à *Glomalveolina levis* et *Alveolina cucumiformis*) ou encore au sein du Bartonien, sous les calcaires de Brassempouy largement transgressifs.

Pour simplifier, nous noterons ces discontinuités majeures D0 à D7 en partant de la limite Crétacé-Tertiaire (D0) jusqu'au sommet de l'Eocène moyen (D7) (cf. tableau fig. 3b).

Conclusion

La disposition progradante se traduit par l'interpénétration de l'ensemble des lithofaciès, y compris les successions continentales ou leurs produits (sables grossiers). Les exemples présentés montrent incontestablement cette interpénétration (coupe de Grenade/Adour 1 : molasse sous et sur les calcaires de Brassempouy).

D'autre part, des formations détritiques d'origine continentale déposées en milieu marin sont présentes à différents niveaux (sables inférieurs et sables de Baliros dans le forage de Pontacq 1).

A partir des données de forage, des interprétations sismiques et des datations disponibles (fig. 4), un modèle composite a pu être réalisé pour l'Aquitaine occidentale, de la Garonne à la côte. Vers l'est, il se raccorde aux schémas déjà existants (Tambareau *et al.*, 1995).

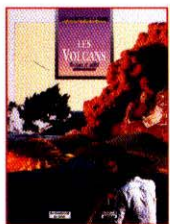
Remerciements

Nous remercions Elf Aquitaine Exploration Production France et particulièrement la Direction Exploration pour nous avoir donné l'accès aux informations sismiques et géologiques qui ont contribué à l'élaboration du modèle présenté. De même P. Pouchan et J.Rey, après une lecture minutieuse, nous ont fait part de leurs observations qui ont contribué à améliorer texte et figures.

