



Available online at www.sciencedirect.com

SCIENCE @ DIRECT®

C. R. Geoscience 336 (2004) 951–958



Géodynamique

Sur la structure, l'âge et l'origine des « brèches de Bosmendiète » (Pyrénées-Atlantiques)

Joseph Canérot^{a,*}, Jacques Bauer^b, Michel Bilotte^a, Chantal Bourdillon^c,
Jean-Paul Colin^d, Elie-Jean Debroas^a, Françoise Magniez^e, Francis Mediavilla^f,
Yves Ternet^g

^a Institut des sciences de la Terre, LMTG–UMR UPS–CNRS n° 5563, 39, allées Jules-Guesde, 31062 Toulouse cedex 04, France

^b Chemin du Bois, 64800 Nay-Bourdettes, France

^c Eradata, 5, allée des Magnolias, 72100 Le Mans, France

^d 3, impasse des Biroulayres, 33610 Cestas, France

^e Institut des sciences de la Terre, université de Bourgogne, 6, bd Gabriel, 21100 Dijon, France

^f Exxon-Mobil, 59, av. Bognard, 33600 Pessac, France

^g 32, place Vignau, 65200 Bagnères-de-Bigorre, France

Reçu le 26 décembre 2003 ; accepté le 2 février 2004

Disponible sur Internet le 19 mai 2004

Présenté par Michel Durand-Delga

Résumé

Antérieurement attribuées à l'Albo-Aptien et considérées comme résultant du diapirisme des évaporites triasiques, les brèches de Bosmendiète se seraient, pour certains auteurs récents, mises en place au Sélandien (Paléocène), dans des canyons sous-marins établis au sein d'un profond sillon, le long de la chaîne des Pyrénées, du Roussillon jusqu'à l'Atlantique. Leur âge serait fondé sur la découverte d'une riche microfaune pélagique de globigérinidés. Nos recherches montrent qu'azoïques à leur base, pourvues de radiolaires et de rares foraminifères benthiques au sommet, ces brèches résultent en réalité de la destruction de boucles de *slumps* affectant l'« Infralias ». Recouvertes en *onlap* par les calcaires et marnes de l'Albo-Aptien, elles traduisent, conformément à nos précédentes interprétations, l'effondrement par *collapse* et le glissement vers le nord, en milieu marin graduellement ouvert, de la plate-forme jurassique, lors de la mise en place du diapir de Béloscare–Apoura, au cours du Crétacé inférieur. **Pour citer cet article : J. Canérot et al., C. R. Geoscience 336 (2004).**

© 2004 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Abstract

About the structure, age and origin of the Bosmendiète breccias (Atlantic Pyrenees). By us considered as Albo-Aptian in age and generated through halokinetic processes, the Bosmendiète breccias have been recently interpreted as Selandian (Palaeocene) globigerine-bearing sediments deposited in sub-marine canyons within a deep trough crossing the Pyrenees, from the Mediterranean Sea to the Atlantic Ocean. These breccias are really azoic in their lower part and contain a scarce microfauna including radiolarians and benthic foraminifera at the top of the formation. They are unconformably covered by the Urgo-Aptian

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : jcanerot@free.fr (J. Canérot).

limestones and marls and indicate, under opening marine conditions, Lower Cretaceous collapse movements and northward sliding of the Jurassic slumped cover, related to the growth of the Béloscaire–Apoura diapir. *To cite this article: J. Canérot et al., C. R. Geoscience 336 (2004).*

© 2004 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Mots-clés : brèches ; milieu marin ; *slumping* ; effondrement ; diapirisme ; Crétacé inférieur ; Pyrénées occidentales

Keywords : breccias ; open marine ; slumping ; collapse ; diapirism ; Lower Cretaceous ; western Pyrenees

Abridged English version

1. Introduction

In the western Pyrenees, the so-called ‘Etchebar breccias’ have been interpreted [1,3–5,9,10] as a Lower Cretaceous diapiric formation generated through collapse processes involving the Jurassic and Early Cretaceous carbonate cover of the Triassic salt.

In a recent work, Peybernès et al. [11] disagree with this halokinetic interpretation. These authors consider that the breccias are Selandian sediments deposited in sub-marine canyons within a subsiding trough that crossed the Pyrenees from the Mediterranean Sea to the Atlantic Ocean [12]. These detritic materials, associated with hemipelagites and turbidites overlap unconformably a steep topography previously induced by a regional Uppermost Cretaceous compression. Within the cited examples, the Bosmendiette breccias, located in the Basque Country (Fig. 1), are typical as they provide a rich planktonic microfauna involving Palaeocene ‘Globigerinids’.

