



HAL
open science

Sur l'origine karstique et l'âge plio-quadernaire des accumulations bréchiqes dites "brèches marines et paléocènes" d'Amélie-les-Bains (Pyrénées-Orientales, France)

Joseph Canerot, Bernard Laumonier, Thierry Baudin

► **To cite this version:**

Joseph Canerot, Bernard Laumonier, Thierry Baudin. Sur l'origine karstique et l'âge plio-quadernaire des accumulations bréchiqes dites "brèches marines et paléocènes" d'Amélie-les-Bains (Pyrénées-Orientales, France). *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 2006, 99 (1), pp.49-64. 10.1007/s00015-006-1175-z. hal-03753676

HAL Id: hal-03753676

<https://brgm.hal.science/hal-03753676>

Submitted on 18 Aug 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Sur l'origine karstique et l'âge plio-quaternaire des accumulations bréchiques dites «brèches marines et paléocènes» d'Amélie-les-Bains (Pyrénées-Orientales, France)

JOSEPH CANEROT¹, BERNARD LAUMONIER² & THIERRY BAUDIN³

Key words: Breccias, fracturing, karst, Paleocene, Plio-Quaternary, Amélie-les-Bains, Eastern Pyrenees, France
Mots clés: Brèches, fracturation, karst, Paléocène, Plio-Quaternaire, Amélie-les-Bains, Pyrénées-Orientales, France

ABSTRACT

The Amélie-les-Bains (Eastern Pyrenees) breccias, recently considered to be Paleocene deep marine deposits, are reinterpreted here as Plio-Quaternary karstic brecciated accumulations. The palaeontological, sedimentological and paleogeographical data proposed in favor of Paleocene age and marine conditions are unfounded. The sediments are found to be devoid of planctonic Foraminifera, a fact that casts doubts on the reliability of the forms supposedly recognized on thin sections of the breccia clasts and cement. The so-called “hemipelagites” and “megablocks” (olistostroma) related to a supposed tectonic sedimentation in palaeocanyon environments, actually correspond to thin or coarse bedded karstic infillings. The location of the breccias is not in favor of the creation of a trough at the emplacement of the present Tech valley; this would be incompatible with the indisputable post-Paleocene uplift tectonics in the Eastern Pyrenees. The brecciated deposits are closely linked to the carbonate substratum and absent above the surrounding silico-aluminous metasedimentary formations. They stretch along the present topographic surface of the valley flanks and rest upon the Pyrenean (Eocene) thrusts of the Amélie duplex.

This new interpretation, which follows previous observations, leads to reject the recent hypothesis involving the development of a “transpyrenean Paleocene trough” filled up with deep marine breccias, following a main “Late-Cretaceous folding phase” of the Pyrenean orogeny.

RESUME

Les brèches d'Amélie-les-Bains (Pyrénées-Orientales), récemment considérées comme marines et paléocènes, sont réinterprétées comme des accumulations bréchiques d'origine karstique et d'âge plio-quaternaire. Les arguments paléontologiques, sédimentologiques et paléogéographiques cités par les auteurs à l'appui de l'existence d'un bassin marin à brèches sont considérés comme dépourvus de tout fondement. Les microfaunes pélagiques n'ont pas été retrouvées. Les «hémipélagites» et «brèches à blocs» (olistostromes) indiquant la présence de canyons sous-marins syntectoniques sont respectivement considérées comme des remplissages karstiques fins ou grossiers. La répartition des affleurements n'est en outre pas compatible avec la mise en place d'une profonde cuvette sédimentaire sélandienne au droit de l'actuelle vallée du Tech, cuvette dont le développement occulterait tout exhaussement tectonique post-paléocène dans les Pyrénées orientales. Les dépôts bréchiques sont en réalité étroitement dépendants de leur substrat carbonaté et au contraire absents au-dessus des formations argilo-gréseuses et métamorphiques avoisinantes. Ils jalonnent la surface topographique sub-actuelle de la vallée, recoupant ainsi les structures chevauchantes pyrénéennes (éocènes) du duplex d'Amélie-les-Bains.

Cette nouvelle interprétation des brèches d'Amélie-les-Bains, jointe à de précédentes observations, conduit à rejeter les récentes hypothèses de la présence d'un «sillon sélandien marin, transpyrénéen, à brèches» et du développement d'une «phase plicative majeure», fini-crétacée, dans les Pyrénées.

Introduction

Plusieurs notes récentes (Peybernès 2002, 2004; Fondécave-Wallez & Peybernès 2002, 2003, 2004; Peybernès et al. 2001a, 2001b, 2001c, 2002a, 2002b, 2003a, 2003b, 2003c; Combes et al. 2003, 2004;) font état d'une accumulation de brèches marines paléocènes dans un «sillon E-W, transpyrénéen, s'étendant de la Méditerranée jusqu'à l'Atlantique». Large de plus de 50 km à l'Est, dans les Pyrénées orientales, où il intéresserait à la fois l'ancien rift crétaïc et ses marges nord (Zone Nord-Pyrénéen-

ne dans la nappe des Corbières) et sud (Zone Axiale), ce sillon se rétrécirait graduellement vers l'ouest, à l'approche du Pays Basque français et espagnol, pour ne plus recouvrir qu'en partie la seule marge méridionale de ce dispositif mésozoïque (Peybernès et al. 2001c, 2002a; Chantraine et al. 2003). L'âge paléocène (Danien supérieur et Sélandien inférieur) de ces brèches serait attesté par la présence en abondance, dans les 35 sites reconnus (Fondécave-Wallez & Peybernès 2003), d'une microfaune pélagique groupant plus de 20 espèces de

¹ 37, avenue de Cousse, 31750 Escalquens, France. E-mail: jcanerot@free.fr

² École des Mines de Nancy, Département des Sciences de la Terre, LAEGO-Mines, 54042 Nancy, France. E-mail: Bernard.Laumonier@mines.inpl-nancy.fr

³ BRGM, 3 avenue C. Guillemin, 45060 Orléans Cedex 2, France. E-mail: t.baudin@brgm.fr

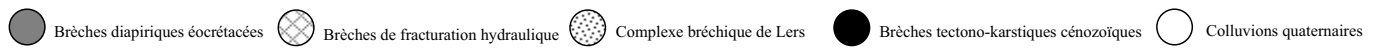
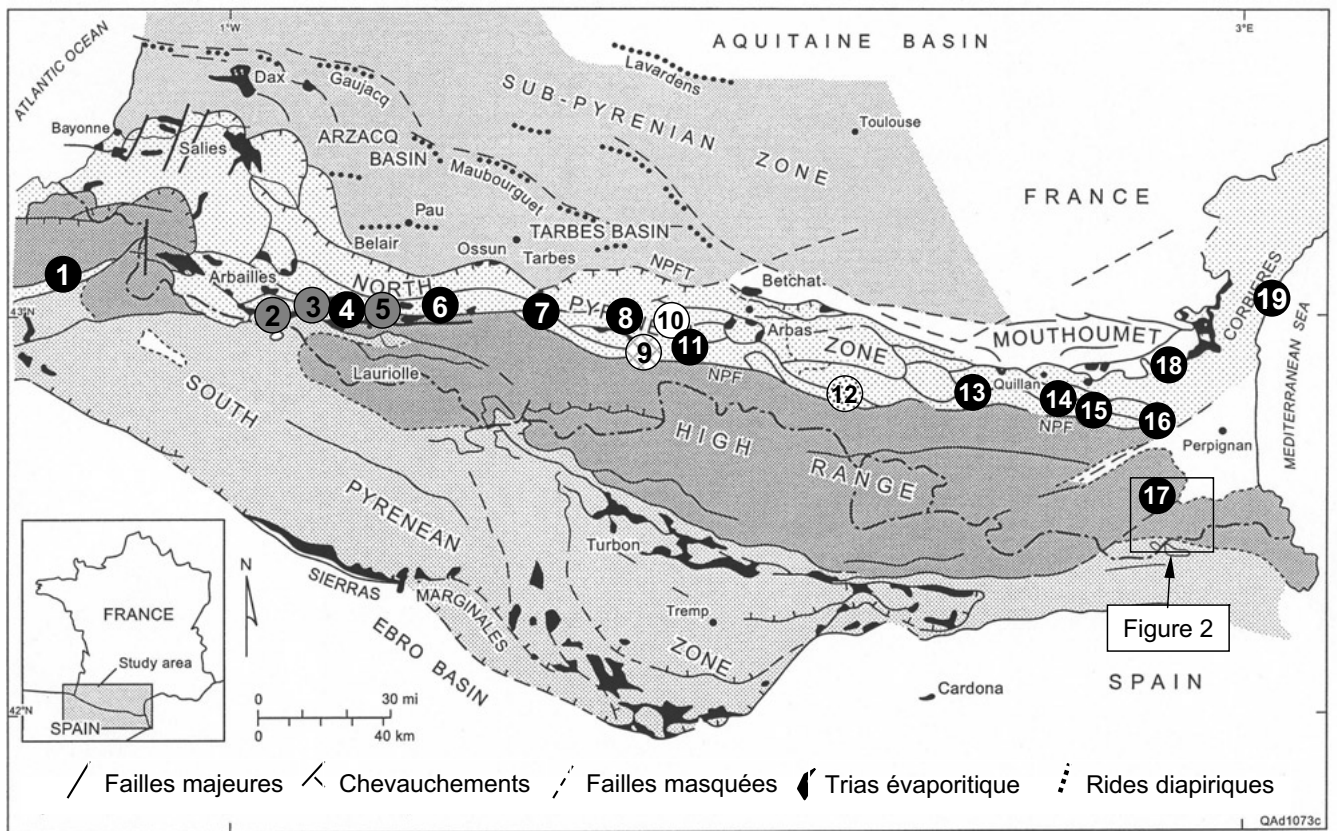


Fig. 1. Carte de localisation et interprétation des sites pyrénéens à brèches (Canérot et al. 2004b).

Globigérinidés, d'Hedbergellidés, de Truncorotalidés, de Guembelitridés et de Chiloguembelinidés. Des figures de glissement (slumps), des turbidites et des hémipélagites y témoigneraient d'environnements de pentes et de canyons sous-marins profonds, élaborés en régime tectonique extensif. Brèches, turbidites et hémipélagites seraient partout discordantes sur des plis relevant d'une phase de serrage fini-crétacée, considérée par les auteurs comme le stade de compression pyrénéenne majeure. Elles auraient cependant, à l'Éocène, subi un métamorphisme associé à une nouvelle phase de compression pllicative.

Nous avons montré (Canérot et al. 2004a) qu'en Pays Basque français, notamment à Bosmendiette (Fig. 1, site 2), ces brèches dites «*marines profondes et paléocènes*» étaient en réalité d'origine diapirique et d'âge crétacé inférieur. Une récente analyse des affleurements jalonnant le prétendu «*sillon marin transpyrénéen paléocène*» (Fig. 1, sites 1 à 19) a par ailleurs conduit à l'identification d'au moins 4 types de brèches (Canérot et al. 2004b):

1 – des brèches diapiriques éocénocènes dans les chaînons de Béloscaire-Bosmendiette (site 2) du Lichançumendy (site 3) et du Pic de Lauriolle (site 5) dans les Pyrénées-

Atlantiques ou dans le secteur du col d'Agnes (site 12), en Ariège;

- 2 – des brèches de fracturation hydraulique profonde, crétaées, dans les chaînons de Saint-Béat (site 9) en Haute-Garonne, de Lers et du col d'Agnes (site 12) en Ariège;
- 3 – des brèches de fracturation/karstification cénozoïques, syn, tardi et post-pyrénéennes, dans les chaînons du Layens (site 4) dans les Pyrénées-Atlantiques, de Lourdes-Pibeste (site 6) et Médous-Asté (site 7), dans les Hautes-Pyrénées, de Bramevaque (site 8) et Gerde-Boutx (site 11) en Haute-Garonne, de Comus (site 13), Nentilla (site 14) et Sainte-Colombe-sur-Guette (site 15) ou dans la nappe des Corbières orientales, au Cap Romarin (site 19), dans l'Aude, enfin de Baixas (site 16) et d'Amélie-les-Bains (site 17), dans les Pyrénées-Orientales. C'est à cette même catégorie qu'ont été rattachées les brèches faiblement métamorphosées de la «nappe des marbres» (site 1), en Navarre espagnole ou celles du secteur de Cucugnan (site 18, Bilotte et Canérot, 2006);
- 4 – enfin, des colluvions quaternaires dans la vallée du Job (site 10), en Haute-Garonne.

