

## Gaston Astre et la géologie de la région Cadí - Pedraforca. Histoire d'une cartographie inédite réalisée de 1922 à 1927?

Michel Bilotte<sup>1</sup> et Enric Aragonès<sup>2</sup>

### Abstract

BILLOTTE, M. and ARAGONÈS, E. Gaston Astre and the geology of the Cadí - Pedraforca area. History of an unpublished cartography compiled between 1922 and 1927?

Like other historic institutions, the Laboratory of Geology of Paul Sabatier University (Toulouse, France) keeps in its archives and collections several original and unknown documents which may have some interest for the history of scientific knowledge and its evolution. For this reason we present here a geological map of the Cadí-Pedraforca area (Catalonia), compiled by Gaston Astre between 1922 and 1927 and recently found in that Laboratory. His author was the first to recognize the existence of thrust fault tectonics in this area of southern Pyrenees.

Key words: History of Science, Geology, 20<sup>th</sup> century, Pyrenees, Catalonia, Spain, Astre

### Resumen

BILLOTTE, M. y ARAGONÈS, E. Gaston Astre y la geología de la región Cadí-Pedraforca. Historia de una cartografía inédita realizada entre 1922 y 1927?

Al igual que otros laboratorios históricos, el de Geología de la Universidad Paul Sabatier de Toulouse (Francia) contiene en sus colecciones y archivos documentos inéditos u olvidados que, si bien no son actualmente vigentes, no dejan de tener interés desde el punto de vista de la historia y la evolución de las ideas científicas. Es por ello que el descubrimiento de un mapa geológico inédito de la región de Cadí-Pedraforca realizado por Gaston Astre entre 1922 y 1927 merece a nuestro entender una publicación póstuma, aunque sólo sea para reconocer que dicho autor fue el primero en reconocer las relaciones autóctono-alóctono entre la sierra del Cadí y el dominio del Pedraforca.

Palabras clave: Historia de la Ciencia, Geología, siglo XX, Pirineos, Cataluña, España, Astre

### Resum

BILLOTTE, M. i ARAGONÈS, E. Gaston Astre i la geologia de la regió Cadí-Pedraforca. Història d'una cartografia inèdita realitzada de 1922 a 1927?

Igual que altres laboratoris històrics, el de Geologia de la Universitat Paul Sabatier de Tolosa de Llenguadoc serva en les seves col·leccions i arxius documents inèdits o oblidats que, malgrat no siguin actualment vigents, tenen interès per a l'estudi i l'evolució de les idees científiques. És per això que la descoberta d'un mapa geològic inèdit de la regió del Cadí-Pedraforca que Gaston Astre hi va realitzar entre 1922 i 1927 ens ha semblat que mereixia una publicació pòstuma, encara que fos només per recordar que va ser el primer en reconèixer les relacions autòcton-al·lòcton entre la serra del Cadí i el domini del Pedraforca.

Paraules clau: Història de la Ciència, Geologia, segle XX, Pirineus, Catalunya, Espanya, Astre

### Résumé

Comme de nombreux laboratoires historiques, le Laboratoire de Géologie de l'Université Paul-Sabatier de Toulouse (France) renferme dans ses collections et ses archives des documents inédits ou oubliés qui, même s'ils ne présentent plus actuellement qu'un caractère anecdotique, n'en sont pas moins intéressants du point de vue de l'histoire et de l'évolution des idées scientifiques. C'est pourquoi, la découverte d'une cartographie géologique inédite de la région de Cadí - Pedraforca, réalisée par Gaston Astre dans les années 1922 - 1927, nous a semblé mériter une publication posthume, ne serait-ce que pour rappeler qu'il fut le premier à reconnaître les relations autochtone - allochtone entre Sierra del Cadí et domaine de Pedraforca.

Mots-clés : Histoire de la Science, Geologie, s. XX, Pyrénées, Catalogne, Espagne, Astre

---

<sup>1</sup> Service Commun d'Etude et de Conservation du Patrimoine et Géosciences Environnement Toulouse, Université Paul Sabatier, 39 allées Jules Guesde, 31400 Toulouse, France. bilotte@get.obs-mip.fr

<sup>2</sup> Direcció General d'Energia i Mines, Generalitat de Catalunya. Pamplona, 113, 08018 Barcelona, Espanya. aearava@gencat.cat

## INTRODUCTION

Gaston Astre fut nommé en 1920 assistant de Géologie à la Faculté des Sciences de Toulouse. Il entreprit en 1922, à l'instigation de son Maître Charles Jacob, des études sur le versant Sud des Pyrénées. Le vaste domaine qui lui fut attribué correspondait aux séries sédimentaires méso-cénozoïques qui se développent au sud de la « Zone Axiale », entre Sègre et Llobregat. Pendant quatre années il parcourut ce vaste territoire, que l'on imagine alors très difficile d'accès, collectant de grandes quantités de fossiles, en particulier des rudistes, et dressant une cartographie régionale détaillée. L'ensemble de ces matériaux devait constituer les fondements d'une monographie qui ne fut jamais réalisée. Pourtant, quelques articles sur la tectonique de ce domaine, parus entre 1924 et 1926, étaient pour le moins novateurs. Gaston Astre y démontrait l'allochtonie de la zone de Pedraforca qui constituait un ensemble « tectoniquement superposé à la zone de Cadi ;... une nappe de recouvrement. ». Étrangement ces travaux n'eurent pas l'écho escompté et, dans les décennies qui suivirent, Gaston Astre ne publia plus sur ce domaine que quelques études de stratigraphie et de paléontologie. Puis la géologie de la zone de Pedraforca retomba dans l'oubli pour de nombreuses années et ce n'est qu'en 1969 que la « nappe de la Pedraforca » fut redécouverte.

Pendant ce temps, la cartographie de Gaston Astre, reposait, oubliée dans les collections du Laboratoire de Géologie de l'Université de Toulouse. Elle fut retrouvée à l'occasion des profonds remaniements qu'a connus récemment cette institution. L'idée a alors germée d'en réaliser la publication posthume qui, compte-tenu de la nature du sujet, trouvait sa place dans le patrimoine scientifique catalan. C'est donc une « plongée » dans l'univers géologique du début du XX<sup>ème</sup> siècle que se propose de faire revivre cet article.

## GASTON ASTRE (1896-1975)

Gaston Astre (Fig. 1) est né à Toulouse le 16 avril 1896. Après des études secondaires au Lycée Pierre-de-Fermat il s'inscrit simultanément à la Faculté mixte de Médecine et de Pharmacie et à la Faculté des Sciences. La guerre de 1914-1918 interrompt ses études. La tourmente passée, il soutient en 1920 une thèse de Pharmacie, termine sa licence ès Sciences et devient assistant de géologie en 1921.

À l'instigation de son Maître Charles Jacob, il entreprend dès 1922, une étude géologique de la région montagneuse sud-pyrénéenne du Cadí et de Pedraforca, entre les vallées du Sègre et du Llobregat. Très vite il conclut à l'allochtonie des séries de Pedraforca sur celles du Cadí (Astre, 1924). Malheureusement le mémoire de thèse ne fut jamais rédigé et la carte géologique qui devait l'accompagner ne fut pas éditée. Seuls parurent pendant les décennies suivantes des travaux ponctuels de stratigraphie et de paléontologie dont témoigne toujours, dans les vitrines du Laboratoire de Géologie de Toulouse, une très riche collection de fossiles.

Puis G. Astre concentre son activité sur le versant nord des Pyrénées ; il participe, avec les collaborateurs de

C. Jacob, aux campagnes de travaux géologiques qui aboutirent, dès 1928, à l'abandon des théories nappistes de Léon Bertrand sur le versant nord des Pyrénées.

Mais si une impressionnante notice de titres et travaux (508 références) atteste que la géologie sous toutes ses formes a attiré G. Astre (géologie de terrain, géomorphologie, pétrographie, minéralogie et même préhistoire et anthropologie), c'est bien la paléontologie qui a constitué son domaine d'investigation privilégié (Astre 1942, Casteras 1975). Il s'est intéressé avec un égal bonheur à des groupes aussi variés et différents que les foraminifères, les mollusques gastéropodes et bivalves, avec une mention particulière pour les rudistes, et enfin les mammifères. Sa notoriété reconnue sur les faunes continentales des séries molassiques du Tertiaire aquitain (Lauragais, Tolosan, Gers et Comminges), ont drainé vers lui nombre de trouvailles régionales et alimenté une foule d'articles, mais aussi les vitrines des collections de paléontologie de l'Université de Toulouse.

Cette débordante activité scientifique lui valut en 1950, d'accéder au titre de Maître de Recherches au CNRS. Conjointement, ses fonctions d'enseignant n'étaient pas réservées aux seuls étudiants de la Faculté des Sciences, où il fut nommé Chef de Travaux en 1949 ; elles s'exerçaient aussi à l'Institut Agronomique et la Faculté de Médecine et de Pharmacie.

De même, il occupa différentes fonctions administratives hors de l'Université: Directeur du Muséum de la ville de Toulouse et Conservateur de la section Paléontologie et Géologie, de 1944 à 1962 ; Président de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse, de l'Académie des Sciences Inscriptions et Belles-Lettres de Toulouse, de l'Académie Julien-Sacaze du Pays de Luchon, Membre correspondant de l'Institut Catalana d'Història Natural de Barcelone, ...



Fig. 1. Portraits de G. Astre à 18 ans (1914), à 42 ans (1938) et à plus de 70 ans.

Fig. 1. Gaston Astre at 18, 42 and over 70 years old.



Admis à la retraite en 1961, il produisit encore, malgré le handicap d'un Parkinson envahissant, une centaine de publications dont la dernière en 1974, quelques mois seulement avant son décès en février 1975.

## LE CONTEXTE HISTORIQUE

En ce début de XXème siècle, lorsque G. Astre se lance dans son aventure sud-pyrénéenne, les connaissances géologiques de ces régions sont pour le moins imprécises et fragmentaires. Les travaux anciens de De Verneuil et Collomb (1852), De Verneuil et De Keyserling, (1861) sont trop généraux et ceux de Leymerie (1868) trop limités ; en Catalogne, à partir de 1874, les nombreuses études stratigraphiques et paléontologiques de L. M. Vidal, fournissent déjà des bases solides pour des comparaisons de plus grande ampleur, en particulier pour le Crétacé. Certaines de ces études ont eu pour cadre les régions de Cadí - Pedraforca (Fig. 2).

D'un point de vue cartographique les documents sont rares et généraux ; la carte géologique de la France de Vasseur et Carez (1889) déborde sur le nord de l'Espagne, mais son échelle, le 1/500 000ème, ne permet qu'un positionnement des grands ensembles géologiques, sédimentaires et tectoniques. Il en va de même de la carte géologique de l'Espagne au 1/400 000ème, levée par le corps des Ingénieurs des Mines (Fernández de Castro, 1889), parmi lesquels Vidal.