Our field observations in this Bosmendiette area [8], completed by new micropalaeontological studies, lead us to a total discrepancy with these conclusions and confirm our preceding diapiric interpretation [4,5,10].

2. The structural setting

In the Bosmendiette sector, Peybernès et al. [11] indicate a southeast-dipping ‘Infraliassic’ folded carbonate succession (Fig. 1B) covered unconformably by the Selandian breccias. To the ‘southeast’ (really the northeast), these clastic sediments strike against Urgo-Aptian marls and limestones through a vertical fault. The general dipping is really 10 to 45° towards the northeast (Fig. 1C). In the southern part

of the section (Fig. 1C1), the breccias are interbedded in the ‘Infraliassic tuf de Dubar’ formation. The disharmonic folds (Fig. 1B) correspond to a north-verging megaslump (Figs. 1C and 2C). The breccias are covered unconformably, as indicated also by the panoramic view of the hill 1147 (Fig. 2B) by the Urgo-Aptian carbonates through a reworked unconformity (Fig. 1C3). So, they cannot be assigned to the Palaeocene.

3. Chronostratigraphy of the breccias

The Selandian age of the Bosmendiette breccias has been proposed by means of planktonic foraminifera [11]. In the southern outcrop, these clastic sediments mistakenly interpreted as an infilling pocket reworking the ‘Infraliassic’ limestones (Fig. 1B), correspond really to a doleritic microconglomerate interbedded at the top of the ‘tuf de Dubar’ formation [2]. The northern breccias resulted azoic except at the top of the series where some indeterminable radiolarian and benthonic foraminifera associated with sponge and echinoderm remains have been found. So, at Bosmendiette, the same as in the other Basque outcrops, the breccias have been allowed a Clansayesian (Uppermost Aptian) age [9], mainly through geometric arguments: general position between the reworked Jurassic and Lowermost Cretaceous substratum and the Albo-Aptian stratigraphic cover.

4. Genetic conditions

Peybernès et al. [11] consider that the Bosmendiette breccias are involved in the deep marine Selandian infilling of a ‘transpyrenean’ trough, created under Palaeocene distension movements following an Uppermost Cretaceous north–south compression period.

Our field data lead us to propose the following brecciation process [8]. The ‘Infraliassic’ limestones [8] are first slumped and broken down, then brecciated mainly near the secondary burst hinges of the megaslump (Fig. 1C2). These primary fragments are reworked into a marine stratified sediment, which deepening upwards organization indicates transgressive conditions, mainly during the Uppermost Aptian times. We have never seen, the same at Bosmendi-ette as in the other west-Pyrenean outcrops [3,4,10] the hemipelagites and turbidites that should characterize the so-called ‘trough sedimentation’ [11,12]. So, as previously indicated [9], we consider that the Bosmendi-ette breccias are halokinetic sediments closely linked to the Lower Cretaceous growth of the Béloscare–Apoura diapir, through collapse processes involving the Jurassic carbonate cover. The Triassic core of the piercing dome outcrops 500 m north of Bosmendi-ette, along the road to Lacarry.

5. Conclusion

Recently assigned to the Selandian, the Bosmendi-ette breccias are here considered as ‘Infraliassic’ in the southern outcrop of the road to Lacarry and Aptian in the northern one. Mistakenly interpreted as deep marine canyon infillings, they really correspond to gradually open marine platform spreadings related to the destruction of local slumped structures affecting the underlying ‘Infraliassic’ limestones. They are closely linked to the Lower Cretaceous growth of the Béloscare–Apoura piercing diapir, through collapse processes of the Jurassic cover.