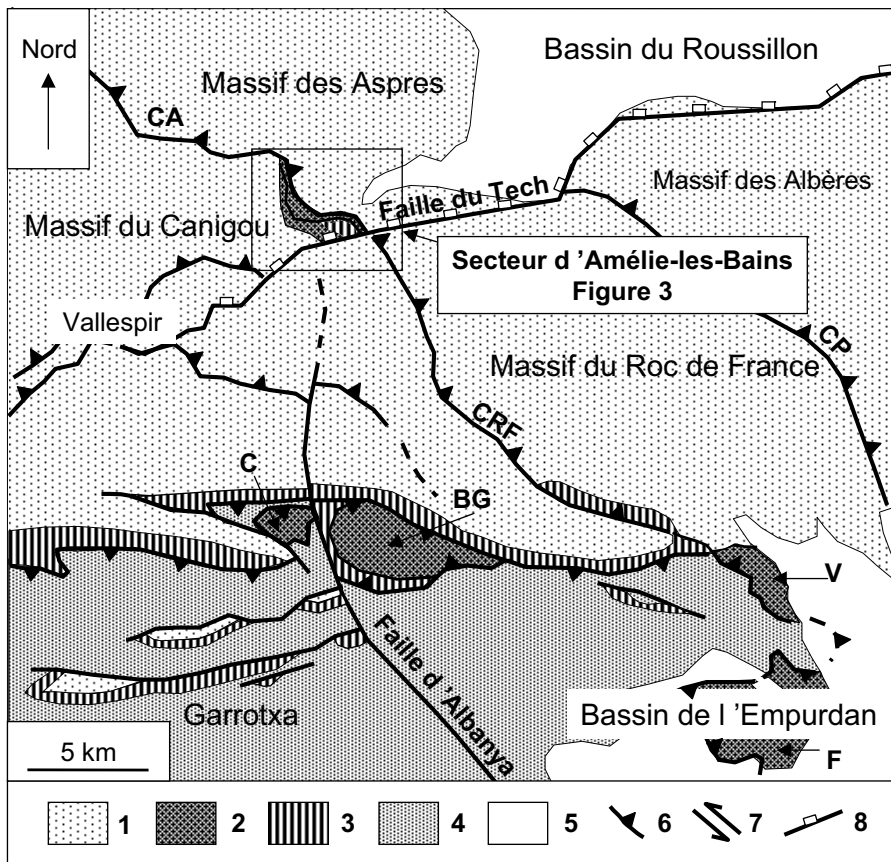


Fig. 2. Carte géologique simplifiée de la Haute Chaîne Pyrénéenne dans la région d'Amélie-les-Bains (Pyrénées-Orientales). On note que tant dans le duplex d'Amélie que dans les klippes de Coustouge (C) et de Bac Grillera (BG), les chevauchements recoupent un Garumnien d'âge maastrichtien à Thanétien. Ils ne peuvent donc relever d'une tectonique fini-crétacée (Combes et al., 2003). 1. Socle cambrien. 2. Mésozoïque. 3. Garumnien. 4. Tertiaire post-garumnien. 5. Quaternaire. 6. Chevauchements. 7. Décrochements. 8. Faille récente du Tech.

Le ciment de ces brèches s'est partout révélé azoïque. Les éléments, issus d'un substrat proche, peuvent renfermer quant à eux, différents microfossiles permettant de les rattacher essentiellement au Jurassique et au Crétacé inférieur. Aucun des affleurements étudiés n'a révélé la présence ni de turbidites, ni d'hémipélagites.

Ces données ont conduit à remettre en cause (Canérot et al. 2004b) à la fois l'âge paléocène des brèches, leur origine marine, l'existence du sillon extensif transpyrénéen et l'importance majeure de la phase plicative fini-crétacée. Traduisant la grande diversité des formations bréchiques analysées, elles ont aussi permis de situer les phases de bréchification dans un processus d'évolution structurale et géodynamique long et complexe, précédant, accompagnant puis faisant suite à la tectogenèse pyrénéenne majeure (éocène) de la chaîne.

Le présent travail est consacré à la présentation et à l'interprétation du seul site d'Amélie-les-Bains, dans les Pyrénées-Orientales (Fig. 1, site 17, Figs. 2 et 3). Nous situerons tout d'abord les brèches dans leur cadre géologique local. Nous développerons ensuite l'argumentation qui nous conduit à rejeter les interprétations de Peybernès (2004), de Fondcave-Wallez & Peybernès (2003) et de Combes et al. (2003) et à proposer une origine karstique et un âge plio-quadernaire pour ces accumulations bréchiques.

Cadre géologique

Aux environs d'Amélie-les-Bains, la vallée du Tech recoupe, du SW au NE, trois unités structurales alpines majeures, à vergence SSW affirmée (Castéras & Auriol 1958; Autran et al. 1958; Papa 1984; Laumonier 1987; Laumonier & Autran 2001) et qui affectent le seul témoin de la couverture alpine de la Zone Axiale orientale («Bassin d'Amélie-les-Bains» des auteurs). Ce sont, de bas en haut (Figs. 2 et 3):

- au Sud, l'unité d'Amélie, qui appartient à la nappe du Canigou; la couverture alpine, comprend le (Permo-)Trias argilo-gréso-conglomératique, le Trias calcaire et dolomitique («Muschelkalk») puis argileux et gypseux («Keuper»), le Crétacé supérieur (Campano-Maastrichtien) marneux et marno-calcaire à rudistes et le Garumnien (Maastrichtien terminal à Vitrollien) argilo-gréseux; elle repose en discordance sur le socle hercynien composé des schistes et marbres de la série fini-précambrienne (Vendien) de Canaveilles (Laumonier et al., 2004) et de granites fini-carbonifères;
- en partie centrale, les écaïlles de Montbolo, composées pour l'essentiel de matériel triasique (gréso-pélites du (Permo-)Trias, calcaires, dolomies et marnes du Muschelkalk); le chevauchement de Montbolo les superpose au

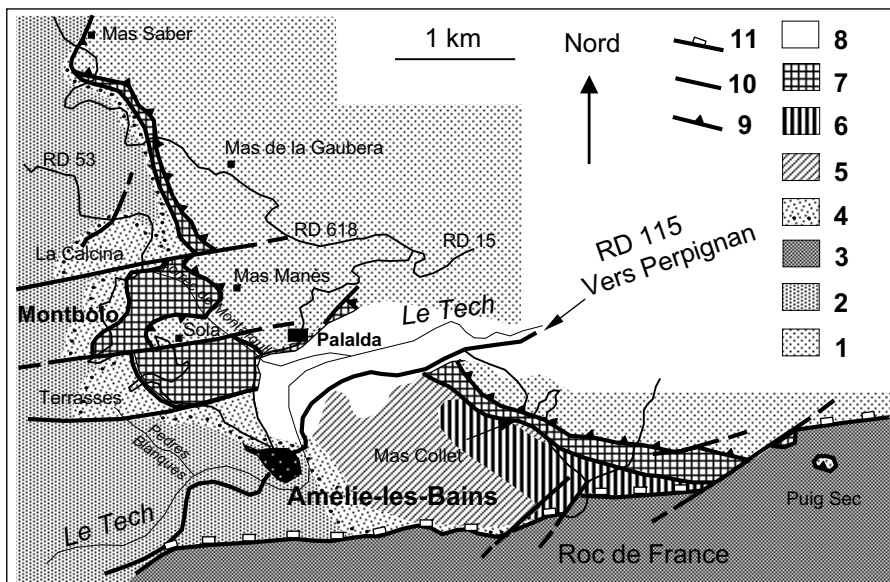


Fig. 3. Carte géologique détaillée du duplex d'Amélie-les-Bains. 1. Nappe des Aspres (marbres et schistes cambriens). 2. Socle cambrien du Canigou. 3. Socle cambrien du Roc de France. 4-6. Couverture du socle du Canigou (4: Permien et Trias; 5: Crétacé supérieur; 6: Garumnien). 7. Ecailles de Montbolo (Permien et Trias). 8. Quaternaire. 9. Chevauchement de la nappe des Aspres. 10. Chevauchement de Montbolo. 11. Faille récente du Tech.

Trias (rive gauche du Tech) ou au Crétacé supérieur et au Garumnien (rive droite) de l'unité précédente;

- enfin, au Nord, la nappe des Aspres; le chevauchement des Aspres (anciennement, chevauchement d'Amélie-les-Bains) fait reposer les schistes, calcschistes et marbres de la série de Canaveilles sur le Trias des écailles de Montbolo («nappe du Mas Manès») et, vers le Nord-Ouest, directement sur le socle de l'unité du Canigou.

Vers le SE, l'unité d'Amélie présente, au niveau du Crétacé supérieur, une structure synclinale d'axe N100-110 environ, d'où le nom de «synclinal d'Amélie-les-Bains» classiquement donné à l'ensemble de la structure. Mais l'essentiel de la structuration résulte d'une tectonique chevauchante synchrone à postérieure à la tectonique plicative et à l'origine d'une structure en duplex caractéristique (duplex d'Amélie-les-Bains), particulièrement développée en rive gauche du Tech au niveau des écailles de Montbolo. Cette organisation structurale montre l'existence, dans la Zone Axiale orientale, d'une importante phase de raccourcissement NNE-SSW post-garumnienne. La plupart des auteurs (Aschauer 1934; Estévez 1968; Papa 1984; Martinez et al. 1989) s'accordent à associer le chevauchement des Aspres à certaines unités allochtones du versant Sud des Pyrénées (Zone Sud-Pyrénéenne), les klippen de Coustouges et de Bac-Grillera notamment (Fig. 2), dont la mise en place s'est effectuée, vraisemblablement, au Cuisien supérieur et au Lutétien inférieur. Dans ce modèle, les déformations fini-crétacées sont minimales, seulement notables dans les domaines plus septentrionaux (Freytet 1970; Plaziat 1984).

Les brèches sont présentes sur chacune des trois unités tectoniques. Conformément à la cartographie proposée par Combes et al. (2003), la route du Mas Collet, à l'Est d'Amélie-les-Bains, et celles de Palalda (RD 618) et de Montbolo (RD

53 ou 57 *in* Combes *et al.*), établies sur le versant occidental de la vallée du Tech, permettent l'étude de ces roches dans de bonnes conditions d'affleurement (Fig. 4).

Les brèches d'Amélie-les-Bains: nouvelles observations

Après étude de chacun des affleurements décrits ou cités par Peybernès (2004), Fondecave-Wallez & Peybernès (2003) et Combes *et al.* (2003), notre interprétation des brèches d'Amélie-les-Bains est radicalement différente de celle qui a été proposée par ces auteurs. Les éléments majeurs de désaccord portent à la fois sur la nature, sur l'âge, sur les conditions de genèse des brèches et par voie de conséquence, sur leur place dans l'évolution structurale et géodynamique de la chaîne pyrénéenne.