En 1922, cette cartographie était obsolète, mais l'Etat espagnol n'avait pas pour projet de l'actualiser car le principal obstacle était l'absence d'un fond topographique de qualité. C'est la raison pour laquelle le gouvernement régional de Catalogne décida, en 1916, d'étendre au reste du territoire catalan la cartographie topographique et géologique réalisée par le Chanoine Almera dans les environs de Barcelone au 1/40 000ème. En 1919 la décision fut prise d'établir une cartographie topographique au 1/100

000ème devant servir de support à la cartographie géologique confiée à l'abbé Faura i Sans. Mais en juillet 1924, l'autorité militaire espagnole suspendit le projet cartographique catalan.

Du point de vue des idées, depuis la synthèse cartographique réalisée par De Margerie et Schrader (1892), la structure de la chaîne est devenue un formidable sujet de réflexion pour les tectoniciciens. C'est le cas en particulier de L. Bertrand qui développe, sur le versant nord, une théorie nappiste. A la même période, Dalloni (1910) termine son ouvrage sur la géologie des Pyrénées de l'Aragon, et se lance dans l'étude à la fois cartographique et stratigraphique, des Pyrénées Catalanes, où, dès 1913, il met en place les éléments d'une « Nappe des Nogueras ».

C'est le moment où entre en scène Charles Jacob. Ce savoyard, né en 1878, est un élève de W. Kilian ; Préparateur (=Assistant) de Géologie à la Faculté des Sciences de Grenoble de 1902 à 1909, il soutient en 1907 une thèse de paléontologie et de stratigraphie sur les terrains crétacés des Alpes ; nommé successivement, Maître de Conférences à Bordeaux (1909) puis Professeur adjoint (1912), il devient la même année titulaire de la chaire de Géologie de Toulouse. Les Pyrénées vont devenir jusqu'en 1928 son terrain de jeu privilégié. Comme il l'écrivait plus tard (Jacob, 1927), « il aborde les Pyrénées par le Sud ». Dès 1914 il « lance l'idée d'une nappe de recouvrement dite du Montsec ». Cette nappe « s'est déplacée vers le Nord, suivant au moins 50 km, jusqu'à venir buter contre la Zone primaire axiale... Le choc ... a produit un contrecharriage vers le Sud, qui correspond à la Nappe des Nogueras... » (Jacob et Fallot, 1914) ; cet article fut immédiatement contesté vigoureusement par Dalloni (1914) qui réaffirma le déversement au sud et l'enracinement de la zone du Montsec. L'affaire en resta là pour raison de guerre et autres occupations, Jacob étant en charge, de 1918 à 1922, de la réorganisation du Services Géologique de l'Indochine.

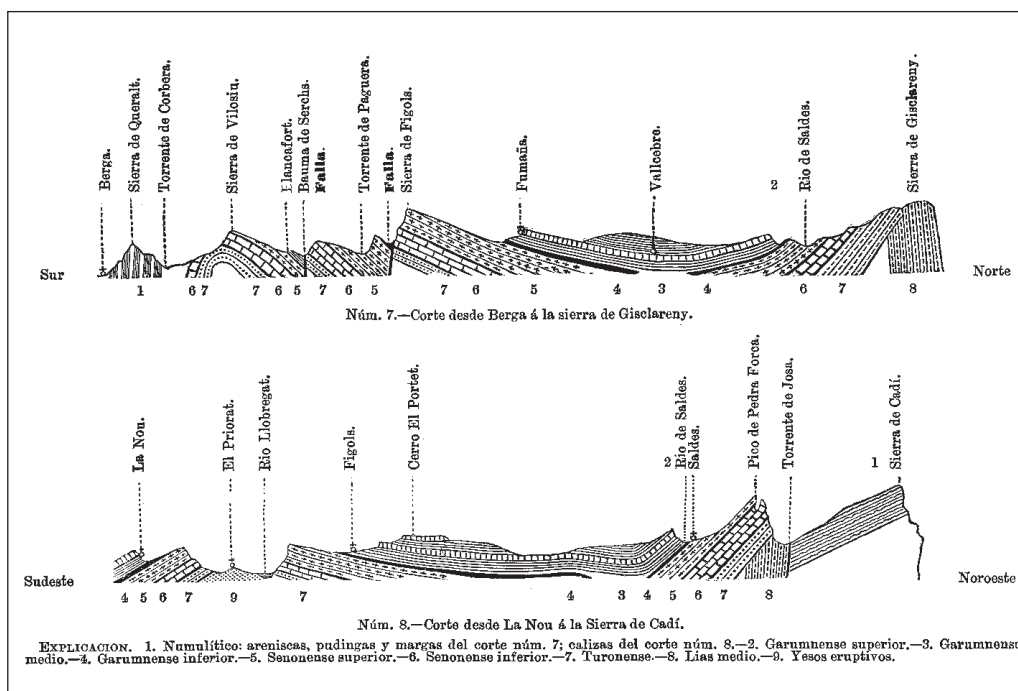


Fig. 2. Coupe allant de La Nou à la Sierra del Cadí, d'après Vidal (1878).

Fig. 2. Geological cross-section between La Nou and Sierra del Cadí, after Vidal (1878).

**TRAVAUX GÉOLOGIQUES DE G. ASTRE EN Cerdagne ET HAUT-BERGUEDÀ**

*Contribution à la Carte Géologique de la Catalogne (1922-1923).* En 1922, Jacob est revenu d'Indochine et Astre a commencé son étude de la zone montagneuse de Cadí - Pedraforca. En même temps, il a établi des relations avec les géologues du Service Géologique de la Catalogne : Marià Faura i Sans, directeur, et Josep Ramon Bataller, assistant, peut-être par l'entremise de Paul Fallot, qui collabora avec eux dès 1919 pour l'étude du Jurassique de la Catalogne méridionale. Grâce à des documents d'époque et a des correspondances inédites conservées au Musée Géologique du Séminaire de Barcelone (MGSB), la chronologie des relations entretenues entre les acteurs catalans de la géologie sud-pyrénéenne et l'école toulousaine de Jacob a pu être retracée avec une certaine précision (Aragonès, 2010).

En 1923 la topographie de la feuille n° 8 (Puigcerdà) de la Carte de la Catalogne est enfin prête. Faura commence donc à collecter l'information géologique auprès de différents auteurs, dont G. Astre cité dans un mémoire de juillet de la même année (Aragonès, 2006). Un an après Faura, l'abbé Bataller ainsi que beaucoup d'autres professeurs et fonctionnaires défavorables au nouveau gouvernement sorti d'un coup d'état militaire furent démis de leurs fonctions ce qui entraîna la suspension *sine die* du grand projet cartographique catalan. La consternation avec laquelle Astre reçut la mauvaise nouvelle ressort d'une correspondance avec l'abbé Bataller :

*C'est avec peine que nous avons appris par votre carte confirmation des mauvaises nouvelles dont nous avons eu l'écho. Et il est tout-à-fait regrettable que des compétences scientifiques comme celles du Dr. Faura i Sans et de vous, soient à la merci des vicissitudes politiques*

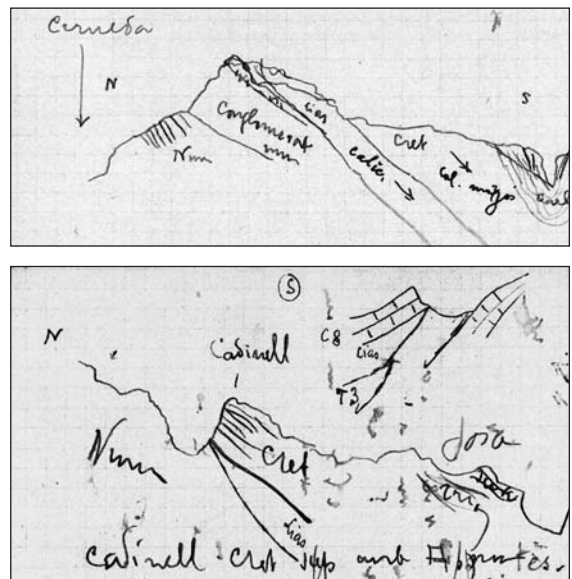
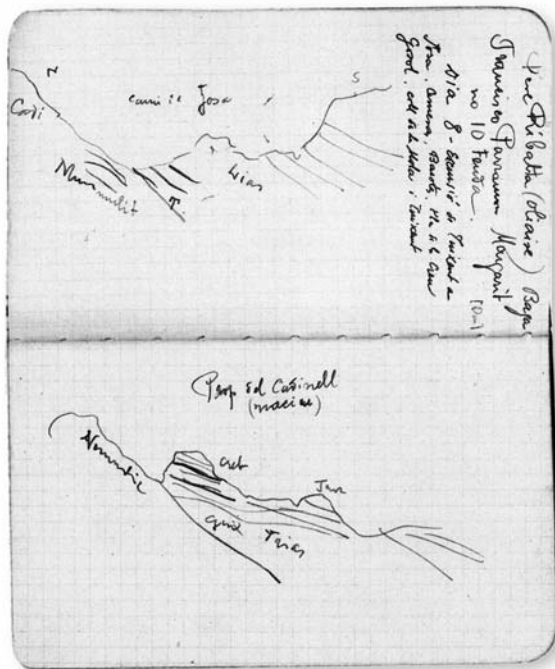
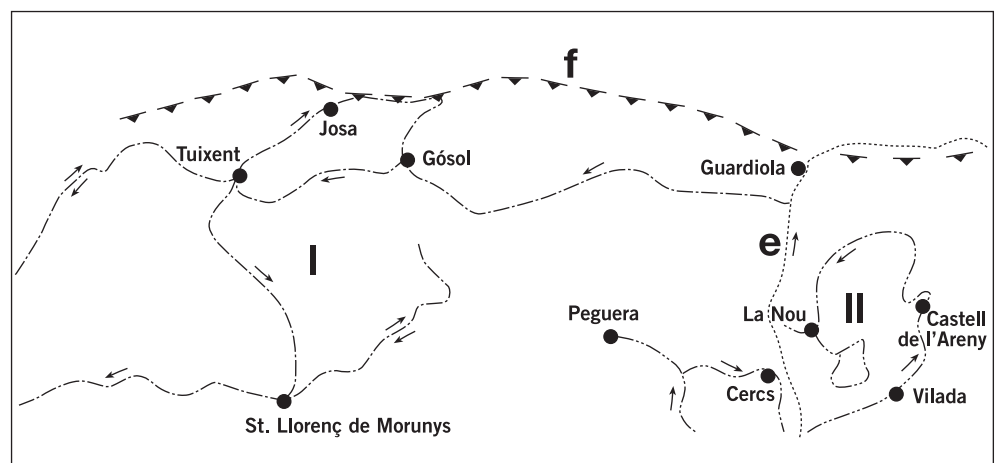


Fig. 3. Coupes montrant la superposition des séries aux environs de Josa del Cadí, 8/04/1924. Dessins de Bataller et d'un de ses collègues –Fallot?– dans le cahier de campagne de l'abbé (MGSB).

Fig. 3. Geological cross-sections showing a tectonic overlap between two geological series. Drawings from Bataller and one of his colleagues –Fallot?– in Bataller's notebook (MGSB).