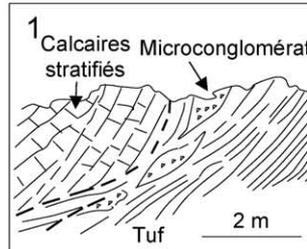
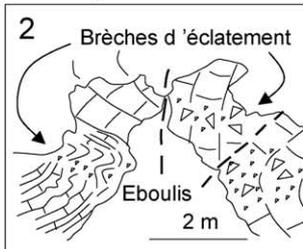
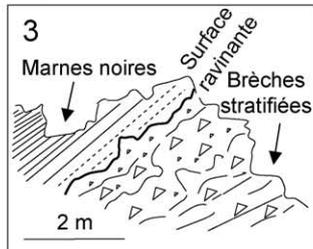
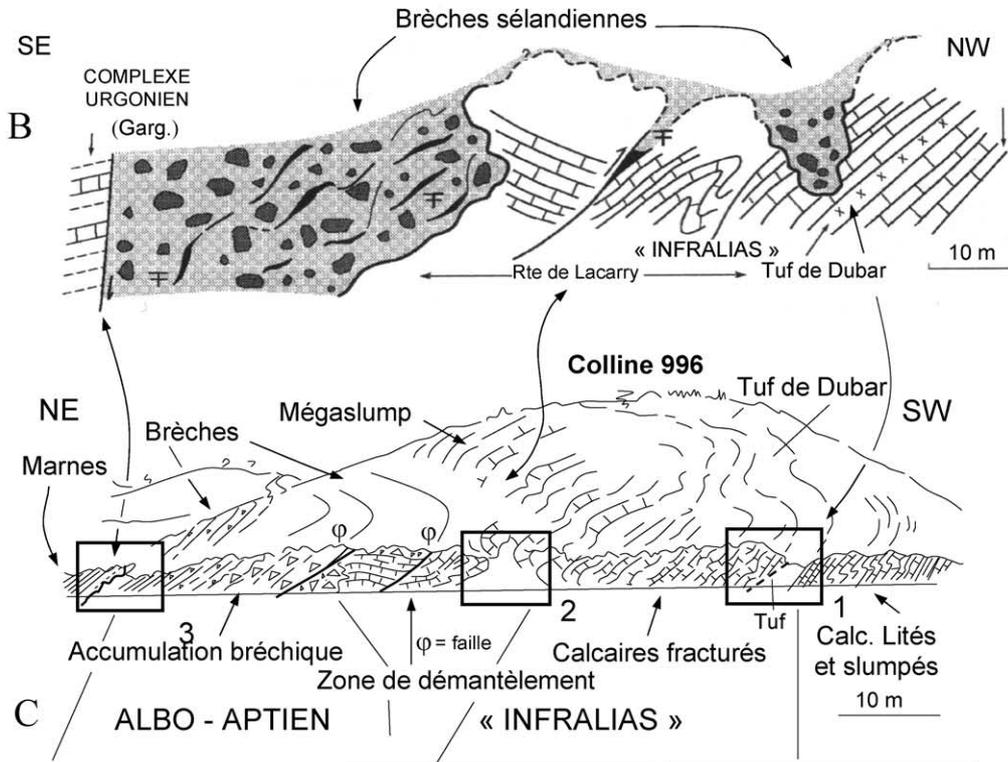
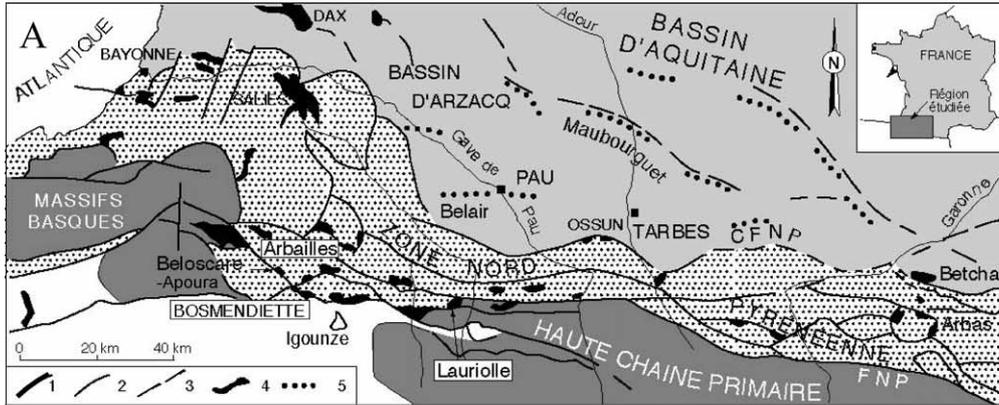
So, contrary to the here contested interpretation, there is no evidence of Late Cretaceous compression folding within the Iberian continental margin, which, in the Western Pyrenees, allows ‘Etchebar-type’ breccias. During the same period, in the Igouze Massif, the newly discovered ‘Ibarrondoa-type breccias’ indicate (G. Winkler, work in progress) distension (transtension) motions between the southern High Primary Range and the northern subsiding flysch basin. In agreement with the common regional geodynamic conclusions [6,7], the folded structures are considered here as related mainly to the Tertiary, ‘Pyrenean’ orogenesis.

