

La marge européenne de la Téthys jurassique en Corse : datation de trondhjémites de Balagne et indices de croûte continentale sous le domaine Balano-Ligure

Philippe Rossi^{a,*}, Alain Cocherie^a, Didier Lahondère^a, C. Mark Fanning^b

^a BRGM, BP 6009, 45060 Orléans cedex 02, France

^b Research School of Earth Sciences, ANU, Canberra, ACT 0200, Australie

Reçu le 15 novembre 2001 ; accepté le 19 novembre 2001

Présenté par Michel Durand-Delga

Abstract – The European margin of the Jurassic Tethys in Corsica: dating of Balagne trondhjémites and evidence to support a continental crust beneath the Balagne-Ligurian domain. Vein trondhjémitite in gabbro of the Carnispola Bridge has been dated to 169 ± 3 Ma (U–Pb on zircon). This date indicates that E-MORB-type ophiolites were emplaced in the marginal Balagne part of the Ligurian Jurassic basin about some 10 Ma before the emplacement of N-MORB ophiolites in the most central part of the ocean. In addition, the presence of inherited zircons with Ordovician (431 ± 8 Ma) and Archean (2693 ± 12 Ma) ages reveals that the Balagne ophiolites were emplaced on a thinned continental crust. Finally, the 298 ± 4 Ma age of zircons from eclogitised meta-arkose in the eclogitic Morteda–Farinole unit ('Schistes lustrés' zone) confirms the attribution of these rocks to a palaeogeographic area that laid between continent and ocean, along the edge of the Hercynian granite batholith in Corsica. **To cite this article: P. Rossi et al., C. R. Geoscience 334 (2002) 313–322.** © 2002 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

ophiolites / Jurassic / U–Pb dating / Corsica

Résumé – La datation (par la méthode U–Pb sur zircons) à 169 ± 3 Ma de trondhjémites en veines dans les gabbros du pont de Carnispola indique que la mise en place des ophiolites de type E-MORB dans la partie marginale, en Balagne, du Bassin jurassique ligure est intervenue une dizaine de millions d'années avant la mise en place des ophiolites N-MORB de la partie la plus centrale de l'océan. La présence de zircons hérités ordoviciens (431 ± 8 Ma) et archéens (2693 ± 12 Ma) révèle, en outre, que l'installation des ophiolites s'est déroulée, au moins pour partie, sur une croûte continentale amincie. Par ailleurs, dans l'unité éclogitique de Morteda–Farinole (zone des Schistes lustrés), la datation à 298 ± 4 Ma de zircons de méta-arkoses éclogitisées conforte l'attribution de ces dernières à une zone paléogéographique intermédiaire entre continent et océan, en bordure du batholite granitique hercynien corse. **Pour citer cet article : P. Rossi et al., C. R. Geoscience 334 (2002) 313–322.** © 2002 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

ophiolites / Jurassique / datation U–Pb / Corse

Abridged version

Several U–Pb datings on zircons have been carried out to better constrain the chronology of ophiolitic magmatism emplacement, the characteristics of the transition zone between continental and oceanic crusts, and to help in the

palaeogeographic reconstruction of the Jurassic oceanisation (Fig. 1).

Three sites were analysed: (A) in a foreland succession with continental substratum; (B) in a mixed succession comprising both oceanic and continental elements; (C) in the marginal ophiolite area of Balagne.

* Correspondance et tirés à part.
Adresse e-mail : p.rossi@brgm.fr (P. Rossi).

A. In the tectonic foreland unit of Cima Pedani [13], the detrital Setonia Formation of Dogger age overlies a continental substratum. It includes [27] volcanic lavas of basaltic, ferrobasaltic, dacitic, and andesitic composition that were interpreted [20] as sills or veins intersecting the Dogger deposits in relation to the opening of the Ligurian ocean. Their ages, comprised between 291 ± 3 Ma (Fig. 2) and 288 ± 5 Ma (Fig. 3), however indicate that these Early Permian rocks have been reworked and that they derive from the erosion of volcano-sedimentary rocks of the roof of the Hercynian batholith in western Corsica.

B. In the Volpajola rocks [14] of the eclogitic Morteda–Farinole unit, eclogitised meta-arkose, dated to 84 ± 5 Ma [15], is intercalated with ophiolitic metabasalt. These rocks are interpreted as having formed part of a mixed oceanic and continental succession near a margin. Zircons in the meta-arkose near Accendi Pipa (Golo valley) confirm the Hercynian age (298 ± 4 Ma; Fig. 4) of their granitic source rocks.

C. The Balagne Nappe [11, 19] comprises an ophiolitic complex consisting mostly of gabbro and basalt. The presence of continental detrital material and the lava geochemistry, with transitional affinities, show that this complex was formed near a continental margin [12].

The age of magmatism emplacement in the Balagne external part of the Ligurian oceanic unit and in the Accendi Pipa ocean–continent transition area remained uncertain, as does the chronological relationship of this magmatism with the ophiolites in the Corsican ‘Schistes lustrés’ nappe and with those in the Ligurian Apennines. Based on micropalaeontological data [8–10, 25, 26], it seems that the base of the radiolarian sediments overlying the Balagne basalt has an age that varies [29] from Upper Bathonian in the Northwest (San Colombano) to Middle–Upper Callovian in the Southeast. A brown–green

amphibole from a gabbro near Castifao [2] gave a K–Ar age of 181.4 ± 6 Ma, and a zircon from a trondhjemite from the (internal) Ligurian unit of Inzecca gave a U–Pb age of 161 ± 3 Ma [22]. The trondhjemite veins intersecting ferrogabbro at the Carnispola bridge in Balagne gave U–Pb ages on zircons of 169 ± 3 Ma (Fig. 5). This age, which is consistent with palaeontological data obtained on the cover of these ophiolites, assigns them to the middle part of the Bajocian [24]. In addition, inherited zircons with Ordovician (431 ± 8 Ma) and Archean (2693 ± 12 Ma) ages (Fig. 6) were identified in the trondhjemite, revealing the presence of continental crust below this marginal part of the Ligurian ophiolite basin s.l.

These new geochronological data agrees with the palaeogeographical interpretations concerning the proximal position of the eclogitised sedimentary formations [15] and the Balagne ophiolites [12] in relation to the European continental margin.