Fig 4. Itinéraires d'Astre et Bataller dans le Haut-Berguedà. I: Excursion avec Fallot et Jacob, avril 1924; II: Juillet 1925; e: Excursion C-4 du XIV CGI, dont Bataller était en charge; f: Contact "anormal" entre les séries du Cadí et Pedraforca, tracé par Bataller sur sa carte topographique de campagne. Fig 4. Astre-Bataller itineraries in the Berguedà Highlands: I: Field trip of april, 1924, with Jacob and Fallot; II: Field trip of july, 1925; e: projected C-4 excursion of XIV IGC, prepared by Bataller; f: "Anormal" contact between Cadí and Pedraforca series, traced by Bataller on its topographic guide-map.



*d'une nation. Nous vous prions de vouloir bien croire à toute notre sympathie à l'occasion des mesures de rigueur dont vous avez été l'objet.* (Astre : lettre à l'abbé Bataller, 15 juillet, 1924, MGSB).

Nous ignorons quel fut l'impact de cette décision sur les premiers travaux d'Astre dans les Pyrénées catalanes ; étant donné que la feuille 8 ne couvre seulement que la bordure N de son territoire de thèse, on peut imaginer que l'absence de ce petit domaine cartographique autour de Bellver en Cerdagne, fut sans préjudice pour son travail (voir le schéma cartographique de cette aire dans Astre, 1927a).

*Cartographie géologique et premières publications (1924-1925).* A Barcelone, l'abbé Bataller est, dès 1923, en charge de l'excursion C-4 du futur Congrès Géologique International de Madrid (1926). En avril 1924, il est convié par Jacob, Fallot et Astre, à un large périple incluant le sud de la Sierra del Cadí et s'étendant largement à l'ouest du Pedraforca, justement la région étudiée par Astre. De cette campagne de terrain il reste dans les notes de l'abbé des coupes géologiques et une esquisse cartographique où la superposition de la série de Pedraforca à celle du Cadí est manifeste (Figures 3 et 4). Il semble que c'est à cette occasion que s'est forgée l'amitié qui unissait les deux hommes.

Dans sa correspondance avec Bataller, Astre donne des nouvelles de l'avancement de son travail entre 1924 et 1925. Ainsi le 28 mai 1924, il informe l'abbé que ses courses sur le terrain sont fréquentes. En juin de la même année il publie ses premiers résultats qui concluent à l'existence, au sud de la Sierra del Cadí, d'une « nappe de recouvrement » (Astre, 1924). Le 23 août il avertit Bataller d'un prochain voyage au Cadí ; au retour, il lui annonce de grands progrès en cartographie :

*Je viens à peine de rentrer de la Sierra del Cadí et je suis fort content de mon séjour. Malgré de fortes difficultés tectoniques j'arrive à dresser convenablement ma carte au 1:50.000. Monsieur Jacob, rentré depuis quelques jours, m'a dit qu'il avait eu à Barcelone le plaisir de vous voir. Si j'avais su cela, je serais à mon tour rentré par votre ville, afin de pouvoir vous rencontrer.* (Astre : lettre à Bataller, 7 novembre, 1924, MGSB).

Au début de 1925 un nouveau courrier fait état d'un achèvement prochain de la carte :

*Mes recherches sur la région de la Sierra del Cadí ont bien progressé au cours de l'année dernière. Vous pouvez dire au Docteur Faura que ma carte est très avancée et que je compte la terminer au cours de cette année. Je repartirai pour l'Espagne aux vacances de Pâques. Je pense, mon bien cher ami, que j'aurai l'occasion de vous voir soit dans ma région soit à Barcelone, cette année.* (Astre: lettre à Bataller, 12 janvier, 1925, MGSB).

Dès 1924, Lugeon et Oulianoff avaient émis des critiques étayées à l'encontre de la « Nappe du Montsech » de Jacob et Fallot :

*Ce sont ces phénomènes compliqués et la similitude des deux formations gypseuses qui ont laissé croire à MM Jacob et Fallot que la montagne de San Salvador était une fenêtre de calcaire à Alvéolines et de poudingue « complètement ceinturés » par le Trias. Il n'y a pas de fenêtre et*

*tous les poudingues partout passent en tout cas sur la nappe si elle existe, et non dessous [...] Dans toute la région que nous avons étudiée, sur une zone méridienne d'environ 30 km de long, partout ne s'accuse que la poussée vers le Sud. Le front de cette « houle » est le front méridional lui-même des montagnes constituant ces contreforts les plus méridionaux des masses pyrénéennes. Ces constatations sont contraires à l'hypothèse d'une grande nappe venue du Sud et si, dans le Nord de la « nappe de Montsech » de MM Jacob et Fallot existe un déplacement vers le Nord, ce que nous n'avons pu examiner, il est nécessairement de faible amplitude, que nie du reste totalement M. Dalloni.* (Lugeon et Oulianoff, 1924).

Suite à ces critiques, Jacob et Fallot (1925) reconnaissent un certain nombre d'erreurs dans leur article de 1914, mais maintiennent leur conception d'un décollement généralisé des séries sud-pyrénéennes avec transport en direction du nord ; ils s'appuient pour cela sur les récents travaux de Astre (1924, 1925a) qui vient de démontrer la superposition anormale des séries de Pedraforca sur celles de Cadí et qui, en raison des styles tectoniques différents au sein même de la zone de Pedraforca, déduit un déplacement d'ensemble de cette zone vers le nord (Astre, 1925b).

*A ne considérer donc que les limites de la zone tectonique de Pedraforca, on voit qu'on se trouve en présence d'un ensemble tectoniquement superposé à la zone de Cadí; c'est donc une vaste écaïlle ou mieux, en raison de l'ampleur du mouvement, d'une nappe de recouvrement. Quant au sens de la poussée subie, l'examen comparatif des deux fronts amène à penser qu'elle était dirigée vers le N. C'est en effet le front N qui présente presque exclusivement les nombreux étirements, en lentille, des terrains de base; c'est lui qui se relève le plus en altitude et en plongement* (Astre, 1925a).

Bataller se montra d'accord avec la conception d'Astre et, dans une correspondance postérieure, il lui fit part d'observations personnelles qui reçurent en retour son approbation comme en témoigne la réponse à ce courrier qui confirme en outre l'avancement de son travail:

*Je suis fort content de votre approbation pour ma note sur la zone tectonique de Pedraforca. A la séance d'hier de la Société géologique, Mr. Fallot en a présenté une autre de ma part, sur les caractères élémentaires de cette même zone. Il ne s'agit là que de notes tout-à-fait sommaires destinées à prendre position dans le débat engagé sur le sens de la poussée des Pyrénées: et, bien entendu, je ne fais qu'esquisser des idées tout-à-fait générales, réservant toutes mes descriptions pour le gros travail que je publierai probablement l'an prochain ... Je suis complètement d'accord avec vous pour tout ce que vous me dites. En particulier le substratum du Llobregat près la Baells est formé par le Keuper : j'ai même distingué un anticlinal transversal du Llobregat dont ce Keuper est le noyau; il y a le Lias inférieur non fossilifère étiré au dessus, sur la rive Est, au S de la station de Fígols. Au dessus le Sénonien. A Guardiola et autres lieux, le Lias n'est pas fossilifère; il s'agit de calcaires lités, dont le faciès est indiscutable. Ma carte est très avancée; j'aurai terminé d'ailleurs cette année mes travaux sur le terrain.* (Astre : lettre à Bataller, 17 mars 1925, MGSB).

À la fin de juillet, les deux collègues partagèrent une excursion aux environs de Berga. Selon les notes de Bataller, ils examinèrent la discordance oligocène et étudièrent la succession stratigraphique du Crétacé à la Nou et Peguera. Astre prolongea ses courses après le départ de Bataller :

*Je suis resté à Berga une semaine après votre départ. J'ai fait l'excursion de l'Ensija. Parti de Berga à 4 h du matin, j'étais au sommet de l'Ensija à midi, et j'ai pendant 3 heures cherché la fameuse Font Salada. Elle n'est pas en hauteur, comme l'indique la carte; elle se trouve au moins 600 mètres plus bas, sur le pied Nord de la Montagne, en face Saldes, et sort du Keuper qui est à l'Ouest du Coll del Paradell. Fatigué par cette recherche, je n'ai pu rentrer le soir à Berga et suis allé passer la nuit à Gosol. Pour ce qui est du petit paquet dont vous m'avez confié la garde, l'homme à qui vous aviez dit de venir le prendre n'est pas venu. Après avoir attendu deux ou trois jours, je m'en suis occupé et vous ai fait envoyer le colis à Barcelone. Je vais repartir Lundi prochain pour la Vansa et San Lorenzo de Morunys. (Astre : lettre à Bataller, 23 août 1925, MGSB).*

A la suite d'une nouvelle expédition en septembre, Astre écrit :

*Je suis rentré samedi dernier de San Llorens dels Pi-teus où je suis resté une semaine environ. Je n'avais pu disposer de plus de temps pour cette dernière campagne; car j'attendais, pour la fin de Septembre, ainsi que je vous l'avais dit, un bébé qui est né depuis avant-hier ... Si les circonstances le permettent, je repartirai à la fin d'Octobre pour une nouvelle série d'excursions, dans laquelle je me propose déterminer la question des environs de Port del Compte, entre Cambrils et Alsina. Je n'ai pas besoin de vous dire que, si vous avez plaisir à venir me rejoindre pendant quelques jours, je serai tout-à-fait heureux de vous revoir. Mrs. Jacob et Ciry sont en ce moment en Aragon, dans la Région du Turbon et du Cotiella. Ils doivent rentrer dans la première quinzaine d'Octobre. (Astre : lettre à Bataller, 20 septembre 1925).*

Les dernières nouvelles sont du 3 octobre ; dans cette lettre Astre avoue ignorer s'il lui serait possible de faire un nouveau voyage en Catalogne avant la fin d'année.

Fig. 5. Cartes et schémas géologiques publiés dans le compte-rendu du XIV CGI, par rapport à l'aire étudiée par Gaston Astre. A et B: Cartes coloriées à l'échelle 1/150 000; C: Schéma du Montsec de Tost, à l'échelle 1/100 000; D: Schéma de la terminaison orientale de la nappe de Pedraforca, au 1/50 000ème.

Fig. 5. Geological maps and schémas published in the proceedings of XIV IGC, compared to the area surveyed by Gaston Astre. A and B: Coloured maps at a 1:150.000; C: Schéma (only geological contacts) of Montsec de Tost, at 1:100.000; D: Schéma of the oriental ending of Pedraforca alloctonus.