1 - Nature des brèches

Selon Fondecave-Wallez & Peybernès (2003) et Combes *et al.* (2003), les brèches d'Amélie-les-Bains peuvent être subdivisées en 3 groupes de faciès en tenant compte du «*substratum sur lequel elles reposent dans la majorité des cas*»: 1) faciès de type 1: brèches rubéfiées vacuolaires (BRV) et rares hémipélagites remplissant des poches sur les marbres ou formant des placages sur les schistes de la série de Canaveilles; 2) faciès de type 2: brèches chaotiques qui cimentent les blocs de marbre de la «nappe du Mas Manès», interprétée comme un olistostrome; les hémipélagites ne sont, ici encore, que peu abondantes; 3) faciès de type 3: brèches polygéniques et hémipélagites organisées en séquences granodécroissantes métriques à plurimétriques, emplissant des cavités paléokarstiques dans le Trias carbonaté.

Pour nous, il n'existe pas 3 types de brèches mais toute une série de types qui traduisent partout et selon des degrés divers,

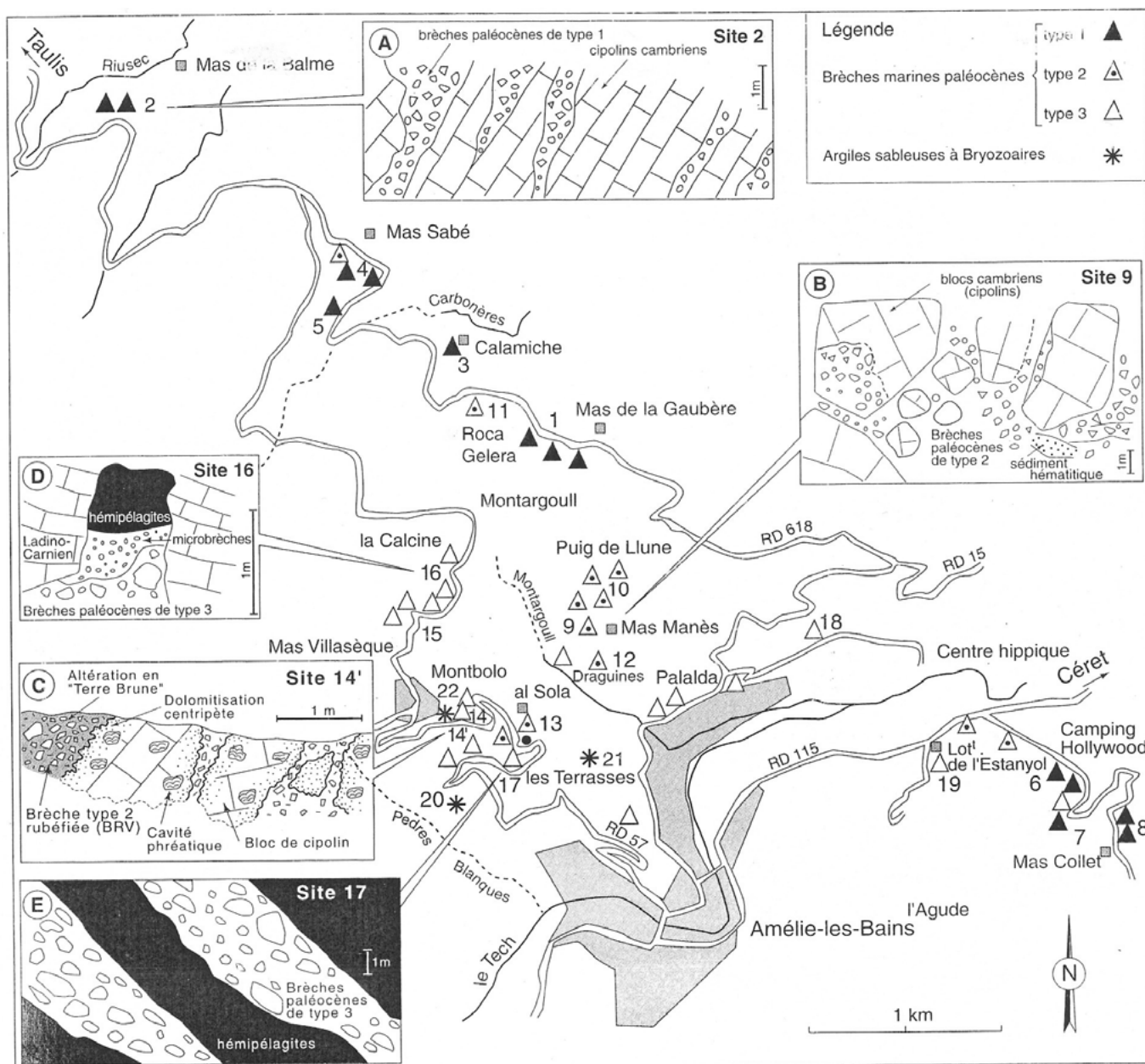


Fig. 4. Carte de localisation des principaux sites à «brèches et hémipelagites» paléocènes du synclinal d'Amélie-les-Bains (d'après Combes et al., 2003).

une longue évolution comportant deux étapes essentielles successives bien distinctes: a) une fracturation tectonique «pyrénéenne» et b) une karstification beaucoup plus récente, probablement plio-quaternaire.

a – La fracturation

Ce phénomène affecte à des degrés divers les trois unités structurales reconnues (Planche 1). Elle est néanmoins particulièrement développée au sein des matériaux triasiques carbonatés, finement stratifiés, des écaillés de Montbolo. La route RD 53

(Fig. 3) qui, d'Amélie-les-Bains, mène au hameau de Montbolo, permet d'observer à diverses reprises les stades qui conduisent de séries stratifiées à de véritables cataclastes à ciment calcitique. De telles brèches, monogéniques, à éléments anguleux centimétriques mal «classés» et systématiquement associées à des failles, présentent une extension réduite. Elles sont manifestement associées à la tectonique pyrénéenne.

Cette fracturation n'a pas été prise en compte dans l'interprétation génétique des brèches d'Amélie-Les-Bains, proposée par Combes et al. (2003). Nous pensons quant à nous qu'elle a largement favorisé le développement ultérieur des ac-

cumulations bréchiques en milieu karstique. C'est en effet à la faveur des failles que se sont effectuées de manière préférentielle les circulations d'eaux conduisant à l'élaboration par dissolution des poches à remplissage bréchique. De plus, la dislocation mécanique des bancs calcaires finement lités s'est traduite par leur découpage en éléments de dimension réduite. Les clastes ainsi formés ont pu aisément se détacher de la masse rocheuse et participer au comblement des excavations nouvellement ménagées par karstification. La falaise dolomitique dominant le bourg de Palalda montre cette étroite relation entre fracturation tectonique et karstification (Planche I-2). Mais il convient de noter que la plupart des affleurements, établis en bordure de route, n'offrent qu'une vision partielle du phénomène de bréchification, avec prédominance du processus de karstification superficielle sur celui de fracturation profonde.

b – La karstification

Dans la totalité des sites décrits par Combes et al. (2003), tant au niveau des marbres appartenant à la nappe des Aspres (sites 1 à 5) qu'au droit des affleurements calcaires et dolomitiques triasiques (sites 6 à 22) plus méridionaux, les brèches présentent les effets d'une évolution karstique plus ou moins poussée, tant en milieu aérien que souterrain.

La structure et l'organisation d'ensemble de ces dépôts karstiques peuvent être dégagées à partir de l'observation et de la description de 5 secteurs (Fig. 4) groupant des sites étudiés et illustrés par Combes et al. (2003):

- *Secteur 1 (sites 2 et 4)*. Dans le talus méridional de la RD 618, les marbres de la série de Canaveilles présentent fréquemment, notamment aux abords du Mas de la Balme (Fig. 4-A), de multiples fissures étroites, isolées (Planche II-1) ou coalescentes (Planche II-2), emplies d'argiles brunes ou jaunâtres à éléments carbonatés centimétriques ou décimétriques (Planche II-3). Ces remplissages caractérisent les «*brèches rubéfiées vacuolaires*» de type 1 de Combes et al. (2003). Pour ces auteurs, de tels matériaux résulteraient de l'altération, avec rubéfaction, d'un ancien sédiment marin paléocène. Nous confirmons cette étape d'altération qui, pour nous, illustre la karstification récente et superficielle des marbres. Le processus, parfois lié à la fracturation (Planche II-4 et II-6), peut conduire à la formation de véritables poches plurimétriques (Planche I-5). Nous n'y avons en revanche jamais observé la stratification fruste, subhorizontale signalée par Combes et al. (2003), ni retrouvé les microfaunes pélagiques permettant l'attribution du «*sédiment originel*» au Paléocène.
- *Secteur 2 (sites 9 et 10)*. Les affleurements situés dans les environs du Mas Manès (ou «*El Maner = le Minier*» en catalan) présentent, selon Peybernès (2004) et Combes et al. (2003), le faciès des brèches de type 2 qui cimenteraient des blocs de marbre appartenant à la «*nappe du Mas Manès*» (Fig. 4 B). Ces sédiments, très grossiers, constitueraient ainsi un «*olistostrome déposé en milieu marin, de ma-*

nière discordante, sur le Trias, au SW de la faille d'Amélie». La matrice contiendrait des foraminifères attestant l'âge sélandien des dépôts. Nos propres observations nous conduisent à une interprétation totalement différente. Pour nous, les «*brèches du Mas Manès*» font partie d'un chaos de blocs cambriens qui tapisse le versant méridional du Puig de Llune et atteint Palalda au Sud Est (Fig. 3). Il résulterait, vers l'amont de cet ensemble, du morcellement d'un horizon carbonaté double, minéralisé, disposé en dalle structurale, prédécoupé par un réseau karstique dense guidé par la structure minéralisée (comme cela est bien visible entre le mas et le Puig de Llunes, où la dislocation est minimale), et glissé sur le versant. Selon Monsieur Lopez, propriétaire des gîtes ruraux du Mas Manès, des expériences de coloration ont prouvé la connexion entre des écoulements souterrains repérés dans les anciennes galeries minières du Puig de Llunes et la fontaine qui alimente l'ancien lavoir du village de Palalda, attestant ainsi le caractère karstique de ces accumulations superficielles grossières. Des éboulis à éléments hétérométriques (Planche III-3) parfois associés à des dépôts stratifiés subhorizontaux (Planche III-4) témoignent de l'âge très récent, largement post-tectonique, de ces dépôts qui, selon notre interprétation, participent de l'évolution karstique du secteur des écaillles de Montbolo.