Analytical procedure: the isotope measurements were performed with the ion microprobe (SHRIMP II) of the Australian National University, Canberra, following the analytical procedures described by Claoué-Long et al. [4] and Williams [34]. Twelve to 16 spot analyses (20 μ m diameter) were carried out on zircon grains in order to date each sample. All calculations were done at 2σ (95% confidence limit), using Ludwig’s [20] ISOPLOT/EX programme (version 2.34); uncertainties are given at the 1σ level in Tables 1 and 2, and error ellipses are also given at 1σ in order to facilitate the reading of Figs. 2–6. As the $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ ratio changes with time during the Phanerozoic, and as the ^{204}Pb peak is poorly measured at low Pb levels, a correction for common Pb was made using the measured $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ and $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ratios following Tera and Wasserburg [32], as outlined in Compston et al. [7].

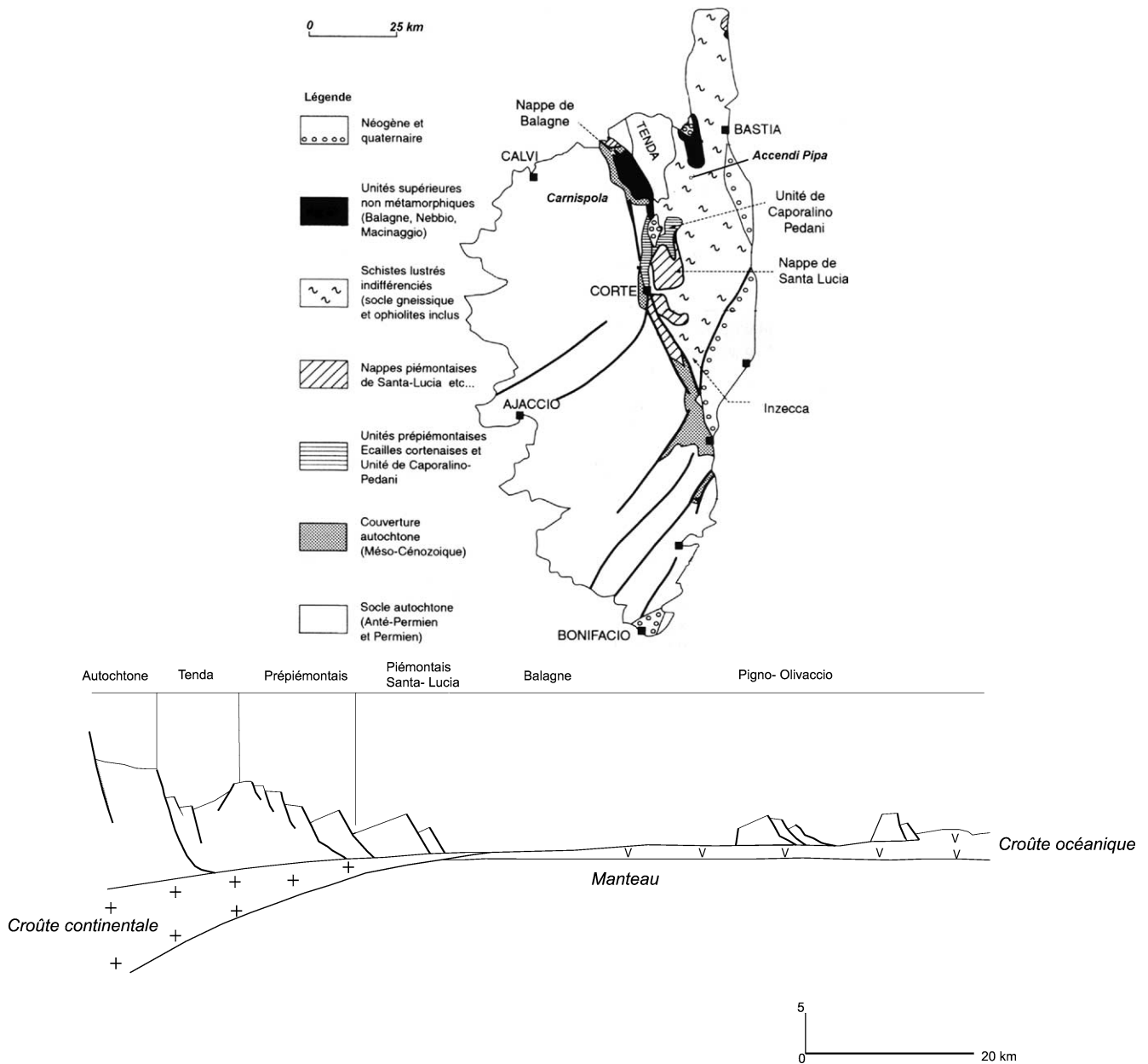
1. Introduction

La cartographie et l’analyse détaillée des formations de l’allochtone des Schistes lustrés et des unités très internes à la bordure orientale du batholite hercynien de Corse ont permis de proposer une reconstitution de l’organisation paléogéographique de la marge de l’océan Liguro-Piémontais au Jurassique (Fig. 1). Ainsi, au sein des unités à matériel ophiolitique, on a pu distinguer, sur des bases sédimentologiques et géochimiques, des unités à cachet interne (ligures s.s.) et des unités plus externes, voisines de la marge continentale, soit non métamorphiques [11] (nappe de Balagne et unités supérieures du Nebbio), soit au sein des Schistes lustrés, comme l’unité éclogitique de Morteda–Farinole [14].

La reconstitution paléogéographique de l’océanisation jurassique souffre toutefois du manque de données concernant aussi bien la chronologie du mag-

matisme ophiolitique que les modalités de transition entre croûtes continentale et océanique. La présence d’une croûte continentale amincie, ou les reliques d’une telle croûte, sous le bassin ophiolitique E-MORB de Balagne n’était jusqu’ici étayée que par des arguments géochimiques [12]. Quant à l’existence d’un diachronisme dans les âges de mise en place des ophiolites corses, comme c’est le cas dans les ophiolites ligures des Apennins [1], si elle est suggérée par les données micropaléontologiques [10, 25, 26], elle reste encore à quantifier.

Des analyses géochronologiques ont donc été menées sur des zircons de roches des ensembles continentaux et océaniques de la paléomarge, par la méthode U–Pb, en recherchant deux types d’information : la première a trait à l’âge de formation des roches juvéniles (gabbros, basaltes ophiolitiques), la seconde à l’âge des zircons hérités des protolites anciens et/ou recyclés.



2. Localisation des formations analysées et résultats obtenus

Trois sites ont été analysés, respectivement situés dans une série prépiémontaise à substratum continental (A); dans une série mixte comprenant à la fois des éléments océaniques et continentaux (B); dans un bassin ophiolitique marginal (C).