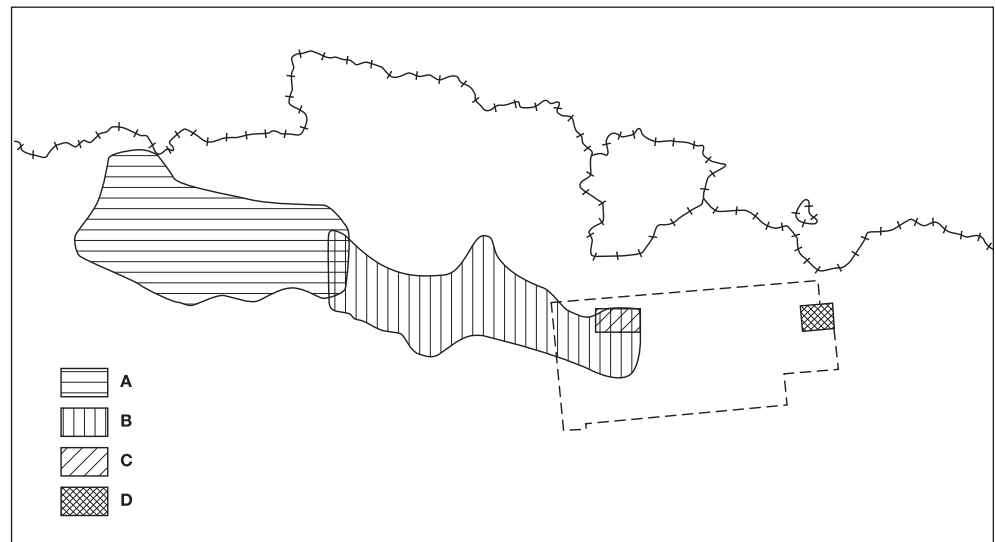
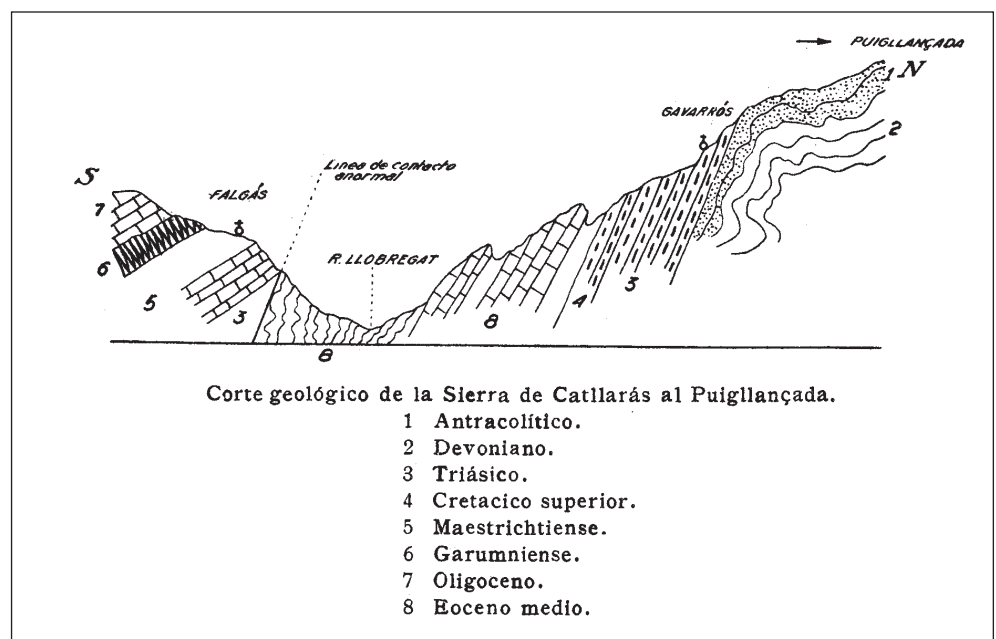


Fig. 7. Coupe géologique du Catllaràs au Puigllançada, où s'observe la superposition des deux séries (Bataller, 1926).

Fig. 7. Geological cross-section between Catllaràs and Puigllançada, showing the Pedraforca nappe over the Cadí unit (Bataller, 1926).



Après cela, le silence sur ses travaux s'est fait dans sa correspondance, laquelle a pourtant continué jusqu'en 1936.

### PRÉSENTATION DES RÉSULTATS AU XIV<sup>ÈME</sup> CONGRÈS GÉOLOGIQUE INTERNATIONAL (1926)

*Communication lue en séance.* Jacob et Fallot avaient préparé la défense de la théorie du déplacement vers le N des séries allochtones sud-pyrénéennes à partir d'un aperçu général de tout le versant sud, divisé en trois zones, incluant la région au nord de Berga (Jacob, Fallot, Astre et Ciry, 1927). En réalité, celle-ci était la seule cartographiée, et fut la seule des trois à être présentée indépendamment. Selon Birot (1934, 1935), Astre aurait bien présenté sa carte complète au Congrès mais nous n'avons pas trouvé de preuves qui confirment cette affirmation. On ne trouvera pas un résumé de la communication dans le volume du 5 mai (Anonyme, 1926). Jacob en a assuré la lecture le 29 mai dans une des séances consacrées à la Géologie de la Méditerranée, présidée par M. de Margerie et L. Cayeux. D'après le Compte-rendu, une discussion dont nous ne connaissons pas le détail s'en suivit avec Lugeon et Bertrand.

Dans l'article publié au Compte-rendu, Fallot et Astre (1927), se bornent à décrire les secteurs oriental (Montsech de Tost) et occidental (Catllaràs) de l'aire cartographiée (Fig. 5). Dans le premier ils démontrent la disparition mécanique du Lias et du Trias dans le contact entre série de Pedraforca et série du Cadí et la discordance post-nummulitique ; à l'ouest, ils donnent une cartographie de l'écaïlle Paléozoïque du Montsech de Tost et de ses relations avec son encaissant.

Dans ses conclusions générales, Jacob (1927) ne nie plus l'existence des plis à vergence S qui affectent la série sud-pyrénéenne, mais il les dissocie de ceux de la zone axiale et de sa couverture. Il les assimile à des plis de couverture de cette nappe « en route vers le N ».

*Au-dessus de la zone axiale, la série sud-pyrénéenne, que nous opposons au revêtement normal de cette zone axiale, est décollée et poussée vers le N. Le décollement s'est produit au niveau du Trias. Il est incontestable à l'E avec le charriage de la série de Pedraforca [...] La terminaison de ce chevauchement à l'O est encore à rechercher au S du Mont-Perdu. La série sud-pyrénéenne prend, avec d'autres arguments, la place de notre nappe du Montsech. Mais la série sud-pyrénéenne [...] est affectée de nombreux replis vers le S, qui sont indépendants des plis propres de la zone axiale et de son revêtement [...] Ce sont des plis de couverture, nous voulons dire les plis d'une couverture en route vers le N, mais arrêtée ou tout au moins gênée dans son mouvement vers le N.* (Jacob, 1927).

Cette opinion sera encore exprimée lors du Centenaire de la Société géologique de France (Jacob, 1930).

*Sur le terrain : discussions et controverses.* En ce qui concerne les excursions du XIV<sup>ÈME</sup> CGI dans les Pyrénées catalanes, Jacob et Astre (Fig. 6), ont suivi celle passant par le Montsec et la Conca de Tremp (C-3), où ils discu-



Fig. 6. Fallot, Astre et Jacob, le 1er juin 1926, à Lleida, avant le départ des excursions du Congrès vers la Catalogne et l'île de Majorque. (Photo publiée dans Bataller, 1927).

Fig. 6. Fallot, Astre and Jacob in Lleida, on 1st June, 1926, before starting the excursions of the XIV<sup>th</sup> IGC across Catalonia and Majorca island. (Photo published in Bataller, 1927).

tèrent avec les directeurs, Faura et Marín, qui avaient des points de vue différents sur la tectogenèse pyrénéenne : des vives discussions avec Astre s'en suivirent sur un affleurement structural de l'Éocène dans le Crétacé du Montsec et sur l'existence du Lias au Collegats. La fenêtre tectonique de Sort, présentée par Jacob, fut discutée par Agustín Marín (Anonyme, 1927a). Astre publia par la suite une note dans laquelle il fit part de ses remarques à quelques points imprécis du livret de l'excursion (Astre, 1928 a).

La direction de l'excursion C-4 qui traversa la série du Pedraforca se fit sous la direction de l'abbé Bataller. Et, bien que le livret-guide ne parle pas de déplacements horizontaux entre séries –le compte rendu officiel non plus–, les coupes jointes montrent sans contestation possible la superposition anormale qui existe entre elles (Fig. 7). Sur le terrain, l'abbé présenta les faits sous le point de vue de son ami Astre :

*La tectònica interessantíssima de la localitat [Berga, Queralt], revisada avui novament amb motiu dels corriments estudiats recentment per Mr. Astre de Tolosa, ha quedat ben fixada en notes presentades a l'Acadèmia de Ciències de París i, en part, a les sessions del Congrés ara realitzat. La zona ha estat recorreguda diverses voltes*

*per aquell geòleg junt amb el Dr. Bataller ... El dia 7, a la tarda, ... s'emprenqué de nou la carretera de Berga, i s'anà a estudiar el triàsic i el cretàsic, així com la complicada estructura i disposició de les capes, cosa que la pluja havia privat de fer el dia anterior. A Serchs, els congressistes visitaren el Trias amb guixos plegats. Un grup d'excursionistes ... a indicació del Dr. Bataller, anaren a estudiar els interessants corriments de la zona secundària sobre l'eocènic ... Aclarit el cel, la revolta tectònica del contrafort pirinenc aparegué ben clara, i es pogué fer, de retorn a Fígols, una petita excursió al barranc de la Nou, a fi d'estudiar el cretàsic de la vall del Llobregat, i completar les investigacions anteriors. (Anonyme, 1927b).*

Le lendemain, ils allèrent de Fígols a Ripoll, en s'arrêtant au Col d'Eina et a Guardiola afin d'observer le Maastrichthien supérieur et le Lutétien, et étudièrent les rapports entre ces terrains et le Trias supérieur :

*S'observà la vall dissimètrica del Llobregat, i l'escarpa en la que es pot veure de la manera més clara el contacte anormal de l'eocènic mig superposat al secundari. Al Coll de Merola ... el Dr. Bataller feu una clara explicació sobre la tectònica de la zona seguida, a la vora de la gran massa secundària (cretàtica, juràssica i triàsica) correguda sobre l'eocènic, les capes del qual se seguiren fins a la fi de l'expedició, a Girona. Amb la sèrie de talls que havia inclòs en la guia de l'excursió, els congressistes pogueren donar-se compte de la geologia. (Anonyme, 1927b).*

## LE DEVENIR DE LA CARTE ET DU MÉMOIRE DE THÈSE, APRÈS LE CONGRÈS DE 1926

Après le Congrès International, nous retrouvons encore Astre à Organyà, mais les levés géologiques de la Feuille de Luchon et ses conséquences – révision du modèle allochtoniste du versant nord de L. Bertrand – paraissent avoir interrompu les travaux de sa thèse. Pourquoi ces travaux n'ont-ils jamais débouché sur cette thèse annoncée dès 1927 par Jacob ? En l'absence de témoignage écrit, il nous semble possible d'avancer quelques explications plausibles. D'abord, l'éclectisme de G. Astre qui le conduisait chaque année à produire entre 10 et 15 articles sur des sujets aussi variés que l'homme préhistorique, les vertébrés fossiles, les invertébrés marins ou d'eau douce fossiles ou actuels, pour ne citer que les sujets les plus fréquemment traités (sa notice de 1941, fait état pour le seul thème Paléontologie et Paléobiologie, de 27 groupes différentes) ; de 1922 à 1926, pendant la période d'élaboration de la carte géologique de Cadí - Pedraforca, sur les 41 articles publiés 4 seulement ont eu pour objet la géologie sud-pyrénéenne. En 1927 et 1928 paraissent, en collaboration avec Jacob ou seul (Astre, 1927b ; 1928 b et c ; Jacob et Astre, 1927), des travaux sur la géologie du massif nord-pyrénéen de la Barousse. C'est à cette date que Jacob est nommé à la Sorbonne. Avec l'éloignement de ce maître et la nomination de L. Mengaud à la chaire de Toulouse, les articles sur le domaine de Cadí - Pedraforca, deviennent épisodiques et essentiellement consacrés à la paléontologie, sans que soit jamais évoqué une allusion à cette cartographie. Privé de son mentor, G. Astre s'est vraisemblablement laissé porter

par un penchant naturel qui le poussait à s'intéresser à toutes les choses de la nature sans avoir la constance nécessaire pour mener à bien l'œuvre de longue haleine que constituait l'écriture d'une thèse de doctorat ; 508 publications en témoignent.