- *Secteur 3 (sites 14 et 14')*. A l'Est, dans la zone des écaillles de Montbolo, le talus de la RD 53 montre clairement l'évolution latérale d'un lit argilo-marneux jaunâtre intercalé dans la série triasique, essentiellement calcaire et dolomitique, qui affleure dans la zone des écaillles de Montbolo. Cet horizon, localement décalé par faille (Planche III-5), passe soudainement à un amas bréchique masquant partiellement un petit couloir de faille. Les accidents ont manifestement joué le rôle de drain permettant l'élimination partielle des argiles qui constituent le liant des brèches (Planche III-6). Latéralement et à quelques mètres à peine, se développe une poche karstique emplies de brèche rubéfiée décrite par Combes et al. (2003) comme brèche sélandienne de type 2 (Fig. 4-C). Pour nous, les sites ici considérés illustrent toujours le même phénomène de karstification avec développement *in situ* de poches associant les calcaires (éléments) et les argiles (liant) du Muschelkalk.
- *Secteur 4 (sites 15 et 16)*. Au Nord et à faible distance de Montbolo, sur le talus de la même route départementale 53, les calcaires et marnes du Muschelkalk sont en plusieurs points recouverts d'amas bréchiques très généralement disposés en poches, illustrant le faciès des brèches de type 3 de Combes et al. (2003). Ces poches peuvent être métriques (Planche IV-4) ou plurimétriques et composées de brèches polygéniques à éléments calcaires ou dolomitiques triasiques et liant argileux jaunâtre peu développé (Planche IV-2), ou d'une alternance de passées bréchiques et d'horizons argileux (Planche IV-1). En bordure de certaines zones d'accumulation (Planche IV-3), de petites failles à jeu normal décalent les bancs calcaires et marneux,

soulignant la présence d'effondrements contemporains de la karstification. Le site 16 présente des excavations et conduits tapissés de voiles calcitiques et partiellement remplis de microbrèches ou de limons argileux qui ne correspondent en rien à des faciès hémipélagiques décrits en cet endroit par Combes et al. (2003 et Fig. 4-D). Ces mêmes spéléothèmes sont présents dans les remplissages endokarstiques de plusieurs poches des sites 15 (Planche IV-6) et 16 (Planche IV-5) où ils épousent fidèlement les irrégularités des parois. Conformément à la description de Combes et al. (2003), ils sont localement accompagnés de lits calcitiques ou limoneux, microbréchiques centimétriques, sub-horizontaux, au sein desquels nous n'avons cependant pas retrouvé les foraminifères planctoniques sélandiens cités par ces auteurs. De tels dépôts, qui montrent presque systématiquement un remplissage horizontal en dépit de l'inclinaison variable de la stratification, soulignent selon nous, cette fois encore, le fonctionnement très récent du karst d'Amélie-les-Bains.

- *Secteur 5 (sites 17 et 20)*. Au Sud de Montbolo, la RD 53 recoupe plusieurs poches karstiques montrant dans de très bonnes conditions d'affleurement la structure interne des remplissages bréchiques. Les matériaux rapportés aux brèches de type 3 (liées au substrat triasique carbonaté) par Combes et al. (2003) peuvent être massifs (Planche V-5) ou au contraire «stratifiés» (Planche V-4), relativement bien classés ou au contraire désordonnés, certains éléments atteignant même une taille métrique (Planche V-2). L'alternance «*hémipélagites/brèches*» paléocène représentant le faciès des brèches de type 3 de Combes et al. (2003 et Fig. 4E) correspond, selon nous, à une succession rythmée d'amas de brèches massives et de niveaux argilo-marneux (Planche V-1) représentant respectivement des phases à forte et faible activité karstique. Dans la plupart des cas, les accumulations bréchiques sont monogéniques, leurs éléments, anguleux, provenant du substrat triasique proche (Planche V-5). Des accumulations catastrophiques à gros blocs traduisent des effondrements locaux avec soutirage des marnes et argiles (Planche V-3). De telles structures sont également perceptibles dans d'autres sites non décrits ici, tels ceux qui jalonnent la route du Mas Collet, à l'est d'Amélie-les-Bains (Fig. 4). Localement, par exemple sur le site 20 (Planche V-6), le colluvionnement récent occulte presque entièrement la structure en poche du remplissage karstique.

2 – Age des accumulations bréchiques

La matrice des brèches de types 1, 2 et 3 et les «*hémipélagites*» associées auraient livré, selon Fondecave-Wallez & Peybernès, (2003) et Combes et al. (2003), de nombreux foraminifères pélagiques dont *Eoglobigerina spiralis*, *Globanomalina gr. Compressa-ehrenbergi*, *Globanomalina imitata*, *Igorina gr. Pusilla-tadjikistanensis*, *Parasubbotina pseudobulloides*, *P. varianta* et *Subbotina triangularis*, qui permettraient leur attri-

bution à un Danien supérieur-Sélandien inférieur, correspondant à la période P1c-P3 (62,5-59,2 Ma) du standard d'Olsson et al. (1999).

Dans leur travail, Combes et al. (2003) ne figurent pas les microfaunes reconnues dans les divers affleurements bréchiques d'Amélie-les-Bains. Ces microfossiles ne sont pas non plus illustrés dans la note de Fondecave-Wallez & Peybernès (2003) relative à la biostratigraphie des brèches pyrénéennes dans leur ensemble. Nous avons pour notre part lavé une dizaine d'échantillons de brèches à liant argileux qui se sont tous révélés azoïques. Nous pouvons par ailleurs indiquer que 4 échantillons prélevés dans les «*hémipélagites*» réputées fossilifères de la Nappe des Marbres, en Navarre espagnole (site 1, Fig. 1 de Peybernès et al., 2003c), ont été, eux aussi, dépourvus de tout reste micropaléontologique (Bernaola, com. pers., 2005). Ce résultat vient en contradiction avec les vraies hémipélagites paléocènes qui sont très répandues dans les Pyrénées occidentales et qui contiennent toujours une riche association de foraminifères planctoniques et de nanofossiles (Orue-Etxebarria et al., 2004). Fondecave-Wallez & Peybernès (2003) ont publié des microphotographies de foraminifères «*paléocènes*» fournis par divers sites à brèches répartis sur l'ensemble des Pyrénées. Ces microfossiles correspondent manifestement à des formes incluses dans les éléments calcaires plus ou moins largement cristallisés des brèches. Leur détermination se révèle selon nous très délicate, voire impossible. Dès lors, seule la figuration de formes dégagées, recueillies dans le seul liant argileux de ces sédiments détritiques et convenablement conservées, peut à notre sens être prise en compte pour la détermination de l'âge de ces brèches.

Le Paléocène du bassin ouest-pyrénéen contient, certes, des intercalations bréchiques au sein des «*calcaires conglomérés*» qui bordent la fosse du flysch basque (Plaziat 1975). Mais ces sédiments, associés à des turbidites, ne remanient que des foraminifères benthiques (discocyclines, operculines) et des algues calcaires (rhodophycées), totalement absents dans les listes citées par Fondecave-Wallez & Peybernès (2003) à l'appui de leurs attributions stratigraphiques.

Ainsi, en l'absence de tout repère paléontologique fiable, et dans l'attente de la publication et de l'illustration de formes dégagées issues du ciment argileux des brèches, l'âge de ces dépôts ne peut, selon nous, être proposé qu'à partir d'arguments structuraux et géométriques. Les accumulations bréchiques sont, nous l'avons vu, établies sur les formations carbonatées vendiennes ou triasiques, appartenant aux trois unités impliquées dans le duplex d'Amélie-les-Bains. Elles sont donc postérieures à la mise en place de ces structures qui relèvent de la tectonique compressive pyrénéenne, éocène. Leur relation fréquente avec la fracturation qui accompagne cette structuration confirme cette appréciation chronostratigraphique. Leur position superficielle et leur répartition, conforme à la morphologie des deux versants actuels de la vallée du Tech, permettent de considérer que ces accumulations sont très récentes, vraisemblablement plio-quaternaires, et n'ont donc pas de rapport direct avec la tectonique éocène.

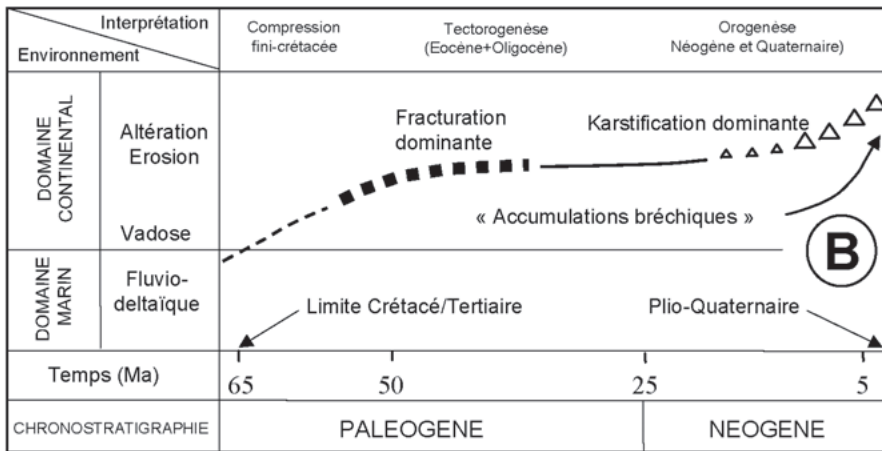
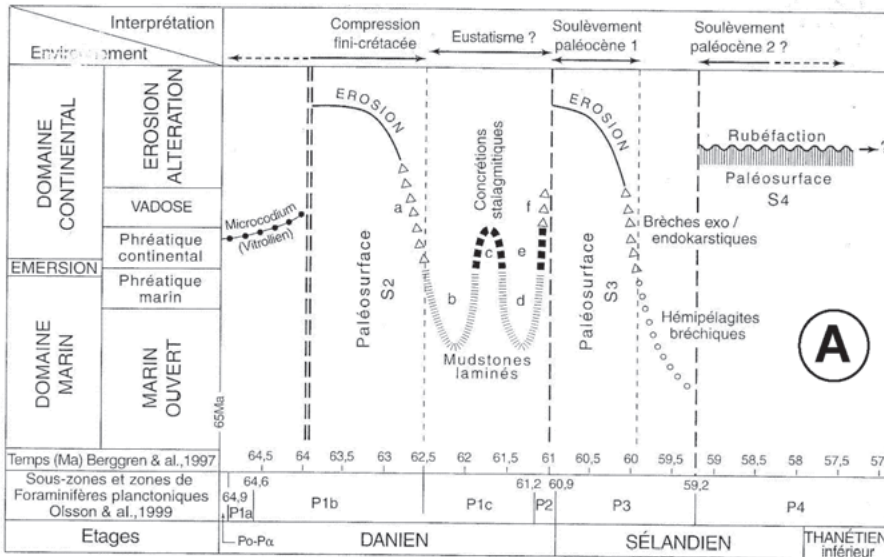


Fig. 5. Chronodiagrammes comparatifs des événements de dépôt des brèches et accumulations bréchiques dans le secteur d'Amélie-les-Bains. A. (d'après Combes et al. 2003): brèches marines et hémipélagites paléocènes et paléosurfaces d'érosion-karstification associées. B. (présent travail): accumulations bréchiques karstiques, plio-quaternaires, faisant suite à une phase de fracturation pyrénéenne, paléogène.

3 – Origine des accumulations et place dans l'évolution géodynamique régionale

Pour Combes et al. (2003, Fig. 5A), les brèches d'Amélie-les-Bains se seraient formées durant un intervalle de 5 Ma d'années environ, englobant la fin du Danien et le début du Sélandien. Leur histoire géologique, particulièrement complexe, comprendrait quatre étapes essentielles:

- 1 – (64-62,5 Ma): compression fini-crétacée, création de reliefs, formation du synclinal d'Amélie-les-Bains et ablation d'une partie, sinon de la totalité de la couverture vitrollienne, néocrétacée et triasique; création de la surface d'érosion-karstification S2.
- 2 – (62,5-61 Ma): transgression marine et accumulation de brèches sédimentaires et d'hémipélagites à foraminifères pélagiques dans des canyons ménagés sur le Trias plissé; des émerSIONS épisodiques permettent le dépôt de concrétions stalagmitiques locales.

- 3 – (61-60 Ma): nouvelle phase de compression, de soulèvement et de plissement; création de la surface d'érosion-karstification S3.
- 4 – (60- 59,2 Ma): nouvelle transgression marine avec accumulation de mégablocs de marbre et d'hémipélagites dans un environnement de dépôt «qui s'apparente très probablement à un fan delta de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur», alimenté par les reliefs septentrionaux.
- 5 – (< 59,2 Ma): émerSION définitive, rubéfaction des sédiments bréchiques précédents et de leur substrat triasique ou cambrien; élaboration de la surface d'érosion-karstification S4.

L'analyse des mêmes affleurements bréchiques nous amène à des conclusions tout à fait différentes et beaucoup plus simples (Fig. 5B).