A. La Formation des brèches de Setonia, d'âge Jurassique moyen [27], appartient à l'unité tectonique prépiémontaise de Caporalino-Pedani, à substratum continental. Elle inclut des roches volcaniques, supposées être des sills ou des filons recoupant le Dogger. Ces laves, à composition de basaltes, de ferrobasaltes, de dacites et d'andésites, avaient été interprétées comme l'expression d'un magmatisme tholéi-

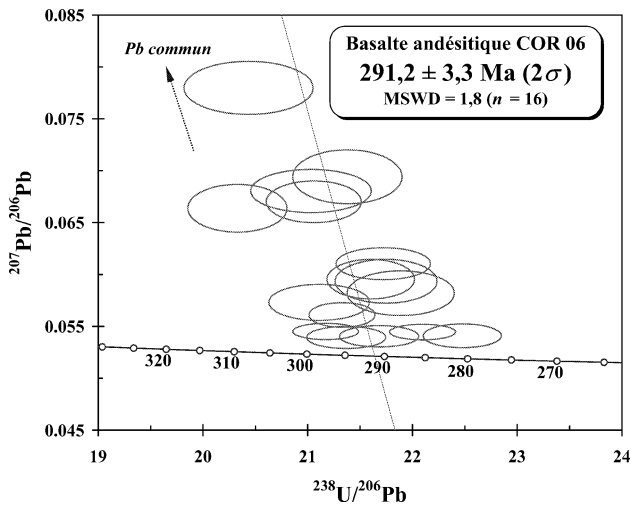


Figure 2. Diagramme Concordia pour l'ensemble des 16 points analytiques enregistrés sur les zircons du basalte andésitique (COR 06) de l'unité de Setonia. Dans la limite de l'erreur à 2σ , les ellipses s'alignent sur une droite issue de la valeur du Pb commun ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} = 0,8542$ pour $U = 0$ ppm) pour l'Hercynien et, par ailleurs, son intersection avec la Concordia définit un âge de cristallisation des zircons à 291 ± 3 Ma.

Figure 2. Concordia diagram for the 16 spot analyses on zircons from the andesitic basalt (COR 06) in the Setonia Unit. Within a 2σ error, the plot on a line intersecting the common Pb value (at $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} = 0.8542$ for $U = 0$ ppm) in the Hercynian and defining the age of crystallisation of the zircons at 291 ± 3 Ma.

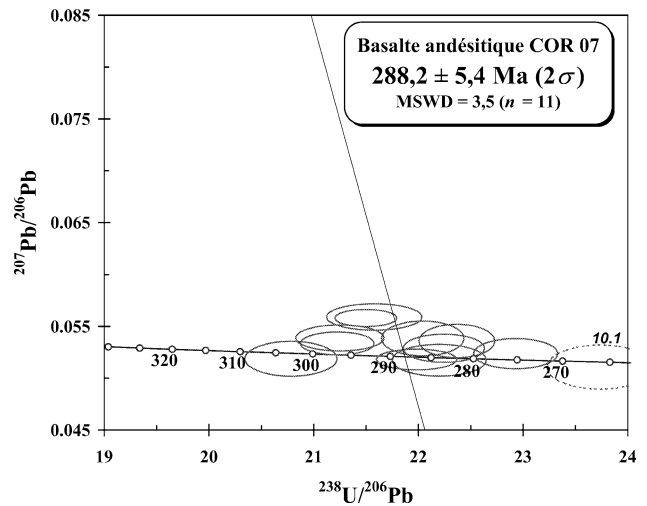


Figure 3. Diagramme Concordia pour l'ensemble des 12 points analytiques enregistrés sur les zircons du basalte andésitique (COR 07) de l'unité de Setonia. Dans la limite de l'erreur à 2σ , les ellipses sont situées sur la Concordia, à l'exception du point 10,1, qui a sans doute subi une légère perte de Pb radiogénique. L'âge de cristallisation des zircons est calculé à 288 ± 5 Ma à l'aide de la valeur du Pb commun pour l'Hercynien.

Figure 3. Concordia diagram for all 12 spot analyses on zircons from the andesitic basalt (COR 07) in the Setonia unit. Within a 2σ error, the ellipses plot on the Concordia curve, except the spot analysis 10.1, which is assumed to have suffered a small radiogenic Pb loss. The crystallisation age of the zircons is calculated at 288 ± 5 Ma, using the common Pb value for the Hercynian.

tique sur la marge continentale, lors de l'ouverture de l'océan Liguro-Piémontais [20]. Des zircons provenant de roches volcaniques basaltiques prélevées dans ce Dogger au sud-ouest de la maison Prumezzano (COR 06, altitude 365 m ; COR 07) ont été datés respectivement à 291 ± 3 Ma (Fig. 2) et à 288 ± 5 Ma (Fig. 3). Ils révèlent que l'attribution au Dogger des éléments de laves affleurant au sein de la formation de Setonia était erronée et que ces roches sont d'âge Permien inférieur. Ces éléments proviennent du démantèlement des formations volcano-sédimentaires du toit du batholite hercynien [30]. Un réexamen sur le terrain, effectué avec M. Durand-Delga, de ces roches qui affleurent dans de mauvaises conditions, empêchant de s'assurer précisément de leur géométrie, permet d'admettre leur nature d'olistolites au sein de la série grossièrement détritique du Dogger.

B. Dans la zone des Schistes lustrés, les roches de l'unité écolotique de Morteda-Farinole, caractérisée par la coexistence de métagranitoïdes et de métaophiolites, sont considérées comme ayant appartenu à une série mixte proche de la marge continentale [14], sur la rive nord du Golo. Cette série correspond à l'unité de Volpajola [17]. Près du lieu-dit « Accendi Pipa », elle montre en effet des quartzites détritiques associés à des arkoses conglomératiques, à galets en particulier de granitoïdes et de rhyolites, interstratifiées dans des sédiments pélitiques supraophio-

litiques. Les zircons de l'échantillon de méta-arkose écolotisée VP 427, dont le pic de métamorphisme avait été daté par Sm-Nd à 84 ± 5 Ma [15], ont été analysés. Identifiés comme provenant du démantèlement de granites calco-alcalins, ils ont été datés à 298 ± 4 Ma (Fig. 4), ce qui confirme et précise leur âge Hercynien antérieurement supposé.

