



Available online at www.sciencedirect.com

SCIENCE @ DIRECT®

C. R. Geoscience 336 (2004) 1035–1040



Tectonique

Preuves de la discordance de l'Ordovicien supérieur dans la zone axiale des Pyrénées : exemple du dôme de la Garonne (Espagne, France)

Joaquín García-Sanseundo^{a,*}, Jordi Gavaldá^b, Juan Luis Alonso^a

^a Departamento de Geología, Universidad de Oviedo, c/Jesús Arias de Velasco, s/n. 33208 Oviedo, Espagne

^b Conselh Generau d'Aran, Vielha (Lleida), Espagne

Reçu le 25 novembre 2003 ; accepté après révision le 10 mars 2004

Disponible sur Internet le 10 juin 2004

Présenté par Michel Durand-Delga

Résumé

Dans le dôme de la Garonne, on montre l'existence d'une discordance cartographique entre l'Ordovicien supérieur et la série sous-jacente. On présente également des données du Planelh deth Pas Estret, situé dans le Sud-Est du dôme de la Garonne, où l'on prouve l'existence, à l'échelle de l'affleurement, d'une discordance angulaire. Les couches de la succession cambro-ordovicienne sont recoupées suivant un angle atteignant environ 20° par celles de la base de l'Ordovicien supérieur. Cette discordance est interprétée comme le résultat d'une extension pendant l'Ordovicien supérieur, ayant donné lieu au basculement vers le sud des couches du Cambro-Ordovicien. *Pour citer cet article : J. García-Sanseundo et al., C. R. Geoscience 336 (2004).*

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

Abstract

Evidence of the Upper Ordovician unconformity in the Hercynian Pyrenean Axial Zone: Garonne Dome (Spain, France). The geological mapping of the Garonne Dome had already shown an angular unconformity between the Upper Ordovician and the underlying series. This paper presents data from a nearby location, Planelh deth Pas Estret, southeast of the Garonne Dome, where the unconformity can be seen at outcrop scale. The unconformity angles amount to up to 20°. This unconformity is interpreted as a result of an extensional event of pre-Upper Ordovician age. *To cite this article: J. García-Sanseundo et al., C. R. Geoscience 336 (2004).*

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

Mots-clés : discordance ; Ordovicien supérieur ; Pyrénées ; tectonique hercynienne

Keywords: unconformity; Upper Ordovician; Pyrenees; Hercynian structure

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : j.g.sanseundo@geol.uniovi.es (J. García-Sanseundo).

Abridged English version

The Garonne Dome (Fig. 1) is located in the Axial Zone of the Pyrenees. Its core shows Cambro-Ordovician and Silurian rocks deformed by Hercynian folds and thrusts and by Alpine faults. In the central part of the Garonne Dome, the rocks are affected by high-degree Hercynian metamorphism [19,20], coeval with the main deformation phase.

This main deformation consists of a crenulation cleavage of subhorizontal attitude (S2), slightly deformed by later Hercynian structures. S2 foliation is associated to northwards verging recumbent folds of kilometric scale, with east–west axial trend [6–8].

From the geological mapping and structural analysis of the Garonne Dome, an unconformity at the base of the Upper Ordovician (Caradoc) can be inferred [6–8]. This paper shows the occurrence of the Caradoc unconformity at outcrop scale, which agrees with previously published works.

The lower part of the stratigraphic succession in the Garonne Dome consists of a thick succession of alternating quartzites and grey slates. In the middle of that succession, there is a recrystallised limestone known as the Bentaillou Limestone. The siliciclastic succession above the Bentaillou Limestone is the Orla Series, while the Urets Series is below [6].

The Upper Ordovician unit can be divided into two parts. The lower part, known as the Mall de Bulard Conglomerates, consists of slates with quartzitic clasts, which often presents coarse-grained sandstones or microconglomerates. The microconglomerates usually include quartz clasts, sometimes with corrosion gulfs, which evidence a volcanic origin, embedded in a sericitic or carbonate matrix [6]. The upper part of the unit presents some thin limestone beds interbedded with slates (Sandwich Limestone). The total thickness of the lower part of the unit amounts to 25–30 m.