Selon la correspondance étudiée, la carte géologique d'Astre devait être presque finie en 1926 ; comme expliquer alors qu'elle ne fut pas présentée à l'appui de la communication lue par Jacob sur la structure du versant méridional des Pyrénées centrales et orientales ? Il semble que ce document ait été occulté au Congrès : aucune mention n'en est faite dans la communication, en dehors du fait qu'Astre « *étudiait la série sud-pyrénéenne à l'E du Sègre* » et qu'une analyse détaillée de la tectonique serait publiée ultérieurement. Si l'on considère les 2 schémas, géographiquement limités, publiés à cette occasion, il semble raisonnable de penser que la carte d'ensemble ne fut dessinée et coloriée qu'après 1926. Peut-être même après 1930, si l'on tient compte du fait que Jacob (1930) ne semble pas l'avoir utilisé pour son *Esquisse géologique des Pyrénées*, et avant 1934, moment où elle a été consulté par Pierre Birot. Il est clair, par contre, qu'elle ne fut jamais entièrement finie comme le montrent quelques cartouches restés vides de la légende géologique. Après Birot, jusqu'à ce jour, personne n'a mentionné ce document hormis Casteras (1975). En Espagne, où l'on aurait pu l'utiliser pour la nouvelle cartographie géologique initiée par le gouvernement en 1927, il a été entièrement ignoré par l'Institut Géologique chargé de ce projet cartographique, et négligé par ses collaborateurs en Catalogne, l'abbé Bataller et Lluís Solé Sabarís qui connaissaient pourtant son existence (Solé devait la connaître à travers de Birot, puisque ils travaillèrent ensemble sur le terrain dans le Haut-Berguedà en 1934).

Toutefois, en 1932 Astre finira par publier la partie paléontologique de son mémoire, en se limitant aux rudistes ; mais la tectonique et la stratigraphie ne seront toujours pas rédigées. En 1934 Boissevain (Boissevain, 1934) attendait « *avec impatience* » la publication de cette thèse, où il espérait trouver la solution au problème de la direction du déplacement de la série du Pedraforca. Mais tout ce qu'Astre donna à imprimer ne furent que des notes brèves sur quelques points de la paléontologie, de la stratigraphie ou de la structure de la zone étudiée. La même année, fut publié un nouveau paradigme relatif à la tectogénèse pyrénéenne, et expliquant la double vergence du versant sud (Birot, 1934 ; Ashauer, 1934) ; son immédiate et générale acceptation chez les géologues français et espagnols, pourrait avoir poussé Astre à abandonner définitivement ses travaux géologiques en Haut-Berguedà. Pourtant, la preuve de l'existence de ce mémoire inédit a été fournie par P. Souquet :

*M. G. Astre, qui avait entrepris jadis, sur le versant Sud des Pyrénées orientales, des études dont on connaît l'intérêt par diverses publications fragmentaires me permit de consulter le manuscrit d'un important mémoire demeuré inédit, où se trouve consigné l'essentiel de ses observations. (Souquet, 1967).*

On ignore actuellement ce qu'il est advenu de ce manuscrit dont M. Casteras (1975) fait lui aussi mention.



## DESCRIPTION DE LA CARTE

*Le support cartographique.* Le document cartographique mesure 126 x 60 cm. Il est découpé en 9 panneaux collés sur des supports cartonnés de 20 x 44,5 cm et réunis par 3 en 3 bandes nord-sud. Il est réalisé sur des agrandissements photographiques au 1/50 000ème de deux cartes militaires : pour l'essentiel, la feuille 86-62 du Mapa Militar de España au 1/100 000ème, en courbes de niveau (Seo de Urgel, 1920) et pour le reste la feuille 28 du Mapa Militar Itinerario au 1/200 000ème (Fig. 8).

*La légende.* Elle se compose de 28 cartouches disposés dans l'angle inférieur droit de la carte ; 2 sont vides d'informations chronologique et lithologique ; 2 ne sont pas coloriés. Les terrains identifiés sont les suivants, dans l'ordre chronologique du plus ancien au plus récents :

PI : Primaire hercynien ; h3 : Stéphanien - Grès jaunes à charbon et à végétaux ; rt : Permo-trias. Grès et argiles rouges.

t2 : Muschelkalk. Calcaire gris-noir, en plaquettes, ou à fucoïdes ; t3 : Keuper inférieur. Argiles bariolées à gypse ; t4 : Keuper supérieur. Cargneules, dolomies, et marnes variables. Petits lits calcaires ; l1 : Rhétien à *Avicula contorta* .

l1 : Lias inférieur calcaire ; l2-3 : Lias moyen marneux ; l4 : Lias supérieur. Calcaires lités ; Jm : Jurassique moyen. Dolomies.

B : Bauxites.

c1 : Calcaires urgoniens ; c2 : Aptien marneux. Marnes bleues à *Parah. furcatus*, *Pseudotoucasia*.

c8i : Poudingue quartzeux de la base du Crétacé supérieur ; c8b : Campanien. Calcaires variables, en général rosés et gréseux ; c8a : Maestrichtien. Calcaires lités à Rudistes ; c8g : Maestrichtien supérieur. Faciès garumnien inférieur. Couches à lignites ; c9g : Danien - Garumnien supérieur. Argiles rouges à trame griotteuse.

eiv : Poudingue fleuri ; ev : Eocène pyrénéen. Calcaires, notamment à Alvéolines et petites Nummulites ; eii-

iii : Eocène pyrénéen. Marnes bleutées, ou rougeâtres au sommet ; ei : Eocène pyrénéen. Poudingues à galets calcaires ou parfois même à faciès post-pyrénéen rougeâtre ; e1a : Post-pyrénéen discordant. Faciès argileux de base des basses vallées ; e1b : post-pyrénéen discordant. Faciès argileux des hautes vallées ; e1 : Post-pyrénéen discordant - (eps) conglomérats et argiles rougeâtres.

Les terrains quaternaires sont désignés par une série d'annotations : T : Tuf calcaire ; ac : Alluvions anciennes (en masse) Quaternaire consolidé ; a1c, a1b, a1a : Alluvions anciennes (en terrasses) ; a2a : Alluvions actuelles des hautes eaux - Terrasses du lit majeur ; a2 : Alluvions actuelles ; Ac : Eboulis consolidé ; At : Eboulis torrentiel et cône de déjection ; A : Eboulis.

*Les ensembles géologiques* (Fig. 9, hors texte). Les contours géologiques sont tracés à l'encre de chine, et les ensembles lithologiques délimités par ces contours sont coloriés à la gouache. La présentation succincte du document est facilitée par la justesse des observations d'ensemble qui permettent de distinguer les unités suivantes, du N vers le S :

L'unité allochtone du Montsec de Tost (au NW) : constituée de Paléozoïque et le Permien flottant sur le Trias et recouvrant de façon anormale le Mésozoïque et le Cénozoïque du Cadí.

L'unité du Cadí : ses caractéristiques principales ressortent clairement, bien que sa cartographie soit limitée ; au dessus du Trias, le Crétacé supérieur débute par un poudingue quartzeux (c8i) [= Grès d'Adraent - *nda*\*] et se poursuit avec un Campano-Maastrichtien indifférencié (c8 et c9) ; la série tertiaire est pour sa part constituée d'un ensemble inférieur carbonaté à alvéolines et nummulites (e<sub>v</sub>) [= llerdien - *nda*], surmonté par des marnes bleutées puis rougeâtres (e<sub>iv</sub>) [= llerdien-Cuisien - *nda*] elles même couronnées par des conglomérats (e<sub>i</sub>) présents uniquement au sud du col d'El Collell.

L'unité de Pedraforca : le contact anormal septentrional de cette unité est jalonné de Trias ou de copeaux de Lias ;

◀ Fig. 8. Carte géologique de la région Cadí-Pedraforca, levée par Gaston Astre, à l'échelle 1/50 000. Réproduction photographique de J. Vidal F. (per gentillesse du LECP).

Fig. 8. Gaston Astre's Geological Map of Cadí-Pedraforca region at 1:50.000 scale. Photographic reproduction by J. Vidal F. (thanks to LECP).

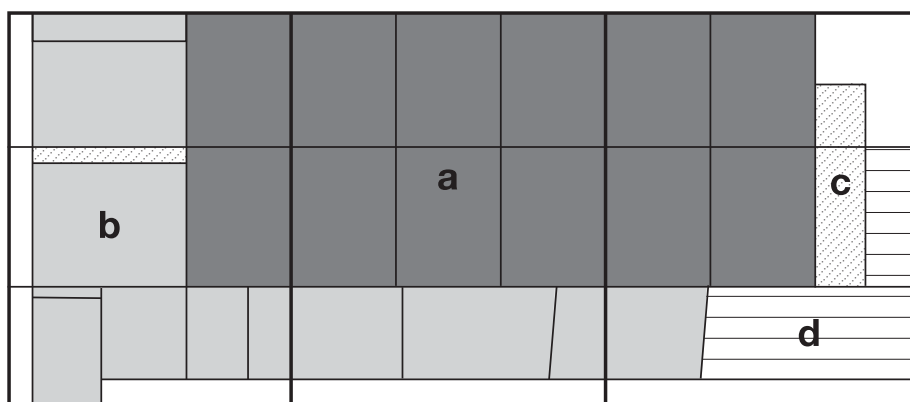


Fig. 9. Structure de la carte. a) Base topographique: ampliation photographique de la feuille 86-62 du Mapa Militar de España; b) Id. de la feuille 28 du Mapa Militar Itinerario; c) Défaut de base topographique; d) Légende. Les lignes grosses séparent les trois corps et les minces les pièces de la mosaïque photographique de base.

Fig. 9. Structure of the map: a) Topographic background: photographic ampliation of sheet 86-62 of Mapa Militar de España; b) Id. of sheet 28 of Mapa Militar de España; c) Topographical gap; d) Explanation. Gross lines show the three separated pieces of the map; the thin ones the photographic puzzle.