C. La nappe de Balagne [11, 19, 29] comporte un complexe ophiolitique, formé essentiellement de termes gabbroïques et surtout basaltiques, les péridotites *s.s.* étant réduites à quelques affleurements de serpentinites. La présence d'une d'intercalation de grès quartzeux au sein des coulées de *pillow-lavas*, à Piana di Castifao [28], ainsi que les apports détritiques continentaux que l'on retrouve dans les calcaires associés aux radiolarites recouvrant les laves, révèlent [12] que ce complexe ophiolitique s'est formé à proximité immédiate d'une marge continentale. La géochimie des éléments en traces indique, en outre, la nature de MORB enrichis des laves [12] à affinités transitionnelles, comparables à celles des basaltes du Nebbio [31], qui contrastent avec celles des autres ophiolites corses à composition de N-MORB [21, 33]. Parmi les reconstitutions géodynamiques proposées, la zone océanique de Balagne est interprétée [16, 23] comme un bassin marginal demeuré en position haute du prisme d'accrétion lors de la subduction de l'océan

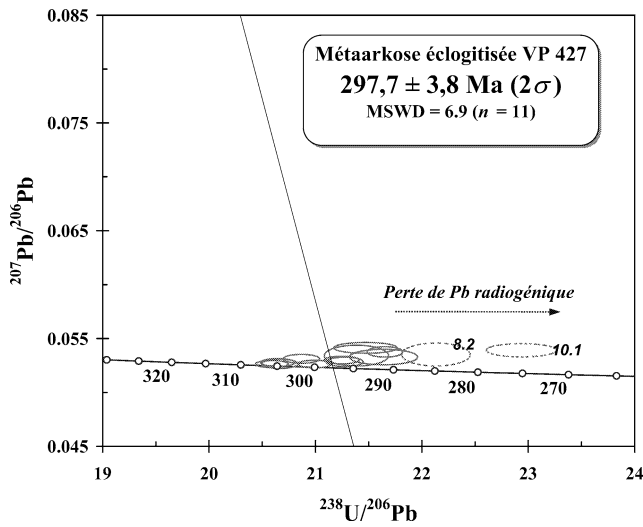


Figure 4. Diagramme Concordia pour l'ensemble des 13 points analytiques enregistrés sur les zircons de la méta-arkose éclogitisée (VP 427) de l'unité de Volpajola. Dans la limite de l'erreur à 2σ , les ellipses sont situées sur la Concordia, à l'exception des deux points 8,2 et 10,1, qui ont subi une légère perte de Pb radiogénique. L'âge de cristallisation des zircons est calculé à 298 ± 4 Ma à l'aide de la valeur du Pb commun pour l'Hercynien.

Figure 4. Concordia diagram for the 13 spot analyses on zircons from the meta-arkose (VP 427) in the Volpajola Unit. Within a 2σ error, the ellipses plot on the Concordia curve, except two spot analyses, 8.2 and 10.1, which suffered a small radiogenic Pb loss. The crystallisation age of the zircons is calculated at 298 ± 4 Ma, using the common Pb value for the Hercynian.

Ligure sous la marge européenne, puis obductée, ce qui lui aurait épargné une intense déformation et une empreinte métamorphique notable.

L'âge de mise en place du magmatisme océanique dans les bassins marginaux du type de celui de Balagne, ou bien à la limite continent-océan (Accendi Pipa), ainsi que sa chronologie par rapport aux ophiolites N-MORB de la nappe de l'allochtone des Schistes lustrés corses et de l'Apennin ligure, restaient toutefois approximatifs. D'après les données micropaléontologiques sur les sédiments situés au toit des basaltes [8, 9, 26, 33], il semble que la base de la sédimentation radiolaritique, disposée au sommet des basaltes de Balagne, ait un âge Bathonien supérieur au nord-ouest (San Colombano : position proximale par rapport à la marge continentale) à Callovien moyen-supérieur au sud-est (km 59 : position plus distale). Une amphibole brun-vert d'un gabbro récolté près de Castifao [2] a été datée (K/Ar) à $181,4 \pm 6$ Ma, mais un âge de 161 ± 3 Ma a été obtenu, par la méthode U-Pb, sur des zircons extraits de trondhjémite de l'unité ligure (interne) de l'Inzecca [22].

En Balagne, l'examen de la zone de contact entre gabbros et basaltes, localement non tectonique, a révélé la présence d'un niveau discontinu, de puissance décimétrique à métrique, détritique ophiolitique, re-

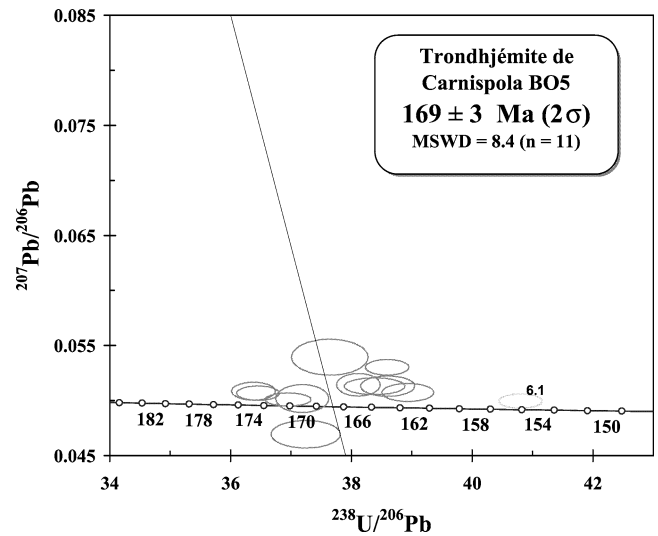


Figure 5. Diagramme Concordia pour l'ensemble des 12 points analytiques enregistrés sur le groupe de zircons jeunes de la trondhjémite (BO5) du pont de Carnispola. Dans la limite de l'erreur à 2σ , les ellipses sont situées sur la Concordia, à l'exception du point 6,1, qui a subi une légère perte de Pb radiogénique. L'âge de cristallisation des zircons est calculé à 169 ± 3 Ma, à l'aide de la valeur du Pb commun au Jurassique ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} = 0,8442$ pour $\text{U} = 0$ ppm).

Figure 5. Concordia diagram for the 12 spot analyses on the group of young zircons from the trondhjémite (BO5) near the Carnispola bridge. Within a 2σ error, the ellipses plot on the Concordia curve, except one spot analysis (6.1), which suffered a small radiogenic Pb loss. The crystallisation age of the zircons is calculated at 169 ± 3 Ma, using the common Pb value for the Jurassic ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} = 0.8442$ for $\text{U} = 0$ ppm).

marquablement exposé en rive droite de la Tartagine, au pont de Carnispola [29]. Le toit du complexe d'euphotides est chaotique (comme nous l'a fait remarquer E. Padoa) et, parmi les blocs immédiatement sous-jacents au niveau de brèches, on trouve des ferrogabbros à veines centimétriques de trondhjémite, dont ont pu être extraits des zircons.