The upper part of the Upper Ordovician unit is the Liat Beds, which is formed by some 20-m succession of dark grey slates, with millimetric to centimetric intercalations of fine-grained sandstones. The upper part of Liat Beds shows a carbonate and conglomerate level that has been related to the Hirnantian glaciation [9].

Above the Liat Beds, there are some Silurian black slates, which in this region are affected by a general decollement. This is thought to have given rise to imbricate thrust sheets with southward vergence.

The geological mapping of the Garonne Dome makes it possible to deduce that the succession underlying the Upper Ordovician has been tilted southwards and has been eroded before the Upper Ordovician sedimentation. Hence, in the southern part of the Garonne Dome, between the base of the conglomerates and the roof of the Bentaillou Limestone, some 400 m of the Orla Series crop out. Towards the north, the Orla Series gets gradually thinner until it reaches Bentaillou, where the conglomerates lie directly over the limestone (Figs. 1 and 2).

On the eastern slope of Planelh deth Pas Estret, the unconformity can be seen at the outcrop scale (Fig. 3). Here the Upper Ordovician conglomerates truncate the Orla Series, with an unconformity angle ranging between 10° and 20°. The intersection between the bedding of the Orla Series and the unconformity surface is a subhorizontal line with N-110 E trend. The fact that all the tectonic structures affecting the pre-Caradoc rocks also affect the Upper Ordovician rocks makes it possible to infer that the unconformity does not record a Caledonian orogenic event. The tilting that is observed in the pre-Caradoc beds could be associated to an extensional event related to basin development.

The clasts found in the Mall de Bulard conglomerates, of likely volcanic origin, support the explanation of this extensional event, already described in other areas of the European Hercynian Orogen. In nearby areas, such as Pierrefitte [1,3], Ribes de Fresser [17], the Mouthoumet Massif [4], or the Catalan Coastal Ranges [14] (Fig. 1), abundant effusive rocks are described deriving from Upper Ordovician acid or basic volcanism.

1. Introduction

L'existence et la signification d'une discordance de l'Ordovicien supérieur (Caradoc) sur le Paléozoïque plus ancien dans les Pyrénées ont fait l'objet de débats. Nos observations dans la partie médiane de la zone axiale de cette chaîne permettent de confirmer la réalité d'un tel phénomène et d'en proposer une réinterprétation.

Le dôme de la Garonne est une structure située dans la partie centrale de la zone axiale des Pyrénées. Dans son cœur affleurent des roches d'âge Cambro-Ordovicien et Silurien, déformées par des

plis et des chevauchements hercyniens, ainsi que par des failles alpines (Fig. 1). Au centre de ce dôme (dôme métamorphique de Bossòst), les roches cambro-ordoviciennes sont affectées par un métamorphisme hercynien, qui peut atteindre un degré élevé [19,20] et qui est contemporain de la phase de déformation principale. Celle-ci consiste en une schistosité de crénulation horizontale (S2), légèrement ployée par des structures hercyniennes postérieures, consistant en chevauchements dirigés vers le sud et en deux systèmes de plis droits de direction N-160 E et est-ouest, responsables de l'actuelle configuration du dôme de la Garonne. Autour du dôme métamorphique de Bossòst, il est possible d'observer que la foliation principale S2 est associée à des plis couchés d'échelle cartographique, de direction est-ouest et à vergence nord [6–8].

Dans le dôme de la Garonne ont été identifiés différents niveaux stratigraphiques, mais, du fait de leur caractère discontinu et de l'intense déformation, il a longtemps été impossible d'élaborer une colonne stratigraphique représentative de toute la zone ([2,10, 11,15], entre autres). À partir de l'étude de la structure et de la cartographie géologique, nous avons pu ordonner les différents niveaux stratigraphiques dans une colonne où nous avons mis en évidence l'existence d'une discordance à la base de l'Ordovicien supérieur (Caradoc) [6–8].

Cependant, Laumonier et al. [12] ont mis partiellement en question notre reconstruction stratigraphique, ainsi que l'effet que la discordance de l'Ordovicien supérieur provoque dans les séries inférieures. Dans ce travail, nous mettons en évidence l'existence de la discordance du Caradoc à l'échelle de l'affleurement. Cette observation est cohérente avec la cartographie d'ensemble et avec la colonne stratigraphique proposée.