\*nda = note des auteurs

ces mêmes terrains réapparaissent, en base de nappe, dans la vallée transverse du Llobregat, au sud de Gósol (La Ribera - Aigua de Valls), et en bordure sud de la Serra del Verd ainsi que ponctuellement au nord de la Serra d'Ensija, pour ne citer que les affleurements principaux. Les dolomies du Jurassique moyen sont représentées à la périphérie des montagnes de Catarro [= els Cloterons - *nda*] et de Rodell, au sud du Cadinell. Un unique affleurement de bauxite est mentionné au SW de Tuixén. Le Crétacé inférieur indifférencié (Aptien, C2-1) forme une étroite bande continue, qui s'étend de Tuixén, à l'W, au Pedraforca [= Pollegó inferior - *nda*]. Le Crétacé supérieur et le Garumnien inférieur sont impliqués dans toutes les structures plissées ; ils chevauchent au sud, entre Castellar del Riu et San Llorenç de Morunys, les séries tertiaires homologues de celles de l'Unité de Cadí.

L'ensemble est fossilisé par les séries qualifiées de post-pyrénéennes recoupées du nord au sud par les réseaux hydrographiques de Ribera de Gósol et du ravin Aigua de Valls. Ces mêmes séries se développent sur la bordure Est de l'Unité de Pedraforca ; le témoin le plus septentrional repose en discordance sur le Crétacé supérieur du revers méridional du massif de Pedraforca où il forme le sommet de Roca Llared [= Roc Roig - *nda*].

## L'INTERPRETATION STRUCTURALE

*Zone du Cadí versus Zone de Pedraforca.* « ... sous l'Oligocène discordant du Bassin de l'Ebre, on voit sortir une nappe de recouvrement ayant marché vers le Nord et chevauchant la couverture sédimentaire de la zone axiale » ; c'est par ces lignes que G. Astre (1924) débute la présentation des unités tectoniques catalanes de l'est de la vallée du Sègre. Son argumentation repose sur deux points principaux :

1 – *Les séries sédimentaires.* Astre (1924, 1925a) distingue, pour sa part, deux séries distinctes et superposées : au nord, la Série du Cadí constitue la couverture sédimentaire de la zone axiale ; d'un point de vue sédimentaire elle se caractérise par l'absence « des terrains allant du Lias inférieur au Santonien » ; elle débute « par un conglomérat quartzeux » du Crétacé supérieur et se

poursuit par « un Aturien compact, peu fossilifère et un Garumnien très réduit » ; « Au-dessus repose l'Eocène, calcaire dans sa partie inférieure... , marneux dans sa partie moyenne... », ponctuellement couronné d'un ensemble conglomératique à sa partie supérieure. « Tous ces niveaux forment dans la Sierra del Cadí proprement dite une seule série isoclinale plongeant vers le Sud ». Au dessus « repose une autre série normale, plongeant également vers le Sud » ; la série sédimentaire de cette « unité » dénommée « zone tectonique de Pedra forca » comprend, à l'inverse de la précédente, un « Lias important fossilifère » des « dolomies noires représentant ... le Jurassique moyen », le « Crétacé débutant au moins avec les calcaires urgoniens, Aptien à *Puzosia liptoviensis* et *Toxaster Collegnoi*, Crétacé moyen à Orbitolines, et surtout Crétacé supérieur ..., très fossilifère, Garumnien énorme, antracifère, pour ne parler que des principales différences dans les terrains secondaires » (Astre, 1925a et b). Et de conclure que « Cet ensemble est donc plus complet, stratigraphiquement parlant que celui du substratum » (Astre, 1924).

2 – *Les relations tectoniques.* « La couverture sédimentaire de la zone axiale des Pyrénées », à savoir la série du Cadí, « est en place ou présente tout au plus un glissement de détail vers le nord pouvant amener quelques suppressions, principalement dans les niveaux triasiques de base » (Astre, 1924). Au dessus, et prenant en écharpe la série tertiaire, la limite frontale nord de la « zone tectonique de Pedra forca » est « jalonnée par des affleurements de Keuper » étirés à la base de cette unité (Astre, 1925a et b) ; en l'absence du Trias, tectoniquement supprimé, le Lias ou le Crétacé supérieur viennent au contact du Tertiaire. Ce front nord « se suit par continuité sur une distance de plus de 40 km, affecté d'un plongement accentué au S et caractérisé par de très nombreux étirements ». La base de l'unité de Pedraforca réapparaît localement en fenêtre, avec le Trias salifère de Gósol, par exemple ; enfin, le front sud de la zone est moins net en raison des dépôts oligocènes qui masquent de nombreux contacts. Et de conclure : « A ne considérer donc que les limites de la zone tectonique de Pedra forca, on voit qu'on se trouve en présence d'un ensemble

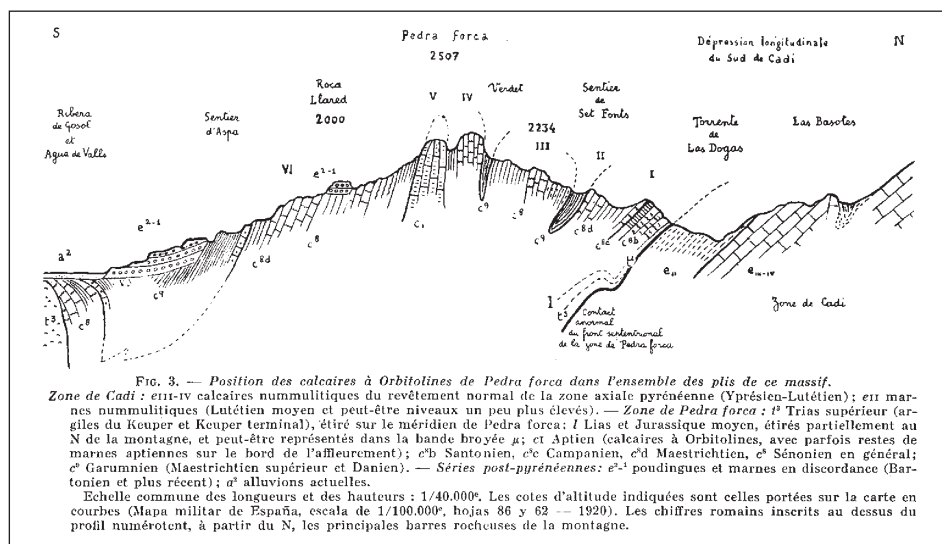


Fig. 10. Coupe N - S dans les séries de Cadí et de Pedraforca (Astre, 1935).

Fig. 10. N-S cross-section through Cadí and Pedraforca series (Astre, 1935).

tectoniquement superposé à la zone de Cadí ; c'est donc une vaste écaïlle ou mieux, en raison de l'ampleur du mouvement, une nappe de recouvrement. » (Astre, 1925a).

Bien que postérieure de près de 10 ans à la réalisation de la carte géologique, l'unique coupe de ce domaine produite par Astre (1935) permet de se faire une idée précise des relations stratigraphiques et tectoniques telles qu'il les imaginait entre ces différents ensembles (Fig. 10). On est frappé par le fort plongement des accidents limites, en particulier celui du sud, et par le fait qu'ils ne soient pas reliés, donnant d'avantage l'idée d'une structure autochtone qu'allochtone. On peut penser que dans l'esprit de l'auteur, l'intensité des serrages s'est traduit de la même façon sur les plis que sur l'enveloppe de la nappe, d'où ce parallélisme entre strates et accidents limites.

#### *La « zone tectonique de Pedraforca »*

1 – *Le déplacement vers le nord.* Astre (1925b) considère qu'il existe des styles tectoniques différents au sein même de la « zone tectonique de Pedraforca ». Il distingue une région septentrionale « en général disloquée » et une région méridionale « massive, peu plissée ». « Cette opposition de style laisse à penser que la zone septentrionale disloquée, correspond à la zone frontale, tandis que celle du S, relativement très tranquille, correspond à la partie arrière de la même unité » ; « Le contact entre les deux parties est établi par une bande intermédiaire de Garumnien ... » ; ce Garumnien, à l'ouest du Llobregat participe au large synclinal de Vallcebre ; en se déplaçant plus à l'ouest en direction de Gósol, « les masses calcaires sénoniennes du S [elles ne sont pas nommées mais elles correspondent aux montagnes de Gallina Pelada, à l'est, et de Guixers-Cap del Verd, à l'ouest - *nda*] dominant de plus en plus les marnes garumniennes ... Il arrive même à y avoir suppression à peu près complète du flanc S ... La position du Garumnien en contre-bas est telle qu'elle donne près de Gósol l'impression d'une fenêtre tectonique ; mais ce n'est là qu'une apparence, contrairement à ce que j'avais pensé tout d'abord ». Ainsi, le Garumnien « a servi d'amortisseur entre les deux [entre la région septentrionale disloquée et la région méridionale massive et peu plissée - *nda*]. La localisation, presque exclusive sur le bord S, des accidents qui le perturbent [le Garumnien - *nda*] montre que sous ce rapport aussi la poussée venait du S ; ... ». Il paraît certain aussi que le resserrement des structures au nord de l'imposant massif de la Sierra de Port del Comte qui apparaît comme un coin intrusif ait conforté Astre dans son opinion poétiquement exprimée : « Cette allure générale évoque fort bien l'idée d'un ensemble qui, tel une vague, a marché vers le N, ses parties latérales ayant été retenus vers l'arrière. »

2 – *La patrie de la nappe.* C'est là un problème qui n'est pas évoqué par Astre. La seule mention qui nous a paru se référer à ce sujet est la suivante : « ... l'étude des caractères d'ensemble de la zone de Pedraforca n'apprend donc rien sur la situation de cette zone en recouvrement... » (Astre, 1925b). Il est pourtant possible que cette conception de nappe venue du sud, à l'instar de la « nappe du Montsec », ait été en grande partie guidée

par des considérations d'école. En effet, et bien que le sujet n'ait jamais été abordé par Astre, Jacob (1927) exprime clairement les raisons qui empêchent de rechercher pour les nappes et séries décollées du versant sud des Pyrénées une origine autre que méridionale. Cette raison est la suivante : « la Zone axiale possède un revêtement propre, sans Lias, ni Jurassique, ni Crétacé inférieur, différent à la fois des séries sud et nord-pyrénéennes. Ce revêtement nous l'avons déjà rencontré dans Cadí à l'Est, ainsi que dans le Perdu à l'Ouest ; mais il est connu au nord jusqu'au Pic de Bazès, près d'Argelès, dans le département des Hautes-Pyrénées, et, d'après une trouvaille de M. Mengel, sa présence est probable à l'orient jusque dans la région de Prades, au nord du Canigou. Donc, presque toute la Zone axiale en a été recouverte ... ». Cette affirmation est renouvelée à l'occasion du Centenaire de la Société géologique de France (Jacob, 1930) : « Sur la majeure partie de son étendue, à coup sûr à ses deux extrémités occidentales et orientale, la Zone axiale s'avère donc avoir constitué une saillie antérieure à la craie et sur laquelle ne se sont déposés ni le Lias, ni le Jurassique moyen, ni l'Aptien, ni l'Albien, ... avant la transgression du Crétacé supérieur ».