Ceux-ci ont été datés à 169 ± 3 Ma (Fig. 5), âge qui les situe, selon l'échelle de Pálffy et al. [24], dans la partie moyenne du Bajocien. D'autres zircons ordoviciens (431 ± 8 Ma) et archéens (2693 ± 12 Ma) (Tableau 1, Fig. 6) ont en outre été identifiés, révélant la présence de zircons hérités d'un protolite plus ancien.

3. Interprétations

La population de zircons des méta-arkoses a été, en grande partie, alimentée par les granites calco-alcalins U2, datés dans le batholite corse entre 305 et 290 Ma (typologie in [15]); ce sont toutefois les quelques zircons de grande taille, qui revêtent une morphologie caractéristique de celle de granites alcalins, qui ont été datés. L'âge de 298 ± 4 Ma, mesuré sur ces zircons de l'unité de Morteda-Farinole, s'accorde avec

Tableau 1. Données analytiques U–Pb SHRIMP.**Table 1.** Analytical U–Pb SHRIMP data.

Grain. point	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	Pb* (ppm)	²⁰⁴ Pb/ ²⁰⁶ Pb	<i>f</i> ₂₀₆ (%) ²	Total				Radiogénique		Âge (Ma)	
							²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb	± ¹	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	± ¹	²⁰⁶ Pb*/ ²³⁸ U ³	± ¹	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	± ¹
<i>Basalte andésitique de la formation de Setonia (COR 06)</i>														
1,1	803	296	0,37	24	0,000 236	0,01	22,097	0,258	0,0545	0,0006	0,0452	0,0005	284,7	3,3
2,1	655	202	0,31	20	0,000 135	< 0,01	21,327	0,257	0,0561	0,0010	0,0467	0,0006	294,2	3,5
3,1	422	164	0,39	13	–	0,01	21,682	0,309	0,0541	0,0008	0,0460	0,0007	290,2	4,1
4,1	718	338	0,47	22	0,000 009	< 0,01	22,476	0,305	0,0541	0,0009	0,0444	0,0006	280,1	3,7
4,2	484	204	0,42	15	0,000 034	< 0,01	21,368	0,309	0,0539	0,0009	0,0467	0,0007	294,4	4,2
5,1	599	190	0,32	19	0,000 011	< 0,01	21,172	0,257	0,0545	0,0006	0,0471	0,0006	296,8	3,5
6,1	182	84	0,46	6	0,000 756	0,06	21,748	0,398	0,0594	0,0017	0,0456	0,0008	287,4	5,2
7,1	80	26	0,33	2	0,001 519	0,05	21,379	0,427	0,0694	0,0021	0,0458	0,0009	288,7	5,7
8,1	116	35	0,30	4	0,002 760	0,07	21,058	0,371	0,0670	0,0016	0,0466	0,0008	293,9	5,1
9,1	192	93	0,49	6	0,000 010	0,02	21,888	0,419	0,0582	0,0018	0,0454	0,0009	286,1	5,4
10,1	115	37	0,33	4	0,000 868	0,05	21,032	0,471	0,0680	0,0017	0,0466	0,0011	293,8	6,5
11,1	204	51	0,25	6	0,001 117	0,02	21,721	0,369	0,0610	0,0013	0,0456	0,0008	287,2	4,8
12,1	99	31	0,32	3	0,001 703	0,05	20,435	0,504	0,0780	0,0021	0,0474	0,0012	298,5	7,2
13,1	165	79	0,48	5	–	0,01	21,602	0,341	0,0596	0,0016	0,0459	0,0007	289,3	4,5
14,1	124	42	0,34	4	0,001 730	0,06	21,109	0,393	0,0573	0,0014	0,0471	0,0009	296,7	5,4
15,1	116	38	0,33	4	0,001 417	0,06	20,329	0,387	0,0664	0,0019	0,0484	0,0009	304,4	5,7
<i>Basalte andésitique de la formation de Setonia (COR 07)</i>														
1,1	272	147	0,54	18	0,000 010	0,36	21,579	0,371	0,0559	0,0010	0,0462	0,0008	291,0	4,9
2,1	298	186	0,62	20	0,000 176	0,10	22,042	0,321	0,0538	0,0014	0,0453	0,0007	285,7	4,1
3,1	242	151	0,62	16	0,000 170	< 0,01	22,244	0,317	0,0529	0,0011	0,0450	0,0006	283,5	4,0
4,1	320	199	0,62	21	0,000 026	< 0,01	22,930	0,328	0,0524	0,0012	0,0437	0,0006	275,4	3,9
5,1	315	189	0,60	22	–	< 0,01	21,982	0,313	0,0518	0,0008	0,0456	0,0007	287,2	4,0
6,1	864	483	0,56	59	0,000 382	0,35	21,498	0,242	0,0558	0,0007	0,0464	0,0005	292,1	3,2
7,1	218	106	0,49	14	–	0,07	22,368	0,296	0,0536	0,0013	0,0447	0,0006	281,8	3,7
8,1	218	100	0,46	15	0,000 054	0,04	21,226	0,286	0,0534	0,0009	0,0471	0,0006	296,6	3,9
9,1	123	41	0,33	8	0,000 328	< 0,01	22,200	0,366	0,0517	0,0013	0,0451	0,0008	284,5	4,6
10,1	153	57	0,37	10	0,000 010	< 0,01	23,736	0,412	0,0511	0,0017	0,0422	0,0007	266,4	4,6
11,1	265	145	0,55	19	0,000 010	0,22	21,250	0,344	0,0539	0,0010	0,0470	0,0008	295,8	4,7
12,1	206	91	0,44	15	–	< 0,01	20,783	0,359	0,0519	0,0014	0,0481	0,0008	303,0	5,1

Tableau 1. (Suite)

Tableau 1. (Continued)