2. Succession pré-caradocienne

Dans le dôme de la Garonne affleure, sous l'Ordovicien supérieur, une puissante succession silicoclastique, constituée par des alternances décimétriques bien stratifiées de quartzites et de schistes gris. À la partie moyenne de cette succession se place le « calcaire de Bentaillou ».

Ces calcaires, très recristallisés, sont généralement assez massifs et leur épaisseur est d'environ 100–

150 m. À leur base, ils surmontent généralement un niveau de schistes noirs (schistes pseudo-carburés). La succession silicoclastique qui affleure au-dessus du calcaire de Bentaillou a été qualifiée de série d'Orla et celle qui est située sous les calcaires de série d'Urets [6,8]. Ces deux successions silicoclastiques sont lithologiquement assez semblables.

3. Ordovicien supérieur (Caradoc–Ashgill)

Il correspond à une unité dont l'épaisseur se situe aux alentours de 50 m. Cette unité se divise en deux parties. L'inférieure correspond aux conglomérats de Mall de Bulard et la supérieure, schisteuse, aux couches de Liat.

3.1. Conglomérats de Mall de Bulard

Il s'agit de schistes mal stratifiés à galets de quartz, débutant généralement par une couche de grès grossiers avec des microconglomérats, dont l'épaisseur est de 5 à 10 m environ. Ces microconglomérats présentent en général des grains de quartz, quelquefois avec des golfes de corrosion, ce qui suggère leur origine volcanique, inclus dans une matrice sériciteuse ou carbonatée. À la base de l'unité, assez souvent, s'observent de vrais niveaux de conglomérats avec des éléments centimétriques de quartz, schistes, gneiss ou calcaires, toujours inclus dans une abondante matrice sériciteuse. De place en place, il est possible de trouver des couches minces (moins d'un mètre d'épaisseur) et discontinues de calcaire dans la même unité, tandis qu'à sa partie supérieure, ces couches ont un caractère beaucoup plus continu, arrivant à constituer un niveau-repère, que l'on nomme « calcaire sandwich », dont l'épaisseur ne dépasse pas 5 m. L'épaisseur totale de cette unité de Mall de Bulard, avec le calcaire sandwich, est d'environ 25 ou 30 m.

3.2. Couches de Liat

Elles correspondent à une succession de schistes gris foncé, avec des intercalations millimétriques ou centimétriques de grès à grain fin, situés au-dessus du calcaire sandwich. La partie supérieure des couches de Liat est caractérisée par l'existence d'un niveau charbonneux et des conglomérats, épais d'environ 1 m, ayant une certaine continuité latérale et une

base nette. Au-dessus de ce niveau de conglomérats affleure un niveau de quartzites. La présence de ces conglomérats à base érosive de la partie supérieure des couches de Liat a été mise en rapport avec une chute subite du niveau de la mer et une érosion postérieure, précédant le dépôt de ce conglomérat lié à la glaciation hirnantiennne [9].

Au-dessus des couches de Liat, on peut trouver les schistes noirs du Silurien qui, dans cette région, donnent lieu à un décollement généralisé, auquel sont liés de nombreux petits chevauchements imbriqués dirigés vers le sud.

4. La discordance de l'Ordovicien supérieur

Le caractère discordant de l'Ordovicien supérieur a été reconnu dans certaines localités de la zone axiale de Pyrénées, telles que la partie sud de l'Andorre et le versant sud du massif de Carança [18], la région au nord-est de Ribes de Fresser [13] et le massif des Aspres [16] (Fig. 1). La cartographie géologique

du dôme de la Garonne [6,8] permet de déduire le caractère discordant de la base de l'Ordovicien supérieur. Au sud du dôme de la Garonne, dans la zone du port d'Orla, on observe qu'entre la base des conglomérats de Mall de Bulard et le toit du calcaire de Bentaillou s'intercalent 400 m de quartzites et de schistes de la série d'Orla. Vers le nord, celle-ci diminue progressivement d'épaisseur, jusqu'à ce que, dans la zone de Bentaillou, les conglomérats s'appuient directement sur le calcaire de Bentaillou (Fig. 2). Il semble donc que la succession antérieure à l'Ordovicien supérieur ait été basculée vers le sud et érodée avant le dépôt de l'Ordovicien supérieur.