En premier lieu, le modèle tectono-sédimentaire dano-sélandien présenté par Combes et al. (2003) conduit à une aberration tectonique de première importance qui se heurte à

toutes les données structurales et sédimentaires acquises sur la Zone Sud-Pyrénéenne, lieu d'empilement des différentes nappes synsédimentaires d'âge fini-paléocène et éocène. Ainsi, d'après ce modèle, le chevauchement des Aspres et, indirectement, celui du Canigou, seraient scellés par les derniers dépôts (olistostrome) et dernières surfaces d'érosion sélandiennes. En réalité, ces chevauchements, qui trouvent leur émergence dans les nappes sud-pyrénéennes de Coustouges, de Bac-Grillera (Fig. 2), de Viure et du Cádi, affectent les formations ilderiennes et sont donc nécessairement, pour l'essentiel, post-paléocènes.

Par ailleurs, à une dizaine de kilomètres au Sud d'Amélie-les-Bains, les dépôts continentaux garummiens, d'âge paléocène, reposent directement sur le socle et passent progressivement vers le haut aux marnes marines ilderiennes (Yprésien inférieur) de plate-forme ouverte de la Formation de Sagnari. Ces dépôts attestent de la formation d'un bassin flexural d'avant-pays qui va à son tour s'intégrer au prisme orogénique dès le Cuisien (Yprésien supérieur). À Amélie-les-Bains, la série paléogène est manifestement incomplète, la partie haute étant supprimée par les chevauchements; il est en effet très vraisemblable que le bassin marin ilderien se soit étendu jusque là.

De plus, rien n'indique que le Garummiens d'Amélie-les-Bains ne représente pas la totalité du Paléocène, comme ailleurs dans les Pyrénées méridionales, et pas seulement le Danien comme l'impliquerait le modèle de Combes et al. (2003). Le faible déplacement attribuable au chevauchement de Montbolo rend de toute manière très improbable la coexistence, au Sélandien, d'un bassin franchement continental dans l'unité d'Amélie et d'un bassin marin profond dans les écaïlles de Montbolo.

Pour nous, les brèches sont d'origine tectonique et, surtout, karstique. Les serrages pyrénéens conduisant à l'empilement des unités qui composent le duplex d'Amélie-les-Bains ont, à l'Eocène, induit la fracturation mécanique des marbres vendiens et des calcaires et dolomies du Muschelkalk. Cette fracturation a été favorisée par le caractère généralement bien stratifié des assises impliquées, notamment celles du Trias. Dans la plupart des cas, la dislocation purement mécanique des bancs est partiellement ou totalement occultée par la karstification ultérieure. Nous avons néanmoins observé quelques affleurements, notamment au Sud de Montbolo, dans lesquels apparaissent des cataclastes très fraîches et dépourvues de toute influence karstique.

À cette bréchification par fracturation tectonique (cataclase) s'ajoute donc très généralement le phénomène de karstification qui conduit à l'élaboration des poches et à leur remplissage par les véritables «accumulations bréchiques». Les transformations endo- ou exokarstiques peuvent être plus ou moins poussées, les brèches résultantes étant mono- ou polygéniques. Nos observations confirment ainsi celles de Combes et al. (2003) en ce qui concerne la prise en compte des effets de l'altération dans l'élaboration des accumulations bréchiques d'Amélie-les-Bains. Elles nous amènent en revanche à rejeter l'origine marine de ces sédiments et l'interprétation des

«brèches du Mas Manès» comme «puissant remplissage del-taïque» associant niveaux à blocs et hémipélagites dans un «bassin fortement subsident»; il s'agit plutôt du morcellement, dû à un glissement de versant, de barres carbonatées selon un découpage karstique intense, chacun des blocs montrant alors des placages bréchiques qui pourraient évoquer la matrice d'un olistostrome alors qu'il ne s'agit en fait que des parois résiduelles d'un remplissage karstique.

La faible épaisseur des brèches, souvent réduites à l'état de placages et surtout leur absence au droit des schistes de Canaveilles, des grès (permo-)triasiques, et des marnes, argiles et grès néocrétacés affleurant sur les deux versants de la vallée du Tech, ne s'accordent pas avec le développement d'un «bassin paléocène». Les «hémipélagites argileuses» décrites par Combes et al. (2003) comme remplissages de poches (sites 15, 16 et 17 notamment), voire comme liant de mégablocs (site 11) correspondent en outre, à notre sens, à des argiles résultant du lessivage sur place, plus ou moins poussé, des argiles ou marnes triasiques ou de la décalcification des calcaires et des marbres.

Différents travaux étayés par l'analyse de nombreux affleurements rocheux incontestablement paléocènes (Plaziat 1975, 1984; Pujalte et al. 1998, 2002; Baceta et al., 2005), conduisent à la conclusion que durant cette période, le domaine pyrénéen était en réalité occupé par un large golfe ouvert sur l'Atlantique nord. Ce golfe comprenait une dépression marine profonde, occidentale, bordée au sud, à l'est et au nord par des plates-formes carbonatées. Il ne dépassait guère à l'est le méridien de Toulouse. Au delà vers l'est s'étendait le bassin molassique, continental, du Languedoc. L'influence de la tectonique compressive est faible et réduite aux seuls secteurs orientaux des Pyrénées. L'interprétation des brèches d'Amélie-les-Bains et des autres dépôts semblables des Pyrénées centrales et occidentales comme remplissages d'un sillon marin (Combes et al., 2003) bouleverse ce schéma paléogéographique classique car elle implique la succession d'une phase plicative fini-crétacée d'extension régionale et d'une phase distensive à l'origine du sillon sélandien, transpyrénéen à brèches et hémipélagites.

Or, l'alimentation du bassin molassique dano-sélandien du Languedoc par des sédiments terrigènes, fluviaux, issus d'un domaine méridional en voie de surrection et nécessairement émergé (Plaziat 1984) réduit en réalité considérablement l'espace disponible pour l'installation de ce sillon marin. L'extension de ces dépôts détritiques paléocènes, continentaux, sur la bordure méridionale du bassin aquitain oriental jusqu'au méridien de Toulouse ainsi que sur la retombée sud de la Zone Axiale, vient même en contradiction totale avec son existence même. On note en outre que les gisements fossilifères marins dano-sélandiens cités par Fondcave-Wallez & Peybernès (2003) et par Combes et al. (2003) s'observeraient quasiment jusqu'au fond de l'actuelle vallée du Tech. Les attributions stratigraphiques proposées et l'interprétation géodynamique de ce «bassin paléocène» d'Amélie-les-Bains ne peuvent donc être retenues car elles conduiraient à supprimer l'existence même de tout soulèvement oligocène et néogène; on voit mal, par ailleurs, comment des sédiments paléocènes superficiels et

pelliculaires auraient pu échapper aux érosions ultérieures. Or, on sait que de tels mouvements de surrection sont extrêmement importants dans les Pyrénées et en particulier dans la partie orientale de la chaîne où on les tient même pour responsables de la création de reliefs dont l'érosion a assuré le comblement du bassin mio-pliocène du Roussillon (Castéras 1933; Calvet 1994; Carozza 1998; Morris et al. 1998; Maurel et al. 2002). Il est préférable de relier l'évolution karstique observée à Amélie-les-Bains à ces soulèvements récents et à l'encaissement du réseau hydrographique actuel qui en est la conséquence. Plus précisément, on peut noter que, d'après les données de Calvet (1994), le karst s'inscrit sous les derniers aplanissements, lesquels sont rapportés au Pliocène, voire au Quaternaire ancien, et qui eux-mêmes sont situés plusieurs centaines de mètres sous les aplanissements majeurs oligomiocènes. Cette observation nous paraît confirmer l'âge très récent, plio-quatenaire à actuel, du karst d'Amélie.

Ainsi, les données sédimentologiques (brèches en amas désorganisés, non séquencés, dépourvus d'hémipélagites), paléogéographiques (au Paléocène, domaine émergé, donc non marin et très exigü, alimentant en matériaux détritiques le bassin molassique du Languedoc et du versant Sud des Pyrénées), structurales (âge post-paléocène de la structuration majeure) et géodynamiques (nécessité d'une surrection remontant les matériaux prétendus paléocènes bien au-dessus du niveau de la vallée actuelle du Tech), recueillies à Amélie-les-Bains, ne permettent pas d'étayer les hypothèses de l'existence d'un profond sillon sélandien marin à brèches et de la prédominance de la tectonique fini-crétacée antérieure aux dépôts bréchiqes. Nous pensons donc que les accumulations bréchiqes décrites par Fondecave-Wallez & Peybernès (2003) et par Combes et al. (2003) comme «*brèches marines sélandiennes d'Amélie-les-Bains*» sont, pour l'essentiel, continentales, d'origine karstique. Le régime endo- ou exokarstique qui les affecte, réduit aux seuls affleurements calcaires, peut être associé à la période orogénique, post-tectonique, qui s'étend du Pliocène à l'Actuel. Ainsi interprétée, cette formation bréchiqie doit, selon nous, être englobée dans la zone de déformation créée dès l'Eocène, par affrontement entre l'Europe et l'Ibérie et récemment désignée sous le vocable de «couloir transpyrénéen de fracturation-karstification-bréchification» (Canérot et al. 2004b).

Conclusion

Récemment tenues pour marines et paléocènes par Fondecave-Wallez & Peybernès (2003), par Peybernès (2004) et par Combes et al. (2003), les brèches d'Amélie-les-Bains, dans les Pyrénées orientales, sont ici réinterprétées comme des accumulations bréchiqes d'origine karstique et d'âge plio-quatenaire.

Les foraminifères planctoniques cités par ces auteurs à l'appui de leur interprétation n'ont pas été retrouvés. Seule la publication et l'illustration de ces microfaunes, contrôlées par des spécialistes, pourrait étayer une telle datation paléocène.

L'attribution stratigraphique ici proposée ne repose ainsi que sur des arguments structuraux et géométriques, les remplissages karstiques jalonnant une surface topographique sub-actuelle, bien postérieure à la structuration pyrénéenne, éocène, du secteur d'Amélie-les-Bains.

En outre l'interprétation sédimentologique de Combes et al. (2003) en faveur de la mise en place d'un bassin marin syn-tectonique, fortement subsident, est contestée. Les faciès à hémipélagites correspondent selon nous à des remplissages karstiques fins. Les faciès à mégablocs qui caractériseraient des environnements de fan delta (olistostrome sous-marin) illustrent à notre sens la présence d'un chaos de blocs faiblement consolidés, permettant le fonctionnement actuel de galeries d'origine également karstique.

Par ailleurs les schémas d'évolution paléogéographique impliquant, selon ces mêmes auteurs, le creusement de profonds (plusieurs centaines de mètres) canyons sous-marins, se heurtent à des arguments topographiques. Les accumulations bréchiqes devraient en effet recouvrir, à altitude égale, tous les substrats, quelque soit leur nature. Or, nos observations montrent que ces brèches sont toujours associées aux substrats carbonatés affleurant sur les deux versants de la vallée du Tech et qu'elles sont en revanche absentes au droit des formations non carbonatées, même lorsque ces dernières se situent à la même altitude (argiles, marnes et grès néocrétacés et vitrolliens), voire mécaniquement intercalées dans les écaillies à matériel calcaire et dolomitique du Muschelkalk (grès permo-triasiques).