Grain. point	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	Pb* (ppm)	²⁰⁴ Pb/ ²⁰⁶ Pb	<i>f</i> ₂₀₆ (%) ²	Total				Radiogénique		Âge (Ma)	
							²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb	± ¹	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	± ¹	²⁰⁶ Pb*/ ²³⁸ U ³	± ¹	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	± ¹
<i>Méta-arkose éclogitisée de la formation de Volpajola (VP 427)</i>														
1,1	1189	199	0,17	47	–	0,10	20,868	0,140	0,0531	0,0003	0,0479	0,0003	301,5	2,0
2,1	1214	203	0,17	48	0,000032	0,06	20,646	0,131	0,0528	0,0003	0,0484	0,0003	304,7	1,9
3,1	1622	389	0,24	64	0,000066	0,08	21,247	0,134	0,0530	0,0003	0,0470	0,0003	296,2	1,8
4,1	1710	457	0,27	68	0,000021	0,06	21,276	0,141	0,0528	0,0004	0,0470	0,0003	295,9	1,9
5,1	2172	472	0,22	86	0,000013	0,04	20,992	0,127	0,0526	0,0003	0,0476	0,0003	299,9	1,8
6,1	1968	497	0,25	81	–	0,04	20,591	0,125	0,0526	0,0003	0,0486	0,0003	305,6	1,8
7,1	1208	241	0,20	49	0,000013	0,04	20,666	0,140	0,0527	0,0004	0,0484	0,0003	304,5	2,0
8,1	828	376	0,45	34	0,000046	0,18	21,653	0,136	0,0538	0,0004	0,0461	0,0003	290,5	1,8
8,2	261	176	0,67	11	0,000089	0,15	22,132	0,263	0,0535	0,0009	0,0451	0,0005	284,5	3,3
9,1	1784	874	0,49	69	0,000069	0,20	21,470	0,243	0,0541	0,0004	0,0465	0,0005	292,9	3,3
10,1	1365	225	0,16	45	0,000053	0,17	22,936	0,270	0,0539	0,0005	0,0435	0,0005	274,7	3,2
10,2	2787	1740	0,62	110	0,000010	0,09	21,640	0,262	0,0533	0,0006	0,0462	0,0006	291,0	3,5
11,1	1724	462	0,27	63	0,000010	0,11	21,385	0,247	0,0534	0,0008	0,0467	0,0005	294,3	3,3
<i>Trondhjemite du pont de Carnispola (B05)</i>														
1,1	136	33	0,25	8	0,000318	0,23	14,440	0,137	0,0573	0,0010	0,0691	0,0007	430,7	4,0
2,1	685	1136	1,66	22	0,000046	0,14	36,454	0,289	0,0507	0,0005	0,0274	0,0002	174,2	1,4
3,1	375	694	1,85	13	0,000142	0,16	36,378	0,295	0,0509	0,0007	0,0274	0,0002	174,5	1,4
4,1	710	1175	1,65	22	0,000035	0,07	36,951	0,308	0,0501	0,0005	0,0271	0,0002	172,0	1,4
5,1	381	559	1,47	12	0,000207	0,08	37,187	0,358	0,0502	0,0010	0,0269	0,0003	170,9	1,6
6,1	726	1542	2,12	23	–	0,08	40,802	0,293	0,0500	0,0005	0,0245	0,0002	156,0	1,1
7,1	506	1063	2,10	17	0,000123	0,17	38,935	0,350	0,0507	0,0007	0,0256	0,0002	163,2	1,5
8,1	528	1554	2,94	20	0,000222	0,26	38,116	0,294	0,0514	0,0008	0,0262	0,0002	166,5	1,3
10,1	489	1108	2,27	17	0,000123	0,46	38,593	0,293	0,0530	0,0006	0,0258	0,0002	164,2	1,2
11,1	184	73	0,40	4	0,000010	< 0,01	37,245	0,468	0,0470	0,0010	0,0269	0,0003	171,4	2,1
12,1	291	437	1,50	9	–	0,25	38,601	0,365	0,0513	0,0008	0,0258	0,0003	164,5	1,5
13,1	418	525	1,25	12	0,000055	0,25	38,384	0,409	0,0513	0,0006	0,0260	0,0003	165,4	1,8
14,1	118	83	0,70	3	0,000760	0,55	37,643	0,517	0,0540	0,0013	0,0264	0,0004	168,1	2,3

Notes.

¹ Incertitudes données à 1 σ .

² *f*₂₀₆ (%) : pourcentage de ²⁰⁶Pb issu du Pb commun.

³ Correction du Pb commun utilisant la mesure des rapports ²³⁸U/²⁰⁶Pb et ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb suivant Tera et Wasserburg [32] et développée dans Compston et al. [7].

Notes.

¹ Uncertainties given at the 1 σ level.

² *f*₂₀₆ % denotes the percentage of ²⁰⁶Pb that is common Pb.

³ Correction for common Pb made using the measured ²³⁸U/²⁰⁶Pb and ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb ratios following Tera and Wasserburg [32] as outlined in Compston et al. [7].

Pour citer cet article : P. Rossi et al., C. R. Geoscience 334 (2002) 313–322

Tableau 2. Données U–Pb sur le zircon 9 pour l'échantillon B 05 (corrigé du Pb commun par le ^{204}Pb), SHRIMP II.

Table 2. Summary of SHRIMP II U–Pb zircon results for sample B 05, grain 9 (^{204}Pb corrected).

Grain point	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	Pb* (ppm)	$^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	f_{206} (%) ²	Radiogenic ratios				Âges (in Ma)							
							$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ±1.3	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ ±1.3	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ±1.3	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ±1	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ ±1	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ±1	Conc. (%) ⁴					
9,1	118	52	0,44	53	0,000054	< 0,01	0,5238	0,0060	13,319	0,160	0,1844	0,0007	2715	2703	11	2693	6	101

Notes.

- 1 Incertitudes données à 1σ .
 - 2 f_{206} (%): pourcentage de ^{206}Pb issu du Pb commun.
 - 3 Correction du Pb commun utilisant le rapport $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ mesuré.
 - 4 Conc. (%) désigne le degré de discordance. Une analyse notée 100% est concordante.
- Notes.
- 1 Uncertainties given at the 1σ level.
 - 2 $f_{206}\%$ denotes the percentage of ^{206}Pb that is common Pb.
 - 3 Correction for common Pb made using the measured $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ratio.
 - 4 For Conc. (%), 100% denotes a concordant analysis.

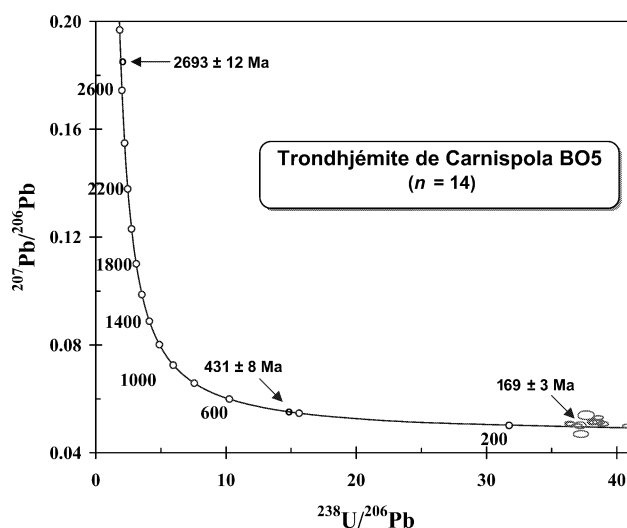


Figure 6. Diagramme Concordia conventionnel pour l'ensemble des 14 points analytiques enregistrés sur les zircons de la trondhjemite (BO5) du pont de Carnispola. Un groupe de 12 points d'âge jeune apparaît à droite du diagramme, sur la Concordia, donnant des âges jurassiques. Deux points isolés ont donné des âges très différents à 431 ± 8 Ma (âges $^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$, 2σ) et 2693 ± 12 Ma (âge $^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$, Pb commun corrigé à l'aide du rapport $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ mesuré, 2σ).