Au sud du dôme de la Garonne, dans le versant sud-occidental du Planelh de Pas Estret (Fig. 3), on peut observer directement cette discordance. Ici, la base de l'Ordovicien supérieur recoupe les couches de la Série d'Orla avec un angle apparent relativement élevé, de 25° environ. À partir de plusieurs mesures, faites en des points voisins où affleurent l'Ordovicien supérieur et la série d'Orla, on a pu déterminer que

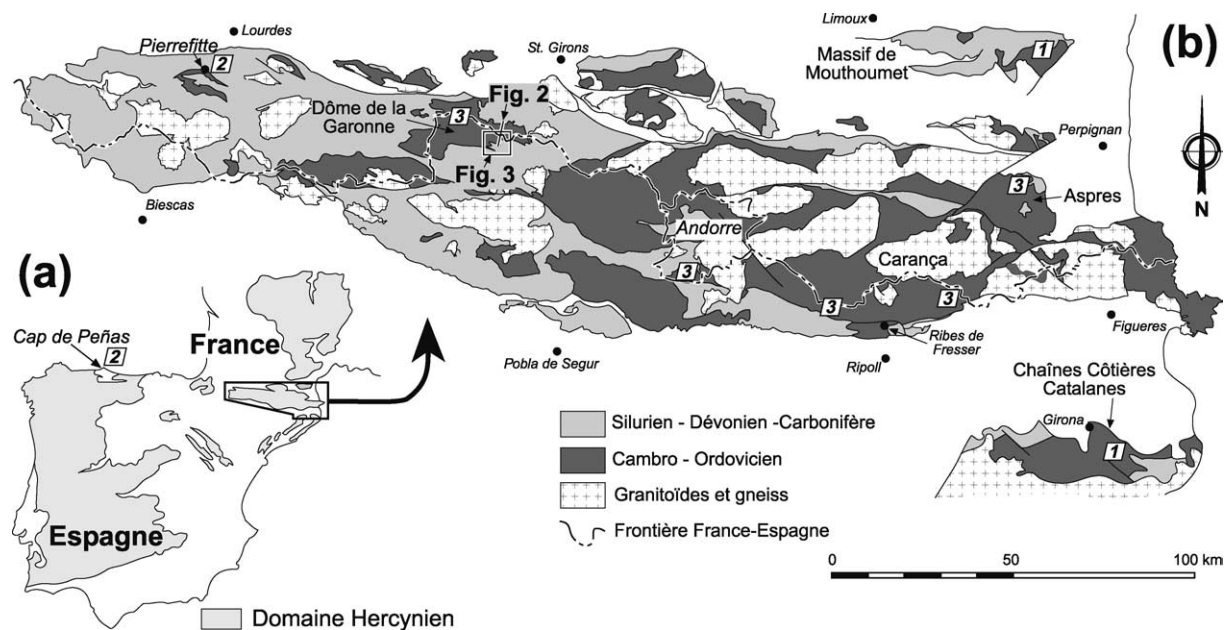


Fig. 1. (a) Schéma géologique du massif hercynien ibérique et du Sud de la France. (b) Schéma géologique de la zone axiale des Pyrénées, massif de Mouthoumet et Chaînes côtières catalanes. 1 : Ordovicien supérieur avec certains niveaux de roches volcaniques acides ; 2 : Ordovicien supérieur avec roches volcaniques basiques pour l'essentiel ; 3 : localités où la discordance de l'Ordovicien supérieur a été décrite (voir texte).

Fig. 1. (a) Geological map of the Hercynian massif of Iberia and southern part of France. (b) Geological map of the Pyrenees Axial Zone, Mouthoumet Massif and Catalan Coastal Ranges. 1: Acid volcanic rocks of Upper Ordovician age; 2: basic volcanic levels of Upper Ordovician age; 3: areas where the Upper Ordovician angular unconformity is known (see text).