1. Introduction

Dans les Pyrénées occidentales, les brèches de Bosmendi-ette (Fig. 1A) ont été, ces dernières années, rattachées à la formation des « brèches d’Etchebar » et considérées comme d’origine diapirique et d’âge Éocétacé [1,3–5,9,10]. Cette interprétation se fondait en particulier sur la localisation de telles brèches à proximité ou au contact du Trias évaporitique, sur leur disposition en amas désordonnés emplissant des paléo-dépressions, sur leur organisation interne évoquant l’effondrement (ou *collapse*), in situ, au droit des têtes de diapirs, de la plate-forme carbonatée du Jurassique, sur leur position systématique au-dessous d’un Albo-Aptien transgressif et discordant ainsi que sur l’âge Triasique, Jurassique et Crétacé inférieur des éléments repris, excluant la présence du socle hercynien et de la couverture néocétacée et tertiaire.

Dans une publication récente, Peybernès et al. [11] remettent en cause cette interprétation. Pour ces auteurs, les brèches d’Etchebar se seraient élaborées au Sélandien (Paléocène) dans des canyons sous-marins creusés au sein d’un sillon fortement subsident. Ce bassin, étroit et profond, établi sur ou à proximité de la faille Nord-Pyrénéenne, s’étendrait de l’Atlantique à la Méditerranée [12]. Les matériaux assurant son comblement reposeraient en discordance angulaire sur les terrains mésozoïques plissés, ce qui signerait un effondrement drastique, consécutif d’une phase tectogénique plicative fini-crétacée à paléocène. À Bosmendi-ette, l’âge Sélandien des brèches serait prouvé par la découverte d’une riche microfaune pélagique de « Globigérinidés » dégagés, présents dans le ciment argileux des brèches en divers points de la coupe type de la piste de Lacarry ou à ses abords [12].

Plus récemment encore, deux d’entre nous (J. Canérot et F. Magniez) ont, au terme d’une analyse micropaléontologique approfondie, montré que la plupart des gisements réputés très fossilifères [12] étaient en réalité azoïques et que seuls quelques bancs bréchiques contenaient de rares foraminifères benthiques du Crétacé inférieur [2], confirmant ainsi les précédentes interprétations stratigraphiques et l’origine diapirique des brèches de Bosmendi-ette [1,3–5,9,10]. Afin d’affiner les résultats ainsi obtenus, un nouvel échantillonnage de tous les points supposés fossilifères [11] a été réalisé (Y. Ternet et F. Mediavilla) à l’occasion d’une excursion de l’Association des



géologues du Sud-Ouest (AGSO) sur les diapirs des Pyrénées occidentales [2].

La présente publication rend compte des résultats des nouvelles analyses micropaléontologiques de ce matériel (C. Bourdillon et J.-P. Colin) et fait le point sur la structure, l'âge et les conditions de genèse de la formation bréchique de Bosmendiette.

2. La structure actuelle

Pour Peybernès et al. [11], la série « infraliasique » de Bosmendiette, observable notamment sur le talus de la piste de Lacarry, plongerait d'une manière générale vers le « Sud-Est » (Fig. 1B). Les brèches sélandiennes recouvriraient en discordance, au « nord-ouest », les calcaires plissés de l'« Infralias » jusqu'au-dessus du « tuf de Dubar » et buteraient par faille, au « sud-est », contre un complexe urgo-gargasien. Ces orientations résultent manifestement d'une erreur graphique.

En effet, l'ensemble de la série carbonatée ou bréchique plonge presque uniformément de 10 à 45° vers le nord-est. Nous l'interprétons de la manière suivante : (1) l'affleurement bréchique « septentrional » (en réalité méridional), dessiné en « poche » et rapporté au Sélandien par nos contradicteurs (Fig. 1B), correspond à une intercalation de microbrèches à éléments calcaires et ophitiques au sommet du tuf « infraliasique » (Figs. 1C1 et 2D); (2) les plis dysharmoniques (Fig. 1B) correspondent aux diverses boucles frontales d'un « mégaslump » traduisant un glissement relatif des calcaires « infraliasiques » vers le nord (Fig. 1C2); (3) loin de buter par faille contre l'Urgo-Aptien (Fig. 1B), les brèches s'enfoncent régulièrement sous ce dernier par l'intermédiaire d'une surface de ravinement (Fig. 1C3). Cette même surface

est particulièrement bien illustrée sur la butte 1147, relief qui prolonge vers l'ouest les collines de Bosmendiette, où les calcaires urgoniens recouvrent en *onlap* à la fois les brèches et leur substrat « infraliasique » slumpé (Fig. 2B).