Il était évident que partant d'un tel postulat, il devenait impossible d'envisager une origine septentrionale aux nappes du versant sud des Pyrénées ! Lors des campagnes de terrain faites conjointement avec Jacob, Astre a vraisemblablement été sensible aux arguments de son « patron » et a trouvé dans les observations tectoniques précédemment exposées des arguments allant à l'appui d'une origine méridionale.

Pourtant Jacob n'était pas opposé à des mouvements vers le sud, mais ceux-ci se limitaient au Paléozoïque du sud de la « Zone axiale » et aux unités occidentales décollées « de la Haute Cinqueta, de Gèdre-Gavarnie et des Eaux-Bonnes ». Pour les expliquer il évoquait l'hypothèse que « la Zone axiale et sans doute les régions plus à l'Ouest sont sapées à la base par un grand socle profond ou tout au moins que, dans une serrée générale, elles se déversent sur lui. » (Jacob, 1930), fidèle en cela à sa conception d'une chaîne de fond.

*Comparaison avec quelques documents ultérieurs.* La non publication de la carte d'Astre n'a pas permis aux auteurs ayant par la suite travaillé dans cette région, de confronter les données de ce document à leur propres analyses. Pierre Birot paraît avoir été la seule exception : *Ce travail a été possible par l'obligeance de M. Astre qui a bien voulu nous communiquer une carte géologique inédite à 1 : 50.000, déjà présentée au congrès de Madrid (1926).* (Birot, 1934). Ainsi la cartographie au 1/400 000ème des Pyrénées catalanes de Dalloni (1930) (Fig. 11) paraît bien approximative comparée au document de G. Astre.

Publié près de 40 ans après les investigations inédites de G. Astre, le « Mapa geológico de los Pirineos entre el Río Segre y el Río Llobregat » (Fig. 12) de Guérin-Desjardins et Latreille (1961) permet de faire une comparaison flatteuse. Ce document est la synthèse de 12 diplômes réalisés entre 1959 et 1960 à l'École Nationale Supérieure des Pétroles et des Moteurs de Paris ; en 40 ans, les

changements survenus dans l'amélioration des voies d'accès, dans la précision du fond topographique et dans le développement de l'outil micropaléontologique, élément essentiel dans la datation des séries carbonatées, introduisent quelques différences notables, mais ne bouleversent pas l'essentiel de la cartographie de G. Astre. La plus manifeste de ces différences se situe au niveau de l'ensemble Pedraforca – els Clotorns – Rodell, où de grandes masses de Crétacé inférieur ont été cartographiées à tort par Astre en Crétacé supérieur. De ce fait, la disposition particulière du Pic de Pedraforca lui a échappé. Plus anecdotique est la non reconnaissance du Cénomani en différents points de l'unité de Pedraforca (Prat de Reo sur le revers sud du Pic de Pedraforca, Gisclareny, Serra de Guixers - Navidal = Cap del Verd). A l'actif d'Astre, mentionnons que les conglomérats synorogéniques tertiaires du col d'El Collell, qui couronnent la série tertiaire de l'unité de Cadí, n'ont pas été reconnus dans le document de l'E.N.S.P.M.

D'un point de vu tectonique, ce document met l'accent « sur le caractère d'autochtonie de la plus grande partie de la région » (Guérin-Desjardins et Latreille, 1961),

suyant en cela les conceptions antérieures de Dalloni (1930) et de Ashauer (1934).

Cette synthèse cartographique fondamentale sera la base de toutes les études ultérieures, qu'elles soient tectoniques ou stratigraphiques. Seule l'autochtonie sera dénoncée et la notion de « nappe de la Pedraforca » sera réactivée mais cette fois-ci (Fig.13) avec une origine septentrionale des séries sédimentaires (Séguret, 1969, 1972). Actuellement cette conception est acceptée par la majorité des auteurs ; la comparaison entre les séries sud-pyrénéennes de part et d'autre de la vallée du Sègre a permis d'établir une chronologie des déformations avec deux phases paroxysmales, l'une vers la fin du Crétacé (Nappe supérieure de Pedraforca), l'autre intra-Eocène (Nappe inférieure de Pedraforca) ; enfin, ce sont les rôles respectifs de la compression et de la gravité dans les modalités de la mise en place des nappes qui font l'objet des derniers débats.

Si dans cette conception, l'origine septentrionale des séries allochtones n'est pas contestée, à ce jour, personne n'a formulé d'hypothèse étayée sur la « patrie » précise de ce matériel allochtone sur la « zone axiale ».

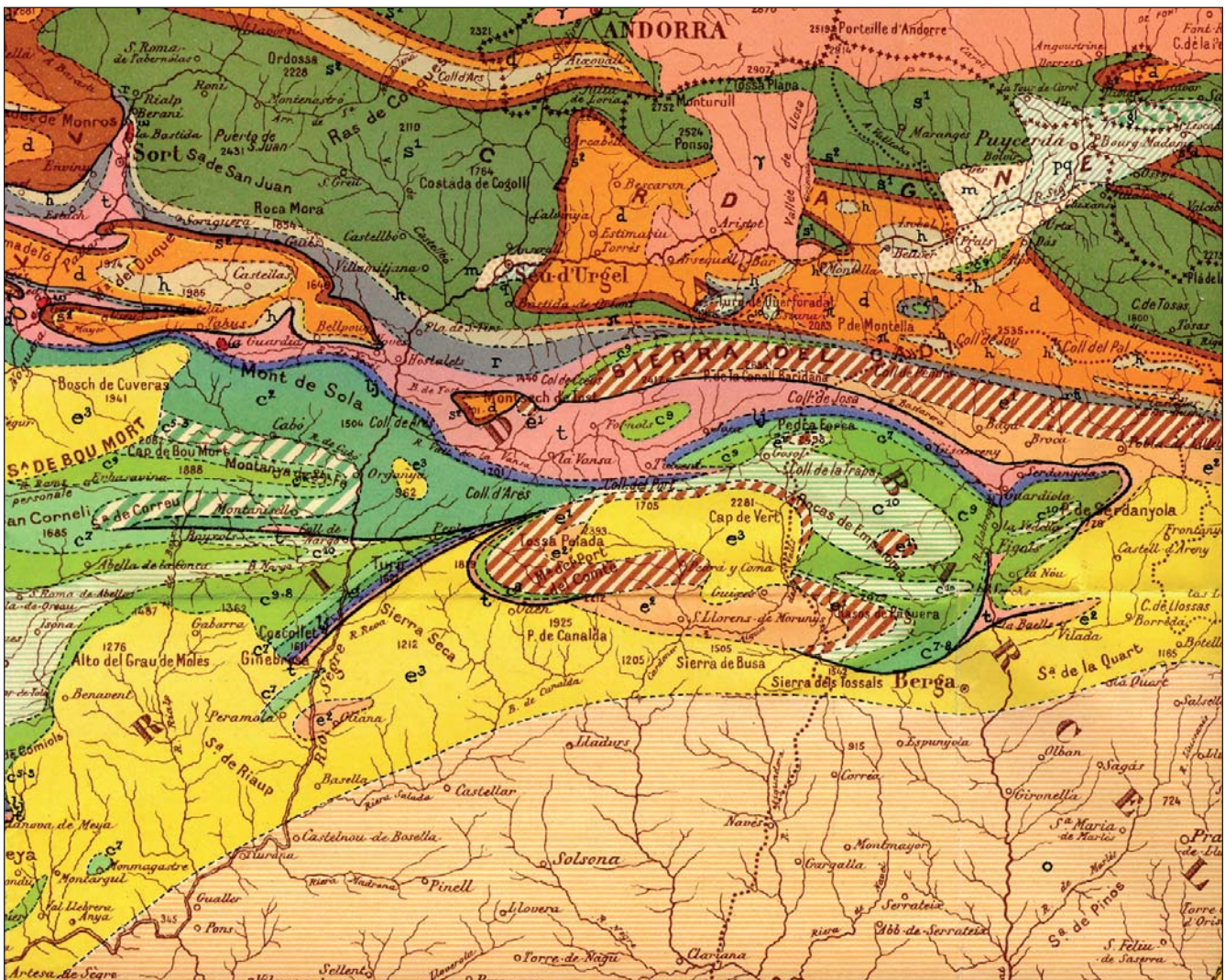


Fig. 11. Carte géologique des Pyrénées catalanes à 1/400 000ème (Dalloni, 1930).

Fig. 11. Dalloni's geological map of the Catalan Pyrenees at a 1:400.000 scale (1930).



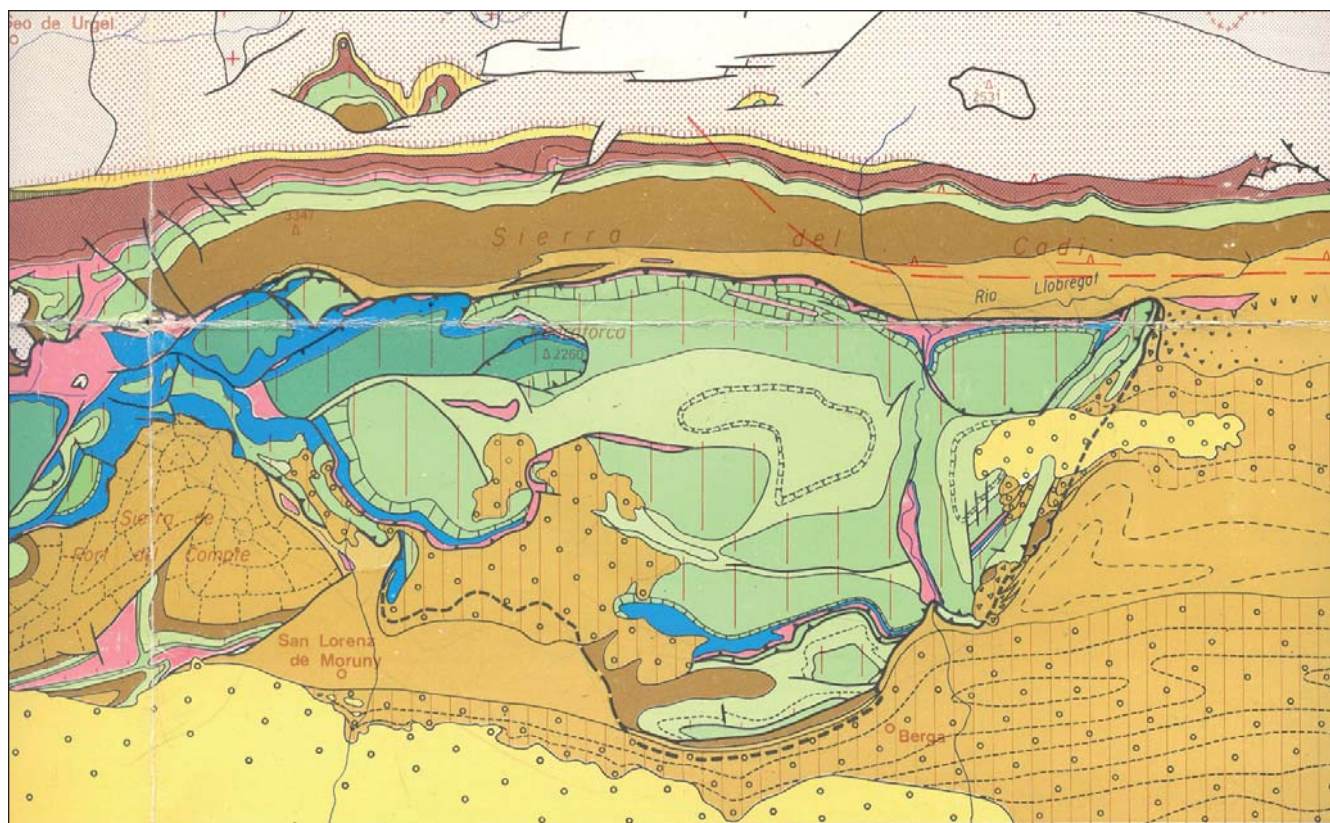


Fig. 13. Carte géologique de Séguret (1972).  
Fig. 13. Geological map after Séguret (1972).