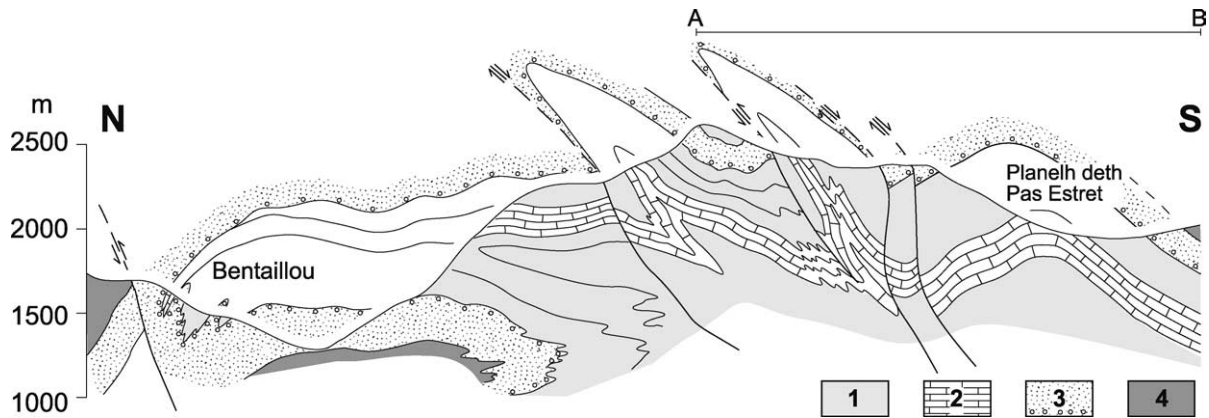


Fig. 2. Coupe structurale transversale de la partie sud-orientale du dôme de la Garonne, qui montre la discordance de l'Ordovicien supérieur. (1) Cambro-Ordovicien (séries d'Orla et Urets), (2) calcaire de Bentaillou, (3) Ordovicien supérieur, (4) schistes noirs siluriens (ampélites). Localisation sur la Fig. 1.

Fig. 2. Cross-section of the southeastern part of the Garonne Dome, showing the angular unconformity below the Upper Ordovician. (1) Cambro-Ordovician rocks (Orla and Urets series), (2) Bentaillou Limestone, (3) Upper Ordovician rocks, (4) Silurian black slates. Location in Fig. 1.

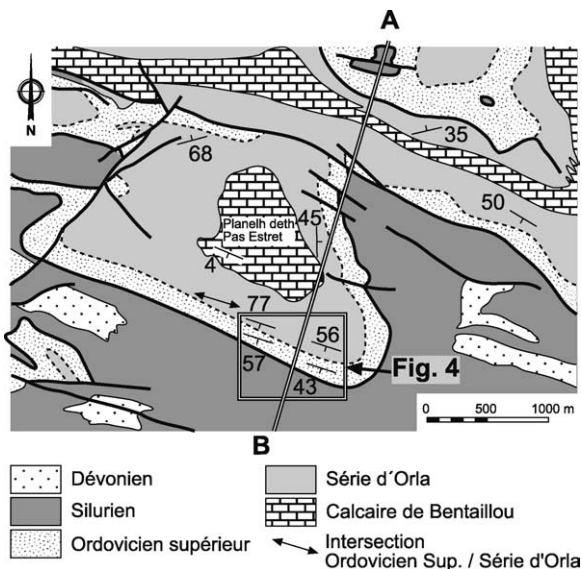


Fig. 3. Carte géologique de la zone de Planelh deth Pas Estret à la partie sud-orientale du Dôme de la Garonne. A–B : Partie méridionale de la coupe géologique de la Fig. 2. Localisation sur la Fig. 1.

Fig. 3. Geological map of Planelh deth Pas Estret, located in the southeastern part of the Garonne Dome. A–B: Southern part of the cross-section of Fig. 2. Location in Fig. 1.

l'angle réel entre les deux ensembles lithologiques variait de 10° à 20°. L'intersection entre les couches de la série d'Orla et la base de la discordance correspond

à une ligne subhorizontale de direction N-110 E. La Fig. 4 montre que la base des conglomérats de Mall de Bulard recoupe des couches de la série d'Orla progressivement de plus en plus anciennes en allant vers le nord, ce qui est cohérent avec les informations fournies par la cartographie géologique.