3. Chronostratigraphie des brèches

L'âge Sélandien des brèches de Bosmendiette se fonderait, rappelons-le, sur la présence d'une microfauve de Globigérinidés, riche et significative [11].

Nous venons de voir que, dans l'affleurement le plus méridional de la coupe de référence, ces roches, réputées monogéniques, azoïques et discordantes sur les calcaires de l'« Infralias » (Fig. 1B) par nos contradicteurs [11], sont en réalité, selon nos observations, intercalées dans le tuf de Dubar, et par voie de conséquence, comme ce dernier, « infraliasiques » (Fig. 1C1). Plus au nord, les nombreux lavages réalisés dans le ciment jaunâtre des brèches, y compris dans les points indiqués comme fossilifères par Peybernès et al. (Fig. 1B), se sont révélés azoïques, exception faite des affleurements les plus septentrionaux où ce ciment, abondant, a livré quelques foraminifères benthiques (Trochamminidae, Ataxophragmiidae, débris de *Lenticulina sp.*) indéterminables spécifiquement, des radiolaires spumellaires et nassellaires, des spicules de spongiaires mono- ou tri-axones, des moules internes de gastéropodes, des débris de piquants d'échinodermes. Cette faunule peu caractéristique ne saurait en aucune manière appartenir au Sélandien [11]. Elle évoque en revanche le contenu faunistique des marnes à spicules albo-aptiennes qui succèdent aux brèches dans la coupe de la piste de Lacarry [9]. Rappelons qu'à l'échelle régionale et en particulier en Pays basque, les accumulations bréchiques ont été, comme

Fig. 1. Les brèches de Bosmendiette dans leur gisement type. (A) Carte de localisation (1 : failles majeures ; 2 : failles secondaires ; 3 : failles profondes ; 4 : diapirs triasiques perçants ; 5 : rides anticlinales d'Aquitaine). (B) Interprétation de l'affleurement à brèches de la route de Lacarry selon Peybernès et al. [11]. (C) Interprétation ici proposée du même affleurement (C1 : détail de la coupe au niveau du tuf « infraliasique » dit « Tuf de Dubar » ; C2 : détail montrant les brèches d'éclatement hydraulique au droit des boucles qui affectent le mégaslump des calcaires « infraliasiques » ; C3 : détail montrant la surface de ravinement entre brèches et couverture marneuse albo-aptienne).

Fig. 1. The Bosmendiette breccias in their home-layer. (A) Location sketch map (1: main faults; 2: secondary faults; 3: deep faults; 4: Triassic piercing diapirs; 5: Aquitaine ridges). (B) Interpretation of the outcropping section after Peybernès et al. [11]. (C) Interpretation of the same outcrop in the present work (C1: detail of the section at the 'Infraliasic' 'Tuf de Dubar' level; C2: detail of the slumpé 'Infraliasic' limestones showing the development of hydraulic breccias near the hinge of the structure; C3: detail showing the reworked surface between the breccias and the overlying Albo-Aptian marls).