Références

- Berggren W.A., Miller K.G. (1988) - Paleogene tropical planktonic foraminiferal biostratigraphy and magnetobiochronology. *Micropaleontology*, 34, (4), 362-380.
- Boltenhagen C. (1966) - Contribution à l'étude stratigraphique et structurale du flanc nord de l'anticlinal de Saint-Palais (Basses-Pyrénées). Thèse Doctorat 3^{ème} cycle Université Paris, 248 p.
- Bousquet J.P., Buis M., Rey J. (1977) - Le "Calcaire de Mancieux", une formation diachrone de l'Eocène sous-pyrénéen, *C.R. Acad. Sci. Fr.*, 285, D, 49-752.
- BRGM, ELF-Re, ESSO-REP, SNPA (1973) - Géologie du bassin d'Aquitaine, 27 pl., BRGM Editions, Paris.
- Crochet B. (1991) - Molasses syntectoniques du versant nord des Pyrénées : la série de Palassou. Document du BRGM n° 199, 387 p.
- Delbos J. (1854) - Essai d'une description géologique du Bassin de l'Adour. Thèse Sciences Paris, 162 p.
- Feinberg H. (1964) - Contribution à l'étude stratigraphique et structurale de l'anticlinal d'Audignon (Landes), Thèse Doctorat 3^{ème} cycle Univ. Paris, 123 p.
- Fondécave-Wallez M.J., Peybernès B., Eichene P. (1995) - Mise en évidence micropaléontologique d'un flysch yprésio-lutétien, ex-crétacé, à matériel triasique resédimenté dans la coupe de Bidart-Nord (Pyrénées-Atlantiques, sud-ouest de la France), *Géologie de la France*, n° 3, 47-56.
- Gubler Y., Pomeyrol R. (1946) - Nouvelles observations stratigraphiques dans l'Eocène au sud de Pau (Basses-Pyrénées), *Bull. Soc. géol. Fr.*, 16, n° 5, 423-444.
- Hourdebaigt M.L. (1988) - Stratigraphie et sédimentologie des molasses synorogéniques en Béarn et en Bigorre, Thèse Doctorat 3^{ème} cycle, Travaux Laboratoire Géologie-Pétrologie. Univ. Paul Sabatier, Toulouse, 195 p.
- Kapellos C., Schaub H. (1973) - Zur Korrelation von Biozonierungen mit Grossforaminiferen und Nannoplankton im Paleogen der Pyrenaen. *Eclogae Geol. Helv.*, 66, 687-737.
- Mancion C. (1985) - Foraminifères planctoniques et nannofossiles calcaires de l'Eocène moyen de Miretrain (Angoumé, Landes). Utilisation biostratigraphique et paléogéographique. Thèse Doctorat 3^{ème} cycle. Univ. Pierre et Marie Curie, Paris. VI. Mem. Sci. Terre, n° 85-39, 171 p.
- Martini E. (1971) - Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation - Proc. 2nd Planktonic conference / Roma, 1970, *Technoscienza*, n°2, 739-745.
- Mathelin J.C. (1988) - Le Paléogène des falaises de Biarritz : révision biostratigraphique, paléo-environnement et diapirisme. Thèse Doctorat 3^{ème} cycle, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI. Mem. Sci. Terre, n° 88-23, 161 p.
- Mathelin J.C., Sztrákos K. (1993) - L'Eocène de Biarritz (Pyrénées-Atlantiques, SW France). Stratigraphie et Paléoenvironnement. Monographie des foraminifères. *Cahiers. Micropal.* n.s., 8, n° 1, 5-85.
- Michoux D. (1981) - Etude des kystes de dinoflagellés au passage Yprésien-Lutétien en Chalosse. Thèse Doctorat 3^{ème} cycle, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI, n° 81-26, 254 p.
- Peybernès B., Fondécave-Wallez M.J., Eichene P. (1996) - Sur l'âge paléogène de certaines "lames triasiques" nord et sous-pyrénéennes. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 167, n° 6, 761-771.
- Platel J.P. (1990) - Notice explicative. Carte géologique de France à 1/50 000, Feuille Tartas, BRGM, 51 p.
- Plaziat J.C. (1984) - Le domaine pyrénéen de la fin du Crétacé à la fin de l'Eocène. Stratigraphie, paléo-environnements et évolution paléogéographique. Thèse de Doct. Etat, Univ. Paris-sud-Orsay, 4 vol. 1362 p.
- Pujalte V., Baceta J.I., Payros A., Orue-Etxebarria X., Serra-Kiel J. (1994) - Late Cretaceous-Middle Eocene sequence stratigraphy and biostratigraphy of the S-W and W. Pyrenees (Pamplona and Basque Basins, Spain). GEP/IGCP 286. Field Seminar Guide Book, Basque Country University, Bilbao, 118 p.
- Schaub H. (1981) - Nummulites et Assilines de la Téthys paléogène. Taxonomie, phylogénèse et biostratigraphie. *Mém. Suisse Paléont.* 104, 105, 106, 238 p.
- Seyve C. (1984) - Etude micropaléontologique du passage Crétacé-Tertiaire du Paléocène et de l'Yprésien au sud de Pau. Thèse Doctorat 3^{ème} cycle Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI. Mem. Sci. Terre n° 84-11, 187 p.
- Sztrákos K. (1996) - Le Thanétien supérieur et l'Yprésien du Bassin de l'Adour (Aquitaine, France) - Stratigraphie et paléo-environnement. Etude des foraminifères. *Cahiers Micropal.* n.s., 10, n° 1, 25-63.
- Sztrákos K., Gély J.P., Blondeau A., Müller C. (1997) - Le Paléocène et l'Ilerdien (p.p.) du Bassin sud-aquitain : lithostratigraphie, biostratigraphie et analyse séquentielle. *Géologie de la France*, n° 4 (ce numéro).
- Tambareau Y. (1972) - Thanétien supérieur et Ilerdien inférieur des Petites Pyrénées, du Plantaurel et des Chaînes audoises. Thèse Doctorat Etat, Toulouse, 377 p.
- Tambareau Y. (1976) - Sur l'âge des dernières assises marines de l'Eocène sous-pyrénéen au mur du Poudingue de Palassou. *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*, 5, 210-212.
- Tambareau Y., Canudo J., Gruas-Cavagnetto G., Hottinger L., Molina E. (1994) - Excursion to Bearn : Narp, Nouts-Oraas, Gave d'Oloron Valley - IGCP 286 - IUGS Meeting in Aspet, Field trip guide-book in the Pyrenees. Univ. Paul Sabatier, Toulouse, 33-39.
- Tambareau Y., Crochet B., Villatte J., Deramond J. (1995) - Evolution tectono-sédimentaire du versant nord des Pyrénées centre-orientales au Paléocène et à l'Eocène inférieur. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 166, n° 4, 375-387.
- Villatte N. (1962) - Etude stratigraphique et paléontologique du Montien des Petites Pyrénées et du Plantaurel. Thèse Doctorat Etat, Toulouse, Privat. Edit., 331 p.