Les faits rapportés dans la présente note montrent que le processus de bréchification a été favorisé par la fracturation pyrénéenne, au Paléogène, qu'il s'est développé essentiellement à la fin du Néogène et qu'il se poursuit encore dans l'Actuel. Ils nous amènent à rappeler la remise en cause récente (Canérot et al. 2004b) de l'existence même d'un «*sillon sélandien marin, transpyrénéen, à brèches*» ou celle d'une «*phase plicative majeure fini-crétacée*». Pour nous, conformément à l'interprétation classique (Castéras 1933; Freytet 1970; Plaziat 1984), la fin du Crétacé est essentiellement marquée par la création par compression d'un bourrelet montagneux alimentant la glyptogénèse «garummiénne». Ce n'est que plus tard, à l'Eocène, que se mettent en place les structures pyrénéennes majeures, plicatives et chevauchantes. C'est ensuite, à partir de l'Oligocène et au cours du Néogène, que s'individualisera, à l'articulation des plaques Europe et Ibérie, le «couloir de fracturation-karstification-bréchification» (Canérot et al. 2004b) englobant le secteur à brèches d'Amélie-les-Bains.

Remerciements

Les auteurs manifestent leur reconnaissance à M. Bilotte et E.-J. Debroas pour leur active collaboration lors des nombreuses tournées de terrain sur les gisements à brèches des Pyrénées. Ils adressent leurs remerciements à Ph. Razin et V. Pujalte pour leurs remarques constructives qui ont permis d'améliorer le texte de cette note. Ils remercient enfin vivement G. Stampfli et S. Bucher d'avoir accepté d'inclure ce travail dans les *Eclogae*.

BIBLIOGRAPHIE

- ASCHAUER, H. 1934: Die ostliche Endigung des Pyrenaen. *Gescll. Wiss. Gottingen Math.-Phys. Kl. III* 10, 1–115.
- AUTRAN, A., GOTTIS, M., GUITARD, G. & RICOUR, J. 1958: La base de la série secondaire dans la région d'Amélie-les-Bains (Pyrénées-Orientales). *C. R. somm. Soc. géol. Fr.* 10, 198–203.
- BACETA, J.L., PUJALTE, V. & BERNAOLA, G. 2005: Paleocene coralgal reefs of the western Pyrenean basin, northern Spain: New evidence supporting an earliest Paleogene recovery of reefal ecosystems. *Palaeogeography, palaeoclimatology, Palaeoecology* 224, 117–143.
- BILOTTE, M. & CANÉROT, J. 2006: Rôles respectifs des tectoniques fini-crétacée et éocène dans la partie orientale de la chaîne des Pyrénées. – Le «Garumnien» de Cucugnan et ses relations avec le Chevauchement frontal Nord-Pyrénéen (Corbières méridionales, France). *Eclogae geol. Helv.* 99, 17–27.
- CALVET, M. 1994: Morphogenèse d'une montagne méditerranéenne: Les Pyrénées orientales. Thèse, Univ. Paris I, 1178p et Documents BRGM 255 (1996), 3 vol., 1170 p.
- CANÉROT, J., BAUER, J., BILOTTE, M., BOURDILLON, C., COLIN, J.P., DEBROAS, E.J., MAGNIEZ, F., MEDIAYILLA, F. & TERNET, Y. 2004A: Sur la structure, l'âge et l'origine des «brèches de Bosmendiette» (Pyrénées-Atlantiques). *C. R. Geoscience* 336, 951–958.
- CANÉROT, J., DEBROAS, E.J. & BILOTTE, M. 2004b: Brèches des Pyrénées...tenuues pour «marines, profondes et sélandiennes». Livret-guide d'excursion. En dépôt à la Soc. géol. France, 58p.
- CAROZZA, J.M. 1998: Evolution des systèmes géomorphologiques en contexte orogénique: l'exemple des bassins d'alimentation des Pyrénées orientales. Approche morpho-tectonique. Thèse, Univ. Toulouse I, 398p.
- CASTÉRAS, M. 1933: Recherches sur la structure du versant nord des Pyrénées centrales et orientales. *Bull. Serv. Carte géol. France* 37, 189, 525p.
- CASTÉRAS, M. & AURIOL, L. 1958: Sur la structure du bassin d'Amélie-les-Bains (Pyrénées Orientales). *C. R. Acad. Sci. Paris* 247, 94–97.
- CHANTRAINE, J., AUTRAN, A. & CAVELIER, C. 2003: Carte géologique de la France à 1/1 000 000, 6^{ème} édition révisée, B.R.G.M. éd. Notice, 6p.
- COMBES, P.J., PEYBERNÈS, B. & FONDECAVE-WALLEZ, M.J. 2003: Brèches marines paléocènes et paléokarsts associés en contexte compressif dans le synclinal d'Amélie-les-Bains (Haute Chaîne Primaire, Pyrénées Orientales). *Eclogae geol. Helv.* 96, 339–355.
- 2004: Karsts polyphasés, faciès marins et continentaux dans le Paléocène de la partie orientale des Pyrénées françaises. *Eclogae geol. Helv.* 97, 155–174.
- EINSELE, G. 1992: *Sedimentary Basins. Evolution, Facies and Sedimentary Budget.* Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokio, Hong Kong, Barcelona, Budapest, 628p.
- ESTÉVEZ, A. 1968: Tectonica de las unidades aloctonas del Castel de Bac Grillera (Pirineo oriental, España). *Acta Geol. Hisp.* III, 5, 138–141.
- FONDECAVE-WALLEZ, M.J. & PEYBERNÈS, B. 2002: Le diapirisme éocrétaqué dans les Pyrénées Basco-Béarnaises: mythe ou réalité. *R.S.T. Nantes. Livre des résumés*, 195.
- 2003: Les Foraminifères planctoniques dano-sélandiens des séquences brèches/hémipélagites du «Sillon Paléocène Pyrénéen». *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse* 139, 31–40.
- 2004: Diachronisme des bassins turbiditiques d'avant-pays méso/néocrétaqués du Pays de Sault (Aude, Pyrénées françaises). *C. R. Geoscience* 336, 1391–1400.
- FREYET, P. 1970: Les dépôts continentaux et marins du Crétacé supérieur et des couches de passage à l'Eocène en Languedoc. Thèse, Sci., Orsay., Trav. Lab. Géol. Struct. et Appl., 490 p.
- LAUMONIER, B. 1987: Les structures tangentielles alpines de la partie orientale de la chaîne pyrénéenne, en particulier en Vallespir. *C.R. Acad. Sci. Paris* 304, II, 1081–1086.
- LAUMONIER, B. & AUTRAN, A. 2001: Un chevauchement majeur dans les Pyrénées orientales: le chevauchement de Puigmal. *C. R. Acad. Sci. Paris* 332, 585–594.
- MARTINEZ, A., VERGÈS, J., CLAVELL, E. & KENNEDY, J. 1989: Stratigraphic framework of the thrust geometry and structural inversion in the south-eastern Pyrenees: la Garrotxa area. *Geodinamica Acta* 3, 185–194.
- MAUREL, O., BRUNEL, M. & MONIÉ, P. 2002: Exhumation cénozoïque des massifs du Canigou et de Mont-Louis (Pyrénées orientales, France). *C. R. Geoscience Paris* 334, 941–948.
- MORRIS, R.G., SINCLAIR, H.D. & YELLAND, A.J. 1998: Exhumation of the Pyrenean orogen: implications for sediment discharge. *Basin Research* 10, 69–85.
- OLSSON, R.K., HEMLEBEN, C., BERGREN, W.A. & HEBER, B.J. 1999: Atlas of Paleocene planktonic Foraminifera. *Smithsonian contrib. Paleobiol.* 85, 1–252.
- ORUE-ETXEBARRIA, X., BERNAOLA, G., BACETA, J.L., ANGORI, E., CABALLERO, F., MONECHI, S., PUJALTE, V., DINARES-TURELL, J., ARELLANIZ, E. & PAYROS, A. 2004: New constraints on the evolution of planktic foraminifers and calcareous nannofossils across the Paleocene/Eocene boundary interval: the Zumaia section revisited. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.* 234, 223–259.
- PAPA, H. 1984: Contribution à l'étude géologique du Secondaire et du Tertiaire de la zone axiale des Pyrénées orientales. Thèse 3^e cycle, Univ. Paris 6, 158 p.
- PEYBERNÈS, B. 2002: Inventaire typologique et utilisation des principaux marbres du cycle alpin des Pyrénées françaises. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse* 138, 29–44.
- PEYBERNÈS, B., FONDECAVE-WALLEZ, M.J., COMBES, P.J. & EICHENE, P. 2001a: Mise en évidence d'un sillon marin à brèches paléocènes dans les Pyrénées centrales (Zone Interne Métamorphique et Zone Nord-Pyrénéenne). *C. R. Ac. Sci. Paris* 332/6, 379–386.
- 2001b: Découverte d'hémipélagites à Foraminifères planctoniques paléocènes dans les «Brèches de Baixas» (Pyrénées Orientales). *C. R. Acad. Sci. Paris* 332, 10, 633–640.
- 2001c: Les séquences brèches-hémipélagites des Pyrénées, témoins d'un sillon marin creusé sur l'axe tectorogénique fini-crétacé de la future chaîne. 8^{ème} Congr. Fr. Sédimentologie, Livre des résumés, Publ. A.S.F. Paris, n° 36, 285–286.
- PEYBERNÈS, B., FONDECAVE-WALLEZ, M.J. & COMBES, P.J. 2002a: Découverte de Foraminifères planctoniques paléocènes dans les brèches, précédemment tenues pour «aptiennes» et d'origine diapirique, des Pyrénées Basco-Béarnaises. *C. R. Palevol.* I, 1–8.
- 2002b: Mise en évidence de brèches marines paléocènes discordantes sur l'axe orogénique crétacé des Pyrénées, entre Garonne et Gave de Pau. *Bull. Soc. géol. France* 123/6, 523–532.
- PEYBERNÈS, B., CISZAK, R., FONDECAVE-WALLEZ, M.J., COMBES, P.J., CAMUS, H. & SERANNE, M. 2003a: Présence de Paléocène marin dans les Grands Causses (France). *C. R. Geoscience* 335, 681–689.
- PEYBERNÈS, B., FONDECAVE-WALLEZ, M.J., COMBES, P.J. 2003b: Les canyons paléocènes de Sainte-Colombe-sur-Guette (Zone Interne Métamorphique des Pyrénées, Dépt. de l'Aude). *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse* 139, 41–46.
- 2003c: Le front de la «Zone des Marbres» (Pyrénées Basco-Cantabriques, Espagne), un chevauchement fini-crétacé fossilisé par les brèches marines paléocènes ? *C. R. Geoscience* 335/3, 335–344.
- PLAZIAT, J.C. 1975: Signification paléogéographique des «calcaires conglomérés» des brèches et des niveaux à rhodophycées dans la sédimentation carbonatée du bassin basco-béarnais à la base du Tertiaire (Espagne-France). *Revue de Géogr. Physique et de Géol. Dynamique* XVII, 239–258.
- 1984: Le domaine pyrénéen de la fin du Crétacé à la fin de l'Eocène. *Stratigraphie, paléoenvironnements et évolution paléogéographique.* Thèse Sci., Univ. Paris-Sud, 3 vol., 1362p.
- PUJALTE, V., BACETA, J.L., & PAYROS, A. 2002: Tertiary of the western Pyrenees and Basque-Cantabrian region. In: GIBBONS, W. & MORENO, M.T. (Eds.): *The geology of Spain.* Geol. Soc. London, 293–301.
- PUJALTE, V., BACETA, J.L., ORUE-ETXEBARRIA, X. & PAYROS, A. 1998: Paleocene strata of the Basque Country, W Pyrenees, N Spain: Facies and sequence development in a deep-water starved basin. In: GRACIANSKY, P.Y. et al.: *Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins.* SEPM Special Publ. 60, 311–325.