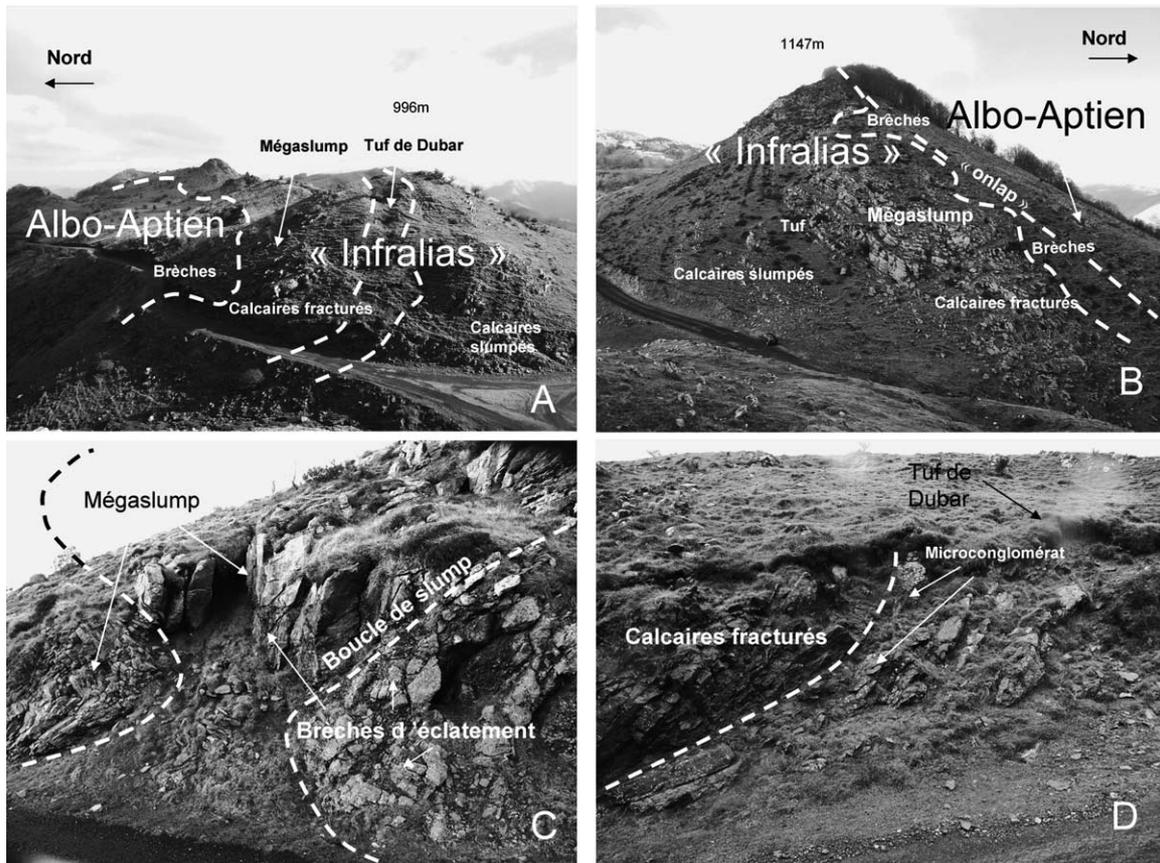


Fig. 2. Les brèches dans le paysage de Bosmendiette. (A) Vue d'ensemble de la coupe de la route de Lacarry traversant les séries « infraliassique » et albo-aptienne de la colline 996. (B) Vue panoramique de la colline 1147 montrant les relations entre les brèches de type « Etchebar », leur substrat « infraliassique » slumpé, démantelé et bréchifié (à gauche) et leur couverture de calcaires albo-aptiens (à droite). (C) Détail du mégaslump visible dans le talus de la route de Lacarry (Fig. 1C2) ; noter la présence de brèches d'éclatement hydraulique au droit des charnières secondaires. (D) Détail de la coupe de l'« Infraliass » sur la route de Lacarry (Fig. 1C1). Le microconglomérat, pour nous intercalé au sommet du « Tuf de Dubar », a été interprété comme « brèche sélandienne » par Peybernès et al. [11].

Fig. 2. The breccias in the Bosmendiette landscape. (A) General view of the section along the road to Lacarry and in the hill 996. (B) Panoramic view of the hill 1147, showing the relationships between the 'Etchebar type' breccias, the underlying slumped, broken down and brecciated 'Infraliassic' limestones (left) and the overlapping Albo-Aptian stratigraphic cover (right). (C) Detail of the megaslump located on the bank of the road to Lacarry (Fig. 1C2). Note the development of 'burst-breccias' in the secondary hinges. (D) Detail of the 'Infraliassic' section along the road, showing the location of the microconglomerates interbedded in the upper part of the 'Tuf de Dubar' formation. This sediment has been interpreted as a 'Selandian breccia' by Peybernès et al. [11].

à Bosmendiette, rapportées au Crétacé inférieur [9], en raison de leur discordance ravinante sur le Jurassique et de leur position stratigraphique entre les croûtes bauxitiques éocrétaçées (Néocomien–Aptien) qu'elles remanient localement et les calcaires à microsolenidés et mélobésiées de Vimport (Clansayésien–Albien) qui les recouvrent [9]. Elles ne peuvent donc pas y être attribuées au Sélandien.