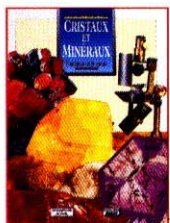
LES SECRETS DE LA TERRE



A la fois redoutés pour leurs imprévisibles colères destructrices et fascinants par le spectacle grandiose de leurs éruptions, les volcans dispensent aussi des bienfaits grâce à l'extraordinaire fertilité de leurs sols, aux matériaux qu'ils rejettent et aux eaux thermales qu'ils réchauffent en leur sein. Jadis, sièges des dieux ou de l'enfer, les volcans font maintenant l'objet d'études scientifiques de plus en plus sophistiquées visant à reconstituer leur histoire individuelle, à comprendre leur fonctionnement et à diminuer les risques qu'ils font encourir. Les volcans seront encore pour quelques milliards d'années les fidèles et dangereux compagnons des hôtes de notre planète.

64 pages en couleurs, format 28 x 21 cm, relié.

Référence 000204 - **Prix : 96 FF.**



Bien que toute naturelle la perfection des cristaux répond à des règles physiques et chimiques ordonnées. Naître, grandir et vieillir telle est la destinée du cristal à l'intérieur des roches qui composent la croûte terrestre. La minéralogie est la science qui permet de découvrir cette merveilleuse organisation où se mêlent, en toute modestie, les simples cristaux aux extraordinaires bijoux. Dès la préhistoire, l'Homme s'intéresse au minéral, depuis, une large place lui est consacrée dans l'évolution du savoir, des sciences et des techniques les plus modernes. Avec cet ouvrage nous vous invitons à découvrir une extraordinaire saga du règne minéral.

64 pages en couleurs, format 28 x 21 cm, relié.

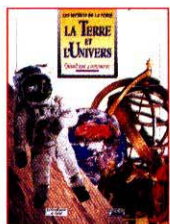
Référence 000205 - **Prix 96 FF.**



L'eau, source de vie, à l'origine de la formation de la terre, est une substance extraordinaire aux propriétés multiples, c'est aussi un des éléments clefs avec le ciel et la terre. La molécule d'eau "H₂O" est présente dans notre quotidien sous trois formes : l'eau, la glace et la vapeur. La valeur de l'eau est inestimable, première ressource minérale du monde, sa protection et sa gestion sont indispensables à la survie de l'humanité, du règne animal et végétal. Alors, partons à la découverte de ce formidable élément indispensable à notre vie.

64 pages en couleurs, format 28 x 21 cm, relié.

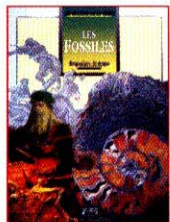
Référence 000206 - **Prix : 96 FF.**



Il y a quinze milliards d'années, le commencement de notre univers a été marqué par une colossale explosion, le big bang. Il est le coup d'envoi simultané de l'énergie, du temps, de l'espace et de la matière, c'est-à-dire de tout ce qu'il faut pour faire un monde. Dix milliards d'années plus tard, dans un système stellaire en formation, une petite planète, qui deviendra bleue, connaît une évolution géologique et biologique étonnante. L'Homme d'aujourd'hui, qui en est un des extraordinaires aboutissements, a su reconstituer cette histoire inouïe.