5. Conclusions

La discordance de l'Ordovicien supérieur des Pyrénées a parfois été rapportée à un événement orogénique calédonien [13]. Dans le dôme de la Garonne, cette discordance fossilise un basculement vers le sud de la succession pré-caradocienne, que l'on peut aussi interpréter comme étant lié à une extension continentale contemporaine de la sédimentation de l'Ordovicien supérieur. Le fait que les conglomérats de Mall de Bulard aient des éléments de possible origine volcanique (quartz à golfes de corrosion) appuie la thèse d'un tel événement « extensionnel », décrit dans d'autres zones de l'orogène varisque d'Europe. Dans des secteurs voisins, comme ceux de Pierrefitte [1,3] et de Ribes de Fresser [17], situés également dans la zone axiale des Pyrénées, ou dans le massif de Moutoumet [4], dans les Chaînes côtières catalanes [14] et au cap de Peñas (Nord-Ouest de la péninsule Ibérique) [5], on connaît l'existence d'abondantes roches effusives liées à un volcanisme acide ou basique, essentiellement de l'Ordovicien supérieur (Fig. 1).

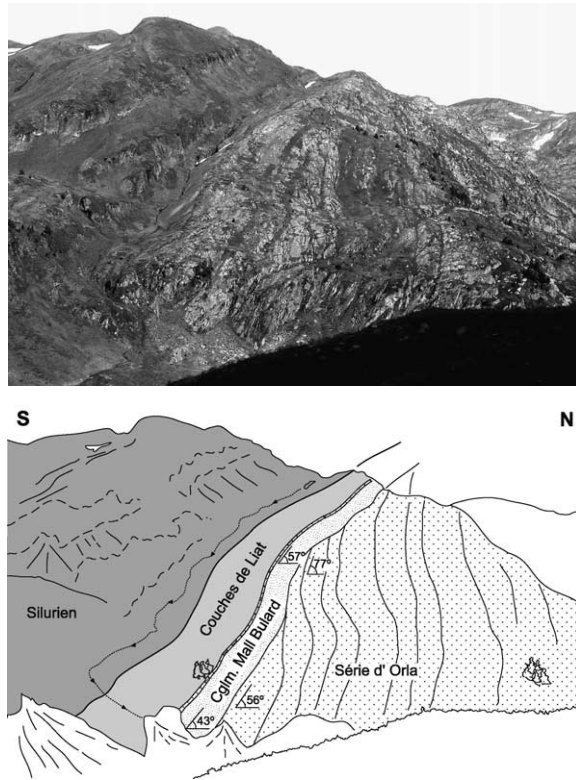


Fig. 4. Discordance de l'Ordovicien supérieur de la falaise située à la partie sud-occidentale de Planelh deth Pas Estret (Sud-Est du dôme de la Garonne). Localisation sur la Fig. 3.

Fig. 4. Angular unconformity of the Upper Ordovician in the western slope of Planelh deth Pas Estret (southeastern part of the Garonne Dome). Location in Fig. 3.

Remerciements

Les auteurs remercient MM. Michel Durand-Delga, Bernard Laumonier et Claude Majesté-Menjoulas pour la révision de cet article, ainsi que Mmes Noëlle De San Leandro et Ana Ojanguren pour la traduction.