Figure 6. Conventional Concordia diagram for all 14 spot analyses on zircons from the trondhjemite (BO5) near the Carnispola bridge. A group of 12 young ages appears on the right-hand side, close to the Concordia, giving Jurassic ages. Two individual spots gave very different ages at 431 ± 8 Ma ($^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$ age, 2σ) and 2693 ± 12 Ma ($^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$ age, common Pb corrected using the measured $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ratio, 2σ).

cette attribution, les granites alcalins U3 du batholite corse étant datés entre 285 et 290 Ma [6]. La présence d'une telle association U2–U3, caractéristique de la partie corse du batholite corso-sarde, est unique dans l'environnement hercynien actuel. Elle confirme l'hypothèse de l'alimentation de cette partie marginale de l'océan ligure par des sédiments provenant, pour leur plus grande partie, de l'érosion du batholite.

L'âge à 169 ± 3 Ma des trondhjemites et des ferrogabbros, sous-jacents aux laves en *pillows* de Balagne est cohérent avec celui déduit des données micropaléontologiques [26]. Les zircons datés à 431 ± 8 Ma et 2693 ± 12 Ma révèlent la présence d'un composant crustal hérité et/ou recyclé. Ceci suggère que des éléments de croûte continentale amincie devaient subsister sous le bassin océanique de Balagne, situé près de la marge du domaine océanique *s.s.*

L'ensemble de ces données conforte les interprétations paléogéographiques qui situent le bassin ophiolitique de Balagne en position proximale par rapport à une marge continentale [12] dont les caractéristiques présentent de fortes affinités européennes.

Annexe. Procédure analytique

Les mesures isotopiques ont été réalisées à l'aide de la microsonde ionique (SHRIMP II) de l'Australian National University de Canberra, selon la procédure analytique décrite par Claoué-Long et al. [4] et Williams [34]. Douze à 16 points analytiques (diamètre : 20 μm) ont été réalisés sur les zircons pour dater chacune des roches. Les domaines altérés et autres fissures et défauts cristallins sont soigneusement évités après étude des images des grains obtenues en cathodoluminescence et par microphotographie en lumière transmise. En général, les domaines très riches en U ne sont pas retenus, pour éviter, d'une part, de s'écarter du domaine de validité de la droite de calibration U–Pb et, d'autre part, de risquer des pertes de Pb radiogénique, en relation avec la métamictisation. On constate sur le Tableau 1 et sur la Fig. 4 que, malgré des teneurs toujours très élevées en U des zircons de la méta-arkose (VP 427), 11 des 13 points

analytiques restent tout à fait concordants et ne montrent aucune perte de Pb radiogénique. Au contraire, le point le plus pauvre en U (8,2 : U = 261 ppm) est l'un des deux points indiquant une perte de Pb*. On attribuera ces pertes de Pb* à des défauts cristallins, en relation avec une altération chimique partielle de ces deux zones analysées [5].

Tous les calculs ont été faits à 2σ (95% de limite de confiance) à l'aide du programme Isoplot/EX (version 2.34) de Ludwig [18], alors que les incertitudes sont données à 1σ dans les Tableaux 1 et 2 ; de la même manière, les ellipses d'erreur sont données à 1σ pour faciliter la lecture des Figs. 2–6. En raison de la grande variabilité du rapport $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ en fonction de l'âge durant le Phanérozoïque et de l'imprécision sur la mesure du pic ^{204}Pb pour les basses teneurs en Pb, la correction du Pb commun a été faite à partir des rapports mesurés $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ et $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ selon Tera et Wasserburg [32], méthode développée dans Compston et al. [7].