Manuscrit reçu le 3 Mai 2005

Révision acceptée le 29 Novembre 2005

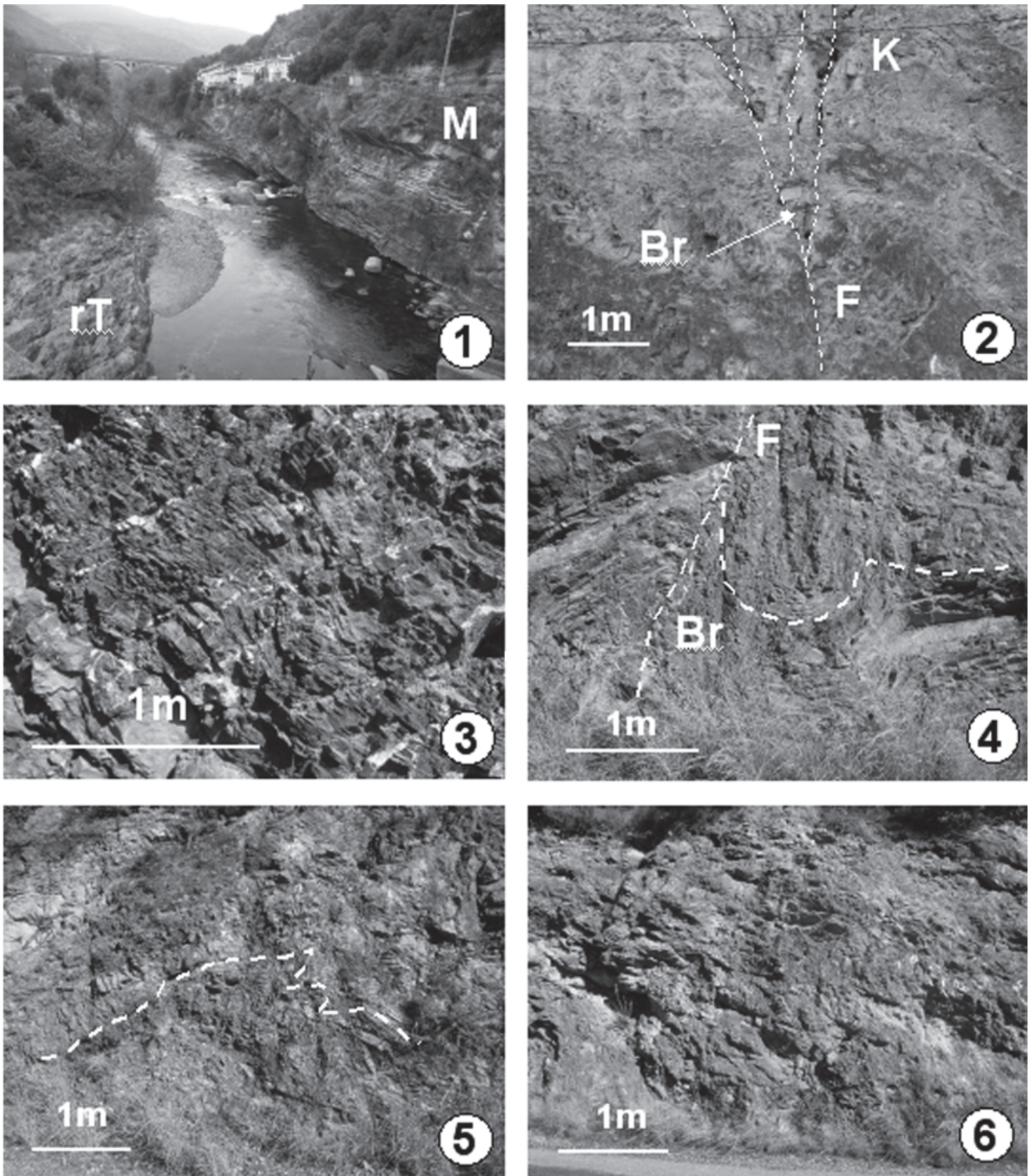


Planche I

Fracturation pyrénéenne plus ou moins profonde des calcaires, marnes et dolomies du Muschelkalk (secteurs d'Amélie-les-Bains et de Montbolo).

1. Nord Amélie-les-Bains: série triasique (rT: Permo-Trias; M: Muschelkalk), faiblement fracturée, bordant le Tech. 2. Ouest Palalda: début de bréchification (Br) et de karstification (K) de dolomies triasiques au droit d'un réseau de fractures verticales (F). 3. RD 57 au SE de Montbolo: cataclase des calcaires du Muschelkalk avec développement de fractures emplies de calcite blanche. 4. SE Montbolo: brèche de broyage le long d'une faille (F) affectant les calcaires plissés du Muschelkalk. 5. SE Montbolo: brèche de broyage développée au droit d'un pli dans les calcaires triasiques. 6- Sud Motbolo: brèche de fracturation subissant les effets ténus (tendance à l'accumulation gravitaire) de la karsification.

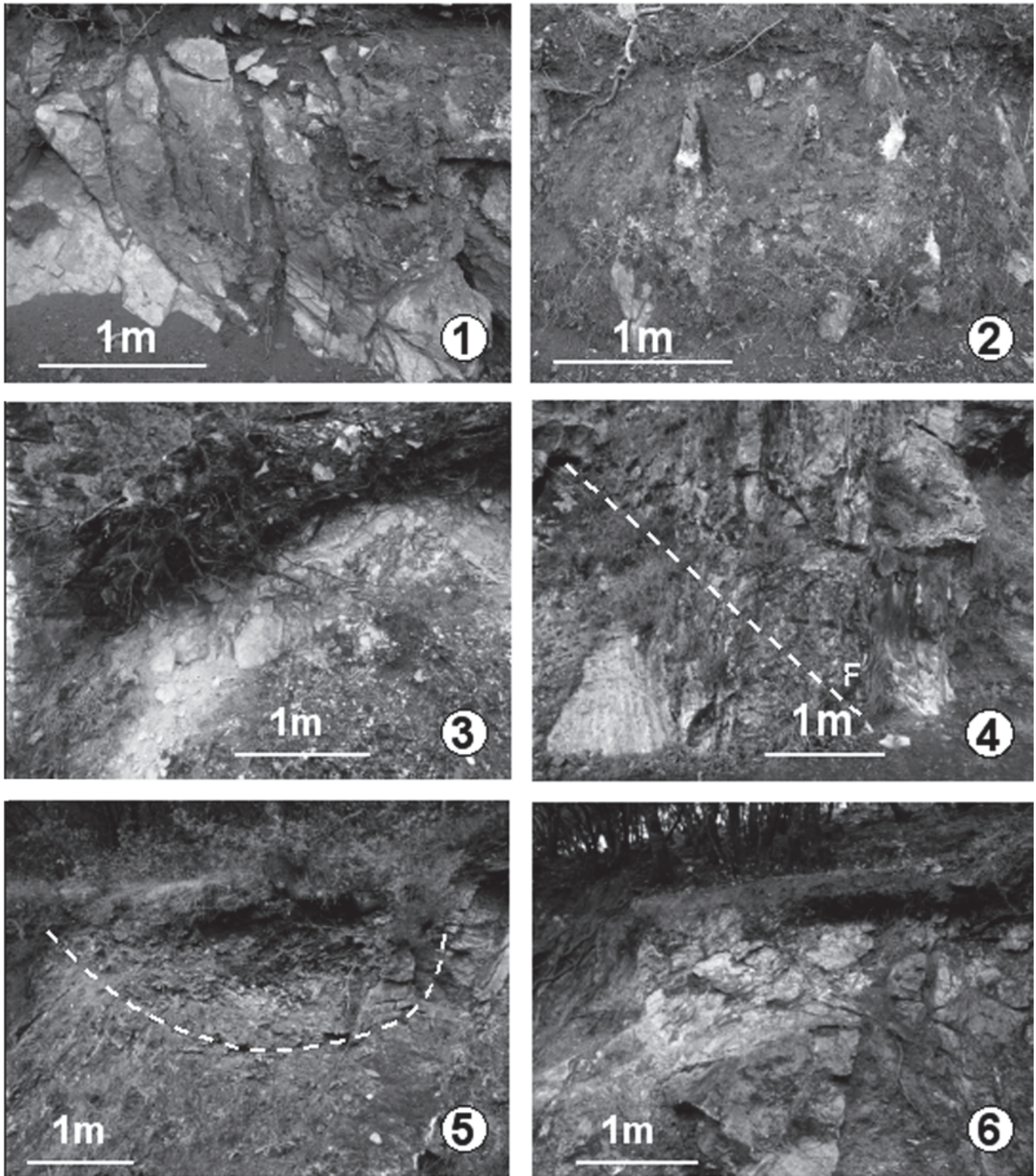


Planche II

Brèches karstiques dans les cipolins cambriens (série de Canaveilles) de la «nappe des Aspres».

1. Mas de la Balme (Fig. 4, site 2): karstification débutante (argile de décalcification) le long de fissures subverticales. 2. Idem: poches karstiques coalescentes emplies d'argile à blocs brunâtre. 3. Idem: poche karstique montrant des gros blocs de marbre liés par une argile beige. 4. Idem: les marbres massifs sont traversés par une faille oblique (F) jalonnée de brèches karstiques. 5. Mas de la Caubère (Fig. 4, site1): remplissage bréchiqque d'une poche plurimétrique superficielle. 6. Mas Sabé (Fig. 4, site 4): remplissage bréchiqque d'une excavation ménagée à la faveur d'une faille verticale.

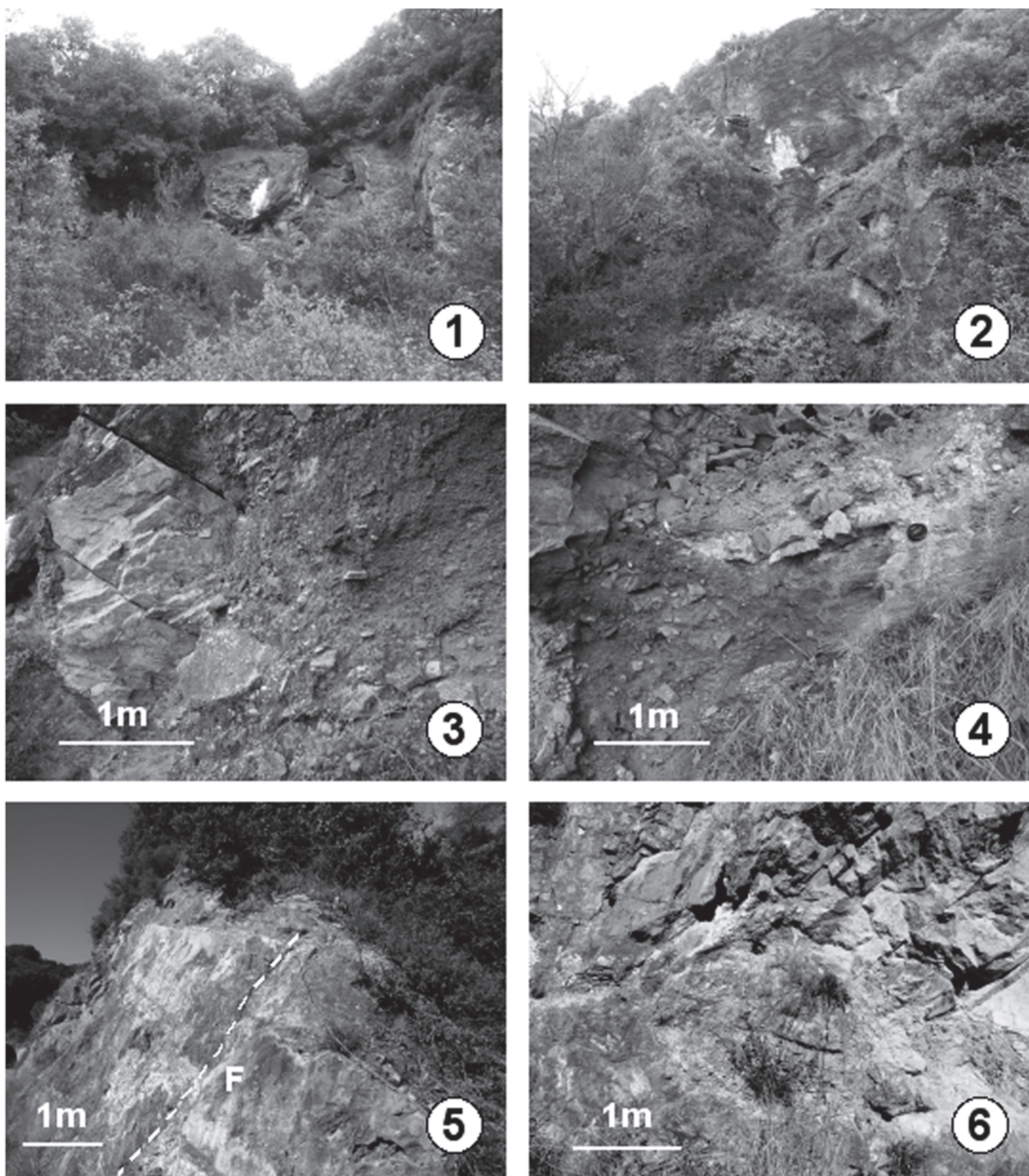


Planche III

Brèches karstiques du Mas Manès (sites 9 et 10) et de Montbolo (sites 14 et 14' in Combes et al., 2003).