Références

- [1] J.P. Bois, G. Pouit, Y. Gros, B. Guérangé, P. Picot, Les minéralisations de Zn (Pb) de l'anticlinorium de Pierrefitte : un exemple de gisements hydrothermaux et sédimentaires associés au volcanisme dans le Paléozoïque des Pyrénées centrales, *Bull. BRGM* 6 (1976) 543–567.
- [2] J. Boissonnas, Carte géologique à 1:50 000 « Pic de Maubermé » (1085), Service Géologique National, BRGM, Orléans, France, 1972.
- [3] P. Calvet, Étude structurale de l'anticlinorium de Pierrefitte (zone axiale des Pyrénées). Influence des déformations hercyniennes sur les minéralisations stratiformes, thèse, université d'Orléans, 1988.
- [4] M. Durand-Delga, B. Gèze, Les venues éruptives ordoviciennes de La Camp près de Félines-Termenès (massif de Moutoumet, Aude), *C. R. somm. Soc. géol. France* (1956) 268–271.
- [5] G. Gallastegui, C. Aramburu, P. Barba, L.P. Fernández, A. Cuesta, Vulcanismo del Paleozoico Inferior en la Zona Cantábrica (NO de España), in: J.C. Gutiérrez-Marco, J. Saavedra, I. Rábano (Eds.), *Paleozoico Inferior de Ibero-América*, Universidad de Extremadura, 1992, pp. 435–452.
- [6] J. García-Sanseguno, Estratigrafía y estructura de la Zona Axial pirenaica en la transversal del Valle de Arán y de la Alta Ribagorça, *Publ. Esp. Bol. Geol. Min.* 102–103 (1992).
- [7] J. García-Sanseguno, Hercynian structure of the Axial Zone of the Pyrenees: the Aran Valley cross-section (Spain–France), *J. Struct. Geol.* 18 (1996) 1315–1325.
- [8] J. García-Sanseguno, J.L. Alonso, Stratigraphy and structure of the southeastern Garona Dome, *Geodin. Acta* 3 (1989) 127–134.
- [9] I. Gil-Peña, A. Barnolas, J. Sanz, J. García-Sanseguno, J. Palau, Discontinuidad sedimentaria del Ordovícico terminal en los Pirineos centrales, *Geogaceta* 29 (2001) 57–60.
- [10] W.F.J. Kleinsmiede, The geology of the Valle de Aran (Central Pyrenees), *Leidse geol. Meded.* 25 (1960) 129–245.
- [11] B. Laumonier, Les groupes Canaveilles et de Jujols (Paléozoïque inférieur) des Pyrénées orientales ; arguments en faveur de l'âge essentiellement Cambrien de ces séries, *Hercynica* 4 (1988) 25–38.
- [12] B. Laumonier (coord.), et al., Cambro-Ordovicien, in: A. Barnolas, J.-C. Chiron, B. Guérangé (Eds.), *Le cycle hercynien*, in: *Synthèse géologique et géophysique des Pyrénées*, vol. 1, Éditions BRGM–IGME, 1996, pp. 157–210.
- [13] J.A. Muñoz, J.A. Casas, Tectonique préhercynienne, in: A. Barnolas, J.-C. Chiron, B. Guérangé (Eds.), *Le cycle hercynien*, in: *Synthèse géologique et géophysique des Pyrénées*, vol. 1, Éditions BRGM–IGME, 1996, pp. 587–589.
- [14] M. Navidad, A. Barnolas, El magmatismo (Ortoneises y volcanismo del Ordovícico Superior) del Paleozoico de los Catalánides, *Bol. Geol. Min.* 102 (1991) 187–202.
- [15] G. Pouit, Les minéralisations Zn–Pb exhalatives sédimentaires de Bentaillou et de l'anticlinorium paléozoïque de Bossòst (Pyrénées ariégeoises, France), *Chron. Rech. min.* 485 (1986) 3–16.
- [16] J. Ravier, J. Thiébaud, M. Chevenoy, Sur l'importance des événements calédoniens dans l'histoire de la chaîne pyrénéenne, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. D* 280 (1975) 2521–2523.
- [17] J.-F. Robert, Étude géologique et métallogénique du Val de Ribas sur le versant espagnol des Pyrénées catalanes, thèse, université de Besançon, 1980.
- [18] P. Santanach, Sobre una discordancia en el Paleozoico inferior de los Pirineos orientales, *Acta Geol. Hisp.* 5 (1972) 129–132.
- [19] H.J. Zwart, Metamorphic history of the Central Pyrenees, Part II. Valle de Arán, *Leidse geol. Meded.* 28 (1963) 321–376.
- [20] H.J. Zwart, The geology of the Central Pyrenees, *Leidse geol. Meded.* 50 (1979) 1–74.