Références

- [1] E. Abbate, V. Bortolotti, M. Marcucci, P. Passerini, G. Principi, Genetic models for the Northern Apennines ophiolites: a discussion in the light of radiolarian biostratigraphy, *Ofioliti* 19 (1994) 333–347.
- [2] L. Beccaluva, S. Chiesa, M. Delaloye, K/Ar age determination on some Tethyan ophiolites, *Rend. Cont. Soc. It. Min. Petr.* 37 (1981) 869–880.
- [3] G. Boillot, C. Coulon, La déchirure continentale et l'ouverture océanique, *Géologie des marges passives*, Gordon and Breach, 1998, 208 p.
- [4] J.-C. Claoué-Long, W. Compston, J. Roberts, C.M. Fanning, Two Carboniferous ages: a comparison of SHRIMP zircon dating with conventional zircon ages and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ analysis, in: *Geochronology Time Scales and Global Stratigraphic Correlation*, SEPM (Society for Sedimentary Geology) Spec. Publ. N° 54, 1995, pp. 1–21.
- [5] A. Cocherie, C. Guerrot, C.M. Fanning, O. Legendre, Role of metamictization and alteration on U–Pb zircon age determination using various methods, in: 11th Annual Goldschmidt Conference 20–24 mai, Hot Springs, Virginie, États-Unis, 2001.
- [6] A. Cocherie, P. Rossi, M. Fanning, C. Guerrot, Comparative use of TIMS and SHRIMP for zircon dating: a reappraisal of the estimation of age uncertainties. Some examples from Corsica (France), in: 4th Hutton conference, Clermont-Ferrand, Doc. BRGM 290, 1999, p. 206.
- [7] W. Compston, I.S. Williams, J.-L. Kirschvink, Z. Zhang, G. Ma, Zircon U–Pb ages for Early Cambrian time scale, *J. Geol. Soc.*, London 149 (1992) 171–184.
- [8] M. Conti, M. Marcucci, P. Passerini, Radiolarian cherts and ophiolites in the Northern Apennines and Corsica. Age, correlations and tectonic frame of siliceous deposition, *Ofioliti* 10 (23) (1985) 203–224.
- [9] P. De Wever, T. Danelian, M. Durand-Delga, F. Cordey, N. Kito, Datations des radiolarites post-ophiolitiques de Corse alpine à l'aide des radiolaires, *C. R. Acad. Sci. Paris, série II* 305 (1987) 893–900.
- [10] P. De Wever, T. Danelian, Supra-ophiolitic radiolarites from Alpine Corsica (France), *Mém. Géol.*, Lausanne 23 (1995) 731–735.
- [11] M. Durand-Delga, Principaux traits de la Corse alpine et corrélation avec les Alpes ligures, *Mem. Soc. Geol. It.* 28 (1987) 285–329.
- [12] M. Durand-Delga, B. Peybernès, P. Rossi, Arguments en faveur de la position, au Jurassique, des ophiolites de Balagne (Haute-Corse, France) au voisinage de la marge continentale européenne, *C. R. Acad. Sci. Paris, série IIa* 324 (1997) 973–981.
- [13] M. Durand-Delga, M. Rieuf, M. Vanossi, Considérations sur la marge continentale européenne des Alpes ligures à la Corse (Briançonnais interne et Prépiémontais), *C. R. Acad. Sci. Paris, série II* 292 (1981) 83–90.
- [14] D. Lahondère, Les schistes bleus et les éclozites à lawsonite des unités continentales et océaniques de la Corse alpine. Nouvelles données pétrologiques et structurales, thèse, Doc. BRGM n° 240, université de Montpellier (USTL, 1991), 1996, 285 p.
- [15] D. Lahondère, C. Guerrot, Datation Nd–Sm du métamorphisme éclozitique en Corse alpine : un argument pour l'existence, au Crétacé supérieur, d'une zone de subduction active localisée le long du bloc corso-sarde, *Géologie de la France* 3 (1998) 3–11.
- [16] D. Lahondère, P. Rossi, J.-C. Lahondère, Structuration alpine d'une marge continentale externe : le massif du Tenda (Haute-Corse, France). Implications géodynamiques au niveau de la transversale Corse–Apennins, *Géologie de la France* 4 (1999) 27–44.
- [17] J.-C. Lahondère, D. Lahondère, Organisation structurale des «schistes lustrés» du cap Corse (Haute-Corse), *C. R. Acad. Sci. Paris, série II* 307 (1988) 1081–1086.
- [18] K.R. Ludwig, Users manual for ISOPLOT/EX, version 2. A geochronological toolkit for Microsoft Excel, Berkeley Geochronology Center Spec. Publ. 1a, 2000, 43 p.
- [19] R. Nardi, A. Puccinelli, M. Verani, Carta geologica della Balagne “sedimentaria” (Corsica) alla scala 1/25 000° note illustrative, *Boll. Soc. Geol. It.* 97 (1978) 3–22.
- [20] D. Ohnenstetter, M. Ohnenstetter, M. Durand-Delga, G. Rodriguez, Signification des tholéites continentales du Dogger prépié-

montais de Corse lors de la formation de l'océan Liguro-Piémontais, in : Résumés scientifiques BRGM, 1986, RS 2151, pp. 89–90.

[21] M. Ohnenstetter, The Corsican ophiolites and the deep Ivrea zone layered complexes and related mineralization. Guidebook for the post-symposium field excursion No. 2, in : Int. Symp. on Mineralizations related to Mafic and Ultramafic Rocks (IAGOD), Orléans France, 1–3 septembre, 1993.

[22] M. Ohnenstetter, D. Ohnenstetter, P. Vidal, J. Cornichet, D. Hermitte, J. Macé, Crystallization and age of zircon from Corsican ophiolitic albitites: consequences for oceanic expansion in Jurassic times, *Earth Planet. Sci. Lett.* 54 (1981) 397–408.

[23] E. Padoa, M. Durand-Delga, L'unité ophiolitique du Rio Magno en Corse alpine : éléments des Ligurides de l'Apennin septentrional, *C. R. Acad. Sci. Paris, série IIa* 333 (2001) 285–293.

[24] J. Pálffy, P.L. Smith, J.K. Mortensen, A U–Pb and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ time scale for the Jurassic, *J. Can. Earth Sci.* 37 (2000) 923–944.

[25] B. Peybernès, M. Durand-Delga, P. Cugny, Reconstitution, en Corse, au Jurassique moyen–supérieur, de la marge européenne de l'océan Liguro-Piémontais, grâce à des niveaux repères à *Praekurnubia crusei* (foraminifère), *C. R. Acad. Sci. Paris, série IIa* 332 (2001) 499–506.

[26] B. Peybernès, M. Durand-Delga, P. Rossi, P. Cugny, Nouvelles datations micropaléontologiques dans les séquences intra- et post-ophiolitiques de la nappe de Balagne (Corse) et essai de reconstitution d'un segment de la marge occidentale de l'océan liguro-piémontais, *Eclogae geol. Helv.* 94 (2001) 95–105.

[27] G. Rodriguez, Étude géologique de la Cima Pedani (Corse), thèse 3^e cycle, université Paul-Sabatier, Toulouse-3, France, 1981, 169 p.

[28] P. Rossi, M. Durand-Delga, Signification des dépôts de sables quartzeux au sein des basaltes jurassiques océaniques de Balagne (Corse), *Ofioliti* (sous presse).

[29] P. Rossi, M. Durand-Delga, J.-C. Lahondère, D. Lahondère, Notice explicative de la feuille Santo-Pietro-di-Tenda, Carte géologique de la France (1/50 000), BRGM, Orléans, France, 2001.

[30] P. Rossi, M. Durand-Delga, A. Cocherie, Caractère volcano-plutonique du magmatisme calco-alcalin composite d'âge Stéphanien supérieur–Permien inférieur en Corse, *C. R. Acad. Sci. Paris, série II* 316 (1993) 1779–1788.

[31] E. Saccani, E. Padoa, R. Tassinari, Preliminary data on the Pineto gabbroic massif and Nebbio basalts: progress toward the geochemical characterization of Alpine Corsica ophiolites, *Ofioliti* 25 (2000) 75–85.

[32] F. Tera, G.J. Wasserburg, U–Th–Pb systematics in three Apollo 14 basalts and the problem of initial Pb in lunar rocks, *Earth Planet. Sci. Lett.* 14 (1972) 281–304.

[33] G. Venturelli, S. Capedri, R.S. Thorpe, P.J. Potts, Rare-earth and trace element distribution in some ophiolitic metabasalts of Corsica, *Chem. Geol.* 24 (1981) 339–353.

[34] I.S. Williams, U–Th–Pb geochronology by ion microprobe, *Rev. Econ. Geol.* 7 (1998) 1–35.