1. Ouest du Mas Manès (Fig. 4, site 9): entrée d'une ancienne galerie de mine ménagée dans les dolomies cambriennes au Nord du Mas Manès (Fig. 4, site 10).
2. Idem: dépression karstique dans ces mêmes assises carbonatées.
3. Ouest du Mas Manès (Fig. 4, site 9): éboulis faiblement consolidés à l'entrée de l'ancienne galerie.
4. Idem: limons karstiques stratifiés à blocs, colorés par des oxydes ferriques.
5. Montbolo (Fig. 4, site 14'): Série faillée du Muschelkalk comportant une intercalation de marnes jaunâtres.
6. Idem: l'intercalation marneuse participe à l'élaboration par altération du liant de la brèche karstique.

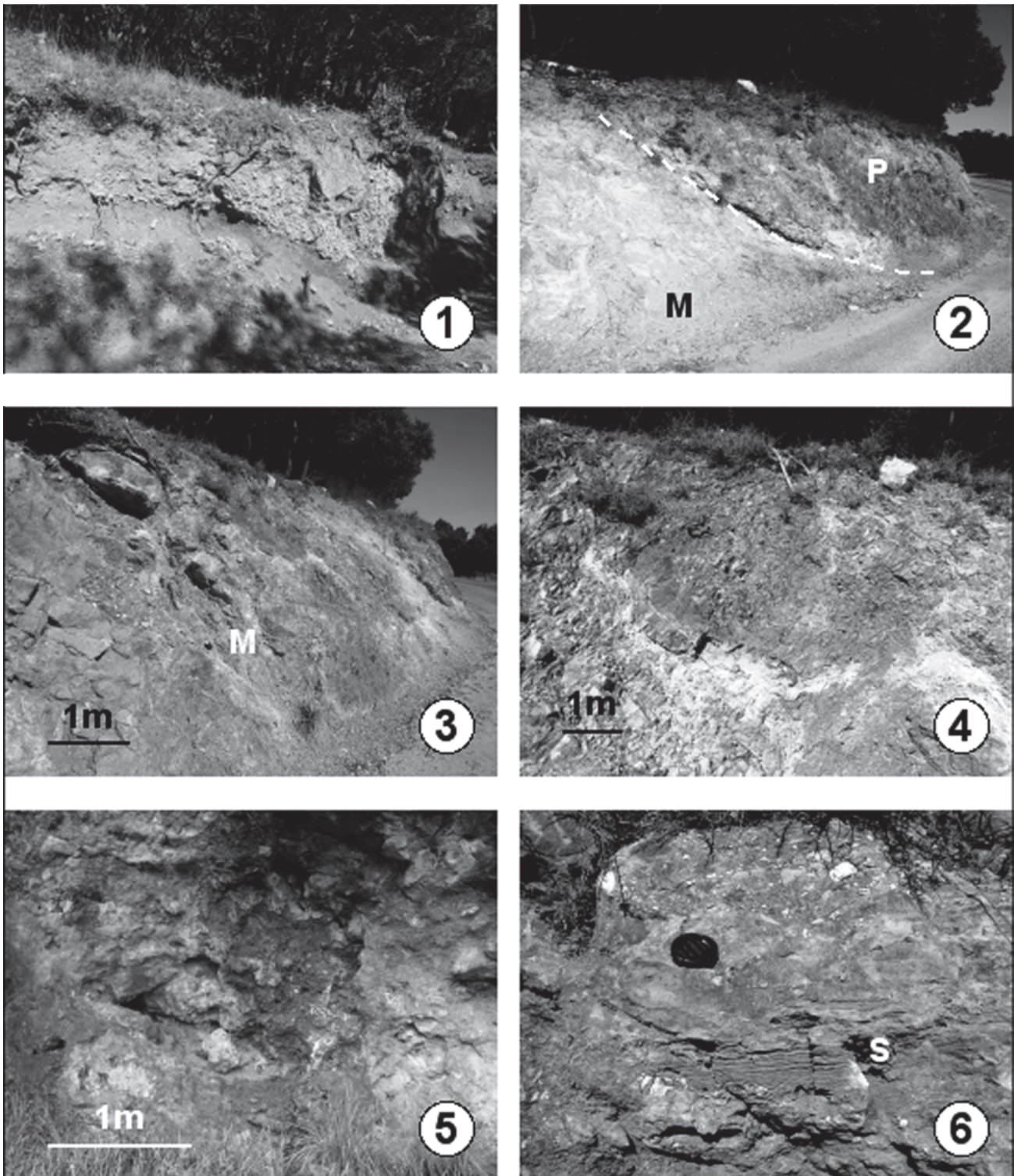


Planche IV

Brèches karstiques de Montbolo (sites 15 et 16 in Combes et al., 2003).

1. (Fig. 4, site 15): poche karstique comportant une alternance d'amas bréchiqes beiges, métriques, grossiers et d'horizons argileux jaunâtres plus fins. 2. Idem: vaste poche karstique (P) recouvrant les marnes triasiques (M) plus ou moins lessivées et altérées en argiles jaunâtres. 3. Idem: poche karstique ménagée dans les calcaires du Muschelkalk; à sa base, les marnes triasiques (M) sont décalées par faille. 4. Idem: poche karstique exiguë remaniant in situ les calcaires triasiques fracturés. 5. (Fig. 4, site 16): cavité karstique tapissée de spéléothèmes calcitiques. 6. (Fig. 4, site 15): remplissage d'une poche karstique par des spéléothèmes calcitiques horizontaux (S) auxquels succèdent des limons carbonatés, eux-mêmes surmontés de lits de graviers. Ces dépôts soulignent le passage d'eaux météoriques dans les conduits endokarstiques.

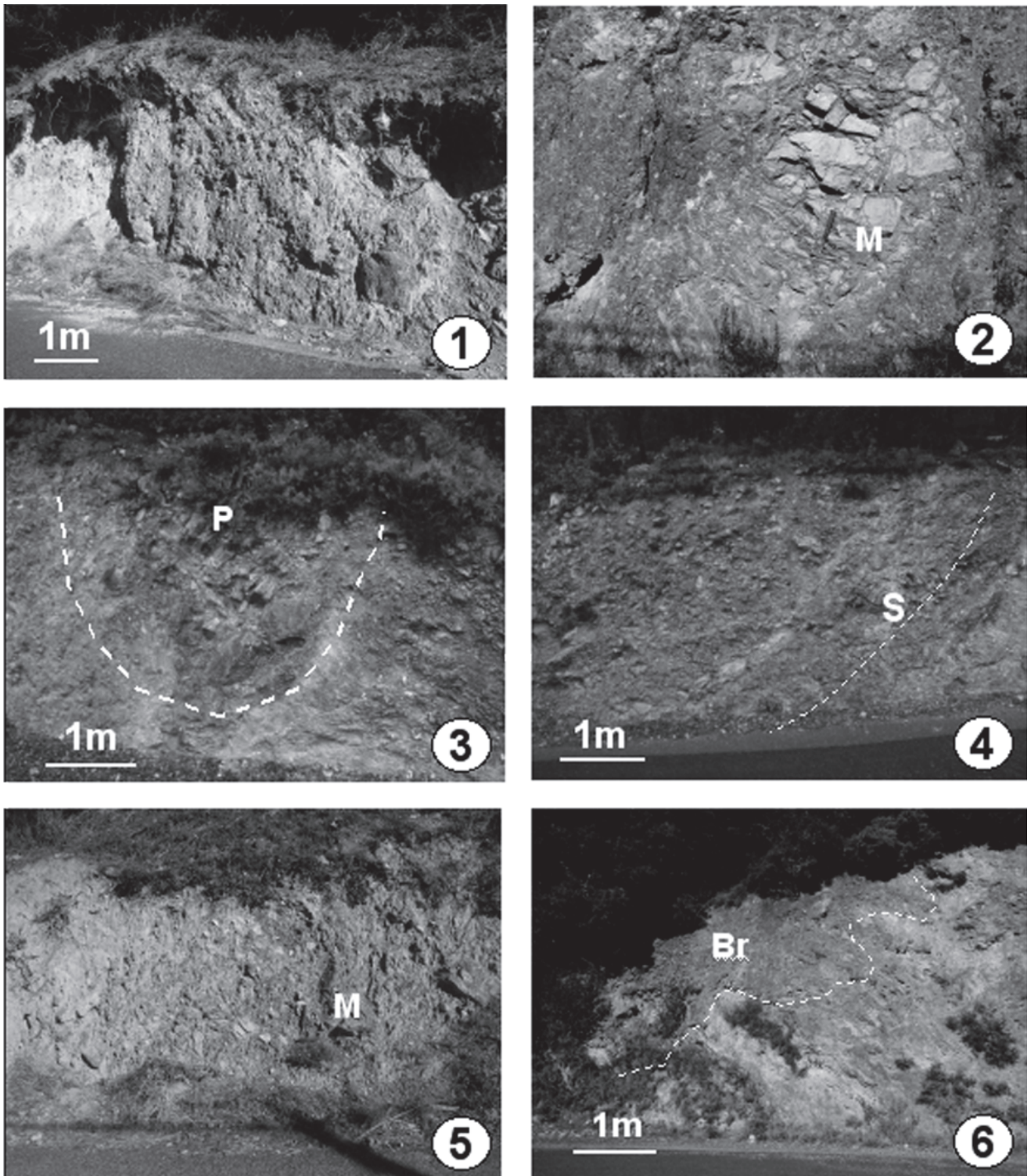


Planche V

Brèches karstiques de Montbolo (sites 17 et 20 in Combes et al., 2003).

1. (Fig. 4, site 17): intercalation de brèches massives dans le remplissage argileux d'une large poche karstique. 2. Idem: présence de mégablocs de calcaires du Muschelkalk dans le remplissage bréchié d'une poche plurimétrique (le marteau M donne l'échelle). 3. Idem: géométrie régulière d'une poche karstique (P) à remplissage de brèche chaotique. 4. Idem: fluage au sein du remplissage d'une vaste poche karstique qui donne l'illusion d'une pseudo-stratification (S). 5. Idem: brèche monogénique d'éroulement très immature, à éléments de calcaires triasiques (marteau M pour échelle). 6. (Fig. 4, site 20): brèche de colluvionnement brunâtre (Br) recouvrant les marnes stratifiées du Muschelkalk par l'intermédiaire d'une surface très irrégulière.