64 pages en couleurs, format 28 x 21 cm, relié.

Référence 000201 - **Prix : 96 FF.**

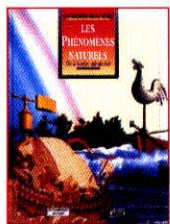


Des mythiques dinosaures, aux plus petites coquilles marines, c'est un voyage dans le monde de la paléontologie qui nous invite à la découverte de l'histoire de notre planète à travers sa fantastique évolution biologique.

Les fossiles, rouage d'une fabuleuse machine à remonter le temps, nous entraînent si près des frontières de l'étrange, que vous ne pouvez l'imaginer.

64 pages en couleurs, format 28 x 21 cm, relié.

Référence 000203 - **Prix : 96 FF.**



Les phénomènes présentés sont naturels, certes, mais ils étonnent soit par leur soudaineté, soit par leurs conséquences catastrophiques, soit par leur beauté ...

Des cyclones aux marées, de l'orage à l'arc-en-ciel, des geysers aux aurores boréales, une promenade à travers la météorologie, la géologie, l'océanographie et aussi l'histoire des Sciences.

64 pages en couleurs, format 28 x 21 cm, relié.

Référence 000202 - **Prix : 96 FF.**

BON DE COMMANDE à remettre à votre librairie ou à défaut à retourner aux
Editions BRGM - BP 6009 - 45060 ORLÉANS CEDEX 2, France

A EXPÉDIER :

Nom
Prénom
Adresse

- | | | | |
|---|--------------------|-------|---------|
| ☐ LA TERRE ET L'UNIVERS |exemplaire(s) | 96 FF |FF |
| ☐ LES FOSSILES |exemplaire(s) | 96 FF |FF |
| ☐ LES PHÉNOMÈNES NATURELS |exemplaire(s) | 96 FF |FF |
| ☐ LES CRISTAUX ET MINÉRAUX |exemplaire(s) | 96 FF |FF |
| ☐ L'EAU |exemplaire(s) | 96 FF |FF |
| ☐ LES VOLCANS |exemplaire(s) | 96 FF |FF |

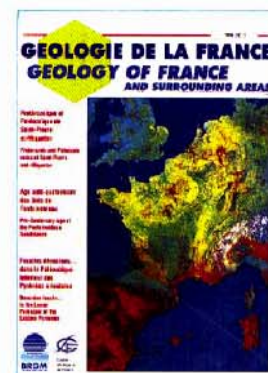
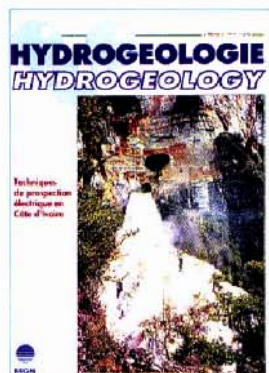
FRAIS DE PORT

15 F par exemplaire

TOTAL GÉNÉRAL

Date

Signature



Revue scientifique et technique, Hydrogéologie est destinée aux spécialistes de l'eau souterraine : chercheurs conduisant des travaux sur les processus hydrodynamiques et géochimistes, modélisateurs, ingénieurs et praticiens de la prospection, de l'exploitation et de la gestion des nappes. Dédicée à un seul objet, l'eau souterraine et ses interfaces, Hydrogéologie publie des travaux concernant aussi bien les milieux de climat tempéré que les zones tropicales et arides.

Les articles peuvent porter sur des avancées dans la connaissance fondamentale et son application, des présentations de nouveaux outils, des études de cas ou encore des synthèses thématiques ou régionales. Régulièrement, la revue publie des numéros thématiques. Elle procède également à des analyses d'ouvrages et à des présentations de séminaires et colloques.

Hydrogéologie is a scientific and technical journal aiming at ground-water specialists, including researchers studying hydrodynamic processes, and geochemists, modellers, engineers and technicians prospecting for, exploiting or managing ground-water. Entirely devoted to ground water and related subjects, Hydrogéologie publishes papers on topics in temperate as well as in tropical and arid zones.