4. Conditions de genèse

Pour Peybernès et al. [11], les brèches participeraient au comblement d'un sillon marin profond à hémipélagites argileuses, s'étendant du Roussillon jusqu'à la côte basque, sillon creusé au Paléocène, dans un bourrelet montagneux résultant d'une compression régionale nord–sud, fini-crétacée [12].

À Bosmendienette, nous avons pour notre part constaté :

- que les calcaires d'âge « infraliasique » incontestable [8,11], bien stratifiés et slumpés au sud, se fracturent progressivement vers le nord avant de dessiner une boucle de *slump* décamétrique déversée au nord, bien visible sur les collines 996 (Fig. 1C2) et 1147 (Fig. 2B) ; cette boucle principale est localement affectée de plusieurs boucles secondaires de dimension métrique, dont les charnières peuvent être transformées en brèches d'éclatement hydraulique caractéristiques (éléments anguleux faiblement déplacés, respectant même l'ancienne stratification des bancs calcaires ployés) (Figs. 1C2 et 2C) ;
- que les brèches, globalement grano- et strato-décroissantes, remanient leur substrat « infraliasique » carbonaté en éléments anguleux, enrobés dans une gangue argileuse souvent altérée ; elles résultent du démantèlement du mégaslump complexe dont elles affectent les charnières frontales préalablement éclatées (Fig. 1C) ;
- que les calcaires qui, sur la colline 1147, recouvrent en *onlap* ces brèches contiennent des annélides, des orbitolines et des rudistes, indiquant l'installation locale d'une plate-forme carbonatée à la fin de l'Aptien [9]. Nous considérons donc que ces accumulations bréchiques, qui ont, rappelons-le, livré quelques foraminifères, se sont mises en place sous une faible tranche d'eau, sur la bordure de cette plate-forme urgonienne en cours d'élaboration.

Nous n'avons ainsi, ni à Bosmendienette, ni d'ailleurs dans les autres affleurements bréchiques des Pyrénées occidentales [3,4,10], jamais observé les hémipélagites ou autres turbidites qui, selon Peybernès et al. [11,12] caractériseraient les dépôts d'un prétendu « sillon sélandien ». Nos observations s'accordent en revanche avec le schéma d'évolution géodynamique régionale impliquant, au Crétacé inférieur, la mise en place du diapir de Béloscare–Apoura [9]. Le Trias évaporitique bourrant cette structure, dite de « deuxième génération » [4], est largement porté à l'affleurement au sein des marnes albiennes, sur le versant nord des collines de Bosmendienette et visible en particulier dans le talus de la route de Lacarry [2].

Distinctes des microbrèches infraliasiques, les brèches de Bosmendienette résultent donc, selon notre interprétation et conformément à l'hypothèse halocinétique précédemment exposée [2,9] : (1) de l'éclatement de boucles de *slumps* élaborées lors de la phase éocrétacée de *collapse* de la couverture jurassique, érodée jusqu'à l'« Infralias » au droit du diapir de Béloscare–Apoura et (2) du remaniement in situ des éléments ainsi libérés lors de la phase de transgression aptienne.

5. Conclusion

Récemment tenues pour « sélandiennes », les brèches de Bosmendienette doivent, selon nos observations, être séparées en deux ensembles distincts. Les unes, méridionales, sont des microbrèches « infraliasiques » intercalées dans le tuf ophitique dit « Tuf de Dubar ». Les autres, septentrionales, sont aptiennes. Considérées par erreur comme accumulées au fond de canyons sous-marins intégrés dans un profond sillon est–ouest, « transpyrénéen », elles relèvent en fait de simples épandages recouvrant la bordure instable de la plate-forme urgonienne des Arbailles. Interprétées comme discordantes sur des plis fini-crétacés, elles résultent pour nous du démantèlement sur place de boucles de *slumps*, ici post-liasiques et anté-aptiens.

Les données de terrain s'accordent pour affirmer l'origine diapirique de ces dépôts. Les brèches se révèlent en effet étroitement liées à la mise en place de la structure halocinétique de Béloscare–Apoura, tenue pour responsable du glissement et de l'effondrement par *collapse* de la couverture « infraliasique » déstabilisée [2].