Papers may cover advances made in fundamental knowledge and their applications, introduce new tools, discuss case histories or review particular themes or regions. The journal publishes entire issues devoted to specific themes on a regular basis. It also presents book reviews and covers seminars and conferences.

Prix de vente au numéro :

Année en cours et année précédente : 190 F
Année antérieure (réduction de 50 %) : 95 F

Règlement par chèque bancaire libellé au nom des Éditions BRGM - BP 6009
45060 Orléans Cedex 2

La Chronique de la recherche minière s'adresse aussi bien aux scientifiques qui font progresser les connaissances fondamentales sur la géologie des gîtes minéraux qu'aux géologues d'exploration.

Les contributions proposées à la revue doivent être inédites et traiter de sujets relatifs aux gisements de métaux et de minéraux industriels (descriptions de gisements, synthèses régionales ou thématiques, cas historiques de découvertes) et à leur prospection (méthodes et outils d'exploration) ; elles peuvent également concerner les méthodes de traitement et l'économie minière.

À côté des articles scientifiques, les communications scientifiques et techniques sont destinées à favoriser la publication rapide de résultats nouveaux sur des sujets qui n'ont pas encore fait l'objet d'études scientifiques détaillées (par exemple une découverte de gisement), ou pour présenter de courtes contributions sur des sujets techniques d'intérêt général.

Chronique de la Recherche Minière is a journal aiming at both researchers studying the fundamental geology of mineral deposits and exploration geologists.

Contributions to the journal must not have been previously published and should cover topics relating to metalliferous and industrial mineral deposits (descriptions of deposits, regional and thematic reviews, case histories of discoveries) and their prospecting (methods and tools used); contributions will also be welcome on methods of processing and on mining economics.

Apart from scientific papers, the scientific and technical communications are aimed at enabling rapid publication of new results relating to work which has not yet been the subject of detailed scientific study (for example, the discovery of a deposit), or at providing short contributions on technical subjects of general interest.

Destiné aux chercheurs, enseignants, praticiens, tout public français ou étranger, Géologie de la France a pour vocation de diffuser les résultats de travaux relevant de toutes les disciplines des Sciences de la Terre et concernant le territoire français et les régions voisines.

Ces travaux peuvent relever de la connaissance géologique de base, correspondre à des actions de recherche ou être liés à des opérations de géologie appliquée.

L'objectif est d'appréhender tous les aspects de la géologie du substrat comme ceux de la surface. La prise en compte des régions voisines traduit le souci de ne pas être lié à des limites administratives mais de favoriser la compréhension d'ensembles géologiques cohérents.

Géologie de la France est ouvert à tous, auteurs français et étrangers. La revue accueille tout à la fois des articles importants et des notes brèves.

Géologie de la France is a journal aiming at researchers, teachers, those to whom the knowledge of geology is essential to their work and the general interested public in France and elsewhere. It is devoted to the publication of results of projects related to all disciplines of the Earth Sciences, both in France and in the surrounding regions.

Papers may cover fundamental geological knowledge, or be related to specific research or applied geology programmes.

The aim is to cover all aspects of both sub-surface and surface geology. By taking into account surrounding regions, studies need not be restricted by national boundaries, but can take into account entire geological entities.

The journal welcomes publications from both French and other authors, both full-length papers and short notes.

Abonnement 1997 :

Abonnement par revue :

Abonnement aux 3 revues, 12 numéros

France : 650 F

France : 1 800 F

Étranger : 700 F

Étranger : 1 900 F

Chèque à établir à l'ordre de : Éditions BRGM, 3 avenue Claude Guillemin, BP 6009, 45060 Orléans Cedex 2

ISSN 0246-0874 © Éditions BRGM - BP 6009
45060 Orléans Cedex 2 - France
Directeur de la publication : Gérard Sustrac
Commission paritaire : N° 624 ADEP
Dépôt légal : 2^{ème} trimestre 1997
Impression : BRGM Service Reprographie



9 780246 087409