Dans ces conditions, contrairement à l'interprétation stratigraphique, structurale et géodynamique [11] que nous contestons, il n'existe actuellement aucune preuve de déformations plicatives fini-crétacées indiquant une compression nord–sud au droit de la marge continentale ibérique qui porte les accumulations bréchiques de type « Etchebar ». Établie au sud et à faible distance de Bosmendienette, dans le massif d'Igouze (Fig. 1), la « brèche monumentale d'Ibarrodoa » est une véritable accumulation attribuable, quant à elle, au Crétacé terminal (G. Winkler, thèse en cours, université de Toulouse) en raison de l'âge paléozoïque, triasique, cénonomanien, turonien et sénonien des éléments qu'elle remanie. Mais, selon l'interprétation

communément admise [6,7], cette formation est directement liée à la fracturation distensive fini-crétacée développée à l'articulation entre la Haute chaîne méridionale exhaussée et le bassin de flysch septentrional effondré. La structuration compressive régionale n'est ainsi, pour l'essentiel, déterminée à notre sens que plus tardivement, lors du déroulement des phases tectoniques tertiaires, dites « pyrénéennes ».

Remerciements

Les auteurs remercient vivement les participants à l'excursion AGSO sur les diapirs des Pyrénées occidentales pour leurs encouragements à rédiger la présente mise au point sur les brèches de Bosmendiette, ainsi que Madame B. Spiteri (EGID, université Bordeaux-3) pour la confection des lames minces utilisées dans ce travail.

Références

- [1] J. Canérot, Rifting éocrétaqué et halocinèse sur la marge ibérique des Pyrénées occidentales (France). Conséquences structurales, *Bull. Centres de Rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine* 13 (1) (1989) 87–99.
- [2] J. Canérot, Diapirs et diapirisme dans les Pyrénées occidentales, *Livret-guide d'excursion*, Assoc. Géol. Sud-Ouest, 2003 (en dépôt à la Soc. géol. France).
- [3] J. Canérot, J.-L. Lenoble, Le diapir du Lichançumedy (Pyrénées-Atlantiques), nouvel élément de la marge ibérique des Pyrénées occidentales, *C. R. Acad. Sci. Paris, série II* 308 (1989) 1467–1472.
- [4] J. Canérot, J.-L. Lenoble, Diapirisme sur une marge en distension, puis en décrochement. Exemple des Pyrénées occidentales françaises. *Livret-guide de l'excursion de l'Association des Sédimentologues Français*, 27–28 avril 1991, 98 p. (en dépôt à la Soc. géol. France).
- [5] J. Canérot, J.-L. Lenoble, Diapirisme crétaqué sur la marge ibérique des Pyrénées occidentales : exemple du pic de Lauriolle ; comparaisons avec l'Aquitaine, les Pyrénées centrales et orientales, *Bull. Soc. géol. France* 164 (1993) 719–726.
- [6] M. Casteras, Carte géologique de la France à 1:50 000, feuille Tardets–Sorholus, XIV-46, BRGM, 1969, avec notice, 16 p.
- [7] M. Casteras, Carte géologique de la France à 1:50 000, feuille Larrau, XIV-47, BRGM, 1971, avec notice, 16 p.
- [8] P. Fauré, Le Lias des Pyrénées, Thèse d'État, université Paul-Sabatier (Toulouse-3), 2 tomes, *Strata* 39 (2002) 1–750.
- [9] V. James, J. Canérot, Diapirisme et structuration post-triasique des Pyrénées occidentales et de l'Aquitaine méridionale (France), *Eclog. Geol. Helv.* 92 (1999) 63–72.
- [10] J.-L. Lenoble, J. Canérot, La lame extrusive de Pont-Suzon (zone Nord-Pyrénéenne) en vallée d'Aspe : une reprise pyrénéenne d'une ride diapirique transverse d'âge crétaqué, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. II* 314 (1991) 387–391.
- [11] B. Peybernès, M.-J. Fondecave-Wallez, P.-J. Combes, Découverte de Foraminifères planctoniques paléocènes dans les brèches, précédemment tenues pour aptiennes et d'origine diapirique, des Pyrénées basco-béarnaises, *C. R. Palevol* (2002) 3–10.
- [12] B. Peybernès, M.-J. Fondecave-Wallez, P.-J. Combes, Mise en évidence de brèches marines paléocènes discordantes sur l'axe orogénique crétaqué des Pyrénées, entre Garonne et Gave de Pau, *Bull. Soc. géol. France* 173 (2002) 523–532.