## CONCLUSION

Il est impossible de savoir quel aurait été, sur les recherches ultérieures, l'impact de cette cartographie si sa publication était survenue en temps opportun. Sur les débats actuels probablement aucun, mais pour la période entre 1930 - 1960, il nous paraît évident qu'elle aurait alimenté de nombreuses discussions stratigraphiques et même tectoniques. En Espagne, elle aurait contribué au développement de la nouvelle carte géologique commencé en 1927.

Il n'en reste pas moins que ce document est l'œuvre d'un pionnier de la géologie pyrénéenne, dans le droit chemin de cette poignée d'hommes qui autour de Charles Jacob ont contribué à enrichir par leur recherches la

connaissance géologique des Pyrénées. Il nous a semblé utile d'en dévoiler enfin son existence.

## REMERCIEMENTS

Nous adressons nos plus vifs remerciements au Dr. J. Gallemí Paulet qui nous a ouvert les pages de la revue du Museu de Geologia de Barcelona-MCNB et permis ainsi la publication de ce document inédit ; au Professeur D. Mazau, directeur du Laboratoire d'Etudes et de Conservation du Patrimoine (LECP) de l'Université Paul Sabatier de Toulouse qui nous a accordé l'autorisation de le publier et des moyens pour y parvenir.

## REFERENCES

- Anonyme 1926. Congreso Geológico Internacional. XIV sesión. Resumen de las comunicaciones anunciadas hasta el 5 de mayo. Gráficas Reunidas SA, Madrid.
- Anonyme 1927a. "Excursion C-3" Dans: CGI: Congrès Géologique International, Comptes rendus de la XIV session, en Espagne. Vol. 1. Gráficas Reunidas SA, Madrid.
- Anonyme 1927b. XIV Congrès Geològic Internacional. Expedicions geològiques a les terres catalanes. *Ciència*, 2(15) : 285-296 ; (16) : 356-368 ; (17) : 437-447.
- Aragonès, E. 2006. Marià Faura i Sans i el Servei del Mapa Geològic de Catalunya (1914-1924). *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona*, 14 : 81-264.
- Aragonès, E. 2010 sous presse. Gaston Astre i l'estudi geològic de l'Alt Berguedà (1922-1926). *Notícies de Natura*, 18.

- Ashauer, H. 1934. Die östliche Endigung der Pyrenäen. *Abhandlungen der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Mathematisch-Physikalische Klasse*, 3(10) : 1283-1397 ; 1 carte géol. 1/300 000. La terminación oriental de los Pirineos. Traducción à l'Espagnol par J. M. Ríos. *Publicaciones Alemanas sobre Geología de España*, 2(8) : 202-335 (1943).
- Astre, G. 1924. Sur les unités tectoniques des Sierras del Cadí, de Port del Compte et de quelques massifs voisins. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 178 : 2106-2109.
- Astre, G. 1925a. Sur les limites de la zone tectonique de Pedra forca. *Comptes Rendus Sommaires de la Société géologique de France*, 5 : 64-66.
- Astre, G. 1925b. Sur les caractères d'ensemble de la zone tectonique de Pedra forca. *Comptes Rendus Sommaires de la Société géologique de France*, 6 : 82-84.

- Astre, G. 1927a. Le bassin néogène de Bellver. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse, 56 : 231-258.
- Astre, G. 1927b. Recherches tectoniques sur la terminaison occidentale du Massif de la Barousse. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse, 56 : 584-630.
- Astre, G. 1928a. Sur deux points de stratigraphie de la vallée du Noguera Pallaresa. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse, 57 : 81-85.
- Astre, G. 1928b. Remarques sur la tectonique du Massif de la Barousse dans la région de la Neste. Comptes Rendus Sommaires de la Société géologique de France, 28, 9 : 139-141.
- Astre, G. 1928c. Au sujet de l'enracinement de la série dite B dans la Bigorre. Comptes Rendus Sommaires de la Société géologique de France, 28, 9 : 142-144.
- Astre, G. 1932. Les faunes de Pachyodontes de la province catalane entre Sègre et Fraser. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse, 64 : 31-154.
- Astre, G. 1935. Sur l'âge des Orbitolines de Pedra forca et sur la structure de ce Pic. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse, 67 : 1, 115-122.
- Astre, G. 1942. Bibliographie des œuvres scientifiques. 51 pp. Imp. Douladoure, Toulouse.
- Bataller, J. R. 1926. Notes géologiques sur le secondaire et tertiaire de la région pyrénéenne. Extr. du Guide de l'Excursion C-4 du XIV Congrès International de Géologie : 27-38, 65-87, 107-139 ; 1 carte géol. 1 : 100 000 et coupes. López Robert, Barcelona.
- Bataller, J. R. 1927. Las excursiones del Congreso Geológico de Madrid por Cataluña. Ibérica, 27(664) : 88-93 ; 27(665) : 104-108.
- Birot, P. 1934. Sur les poudingues nummulitiques dans leurs rapports avec les massifs calcaires sud-pyrénéens, entre le Llobregat et le Segre. Comptes Rendus Sommaires de la Société géologique de France, 4 : 11-13.
- Birot, P. 1935. Essai sur la morphologie des Pyrénées catalanes. Étude des formes structurales fossiles. Annales de Géographie, 44 : 249, 238-253.
- Boissevain, H. 1934. Etude géologique et géomorphologique d'une partie de la vallée de la haute-Sègre (Pyrénées catalanes). Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse, 66 : 33-170.
- Casteras, M. 1975. Gaston Astre (1896-1975). Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse, 111 : 17-38.
- Dalloni, M. 1910. Etude géologique des Pyrénées de l'Aragon. Annales de la Faculté des Sciences de Marseille, 19 : 444 pp., 1 carte géol. au 1/200 000ème et coupes. Thèse Doctorale, Faculté des Sciences, Université de Marseille.
- Dalloni, M. 1913. Stratigraphie et tectonique de la région des Nogueras (Pyrénées centrales). Bulletin de la Société géologique de France, 4, 13 : 243-263.
- Dalloni, M. 1914. Sur la tectonique des Pyrénées catalanes et de la prétendue « nappe du Montsech ». Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, 158 : 1724-1726.
- Dalloni, M. 1930. Etude des Pyrénées catalanes. Annales de la Faculté des Sciences de Marseille, 26, 3 : 365 pp., 1 carte géol. au 1/400 000ème, et coupes.
- Fallot, P. et Astre, G. 1927. La terminaison orientale de la série de Pedraforca et son plongement vers l'O entre la Sierra del Cadí et le Sègre. Compte rendu du 14e Congrès géologique international, Madrid 1926, 2 : 368-383.
- Fernández de Castro, M. (dir.) 1889. Mapa geológico de España publicado por Orden del Ministerio de Fomento, en escala 1:400.000. 16 feuilles. Comisión del Mapa Geológico de España, Madrid.
- Guérin-Desjardins, B. et Latreille, M. 1961. Etude géologique dans les Pyrénées espagnoles entre les Ríos Segre et Llobregat (Provinces de Lérida et Barcelone). Revue de l'Institut Français du Pétrole, 16, 9 : 922-940, 1 carte géol. au 1/100 000ème et coupes. Estudio geológico de los Pirineos españoles entre los ríos Segre y Llobregat (prov. Lérida y Barcelona) ; traduction à l'Espagnol (1962) par M. C. López de Azcona, Boletín del Instituto Geológico y Minero de España, 73 : 329-369.
- Jacob, C. 1927. Conclusions sur la structure du versant méridional des Pyrénées centrales et orientales. Compte rendu du 14e Congrès géologique international, Madrid 1926, 2 : 401-411
- Jacob, C. 1930. Zone axiale, versant sud et versant nord des Pyrénées. Centenaire de la Société géologique de France, Livre Jubilaire 1830-1930, 2 : 389-410, carte géol. au 1/500 000ème.
- Jacob, C. et Astre, G. 1927. Le front du massif de la Barousse à la traversée de la vallée de la Garonne. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse, 56 : 281-288.
- Jacob, C. et Fallot, P. 1914. La nappe de charriage du Montsech, en Catalogne. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, 150 : 1222-1224.
- Jacob, C. et Fallot, P. 1925. A propos de la géologie du Sud des Pyrénées. Bulletin de la Société géologique de France, 25, 4 : 80-82.
- Jacob, C., Fallot, P., Astre, G. et Ciry, R. 1927. Observations tectoniques sur le versant méridional des Pyrénées centrales et orientales. Compte rendu du 14e Congrès géologique international, Madrid 1926, 2 : 335-411, fig. 1-7 ; 2 cartes et 2 pl. de coupes.
- Leymerie, A. 1868. Récit d'une exploration géologique de la vallée du Sègre. Bulletin de la Société géologique de France, 2, 26 : 604-666.
- Lugeon, M. et Oulianoff, N. 1924. Sur la géologie des environs de Camarasa (Catalogne). Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, 179 : 863-866.
- Margerie, E. de et Schrader, F. 1892. Aperçu de la structure géologique des Pyrénées. Annuaire du Club Alpin Français, 18 : 557-619, 2 pl., 1 carte géologique.
- Séguret, M. 1969. La nappe de la Pedraforca : nouvelle unité allochtone du versant sud des Pyrénées. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, 269 : 552-555.
- Séguret, M. 1972. Etude tectonique des nappes et séries décollées de la partie centrale du versant sud des Pyrénées. Publications USTELA, Montpellier, Série Géologie Structurale, 2 : 155 pp., 12 pl., 3 pl. h. t., 1 carte géol. au 1/250 000ème.
- Souquet, P. 1967. Le Crétacé supérieur sud-pyrénéen en Catalogne, Aragon et Navarre. 529 pp., 68 fig., 7 tab., 24 pl., 1 carte. Thèse Doctorale, Faculté des Sciences, Université de Toulouse. Imp. Privat, Toulouse.
- Vasseur, G. et Carez, L. 1889. Carte géologique générale à l'échelle de 1 : 500.000, dressée sur la Carte du Dépôt des Fortifications. 48 feuilles. Comptoir géologique, Paris.
- Verneuil, E. de et Collomb, E. 1852. Coup d'œil sur la constitution géologique de quelques provinces de l'Espagne. Bulletin de la Société géologique de France, 2, 10 : 61-147.
- Verneuil, E. de et Keyserling, A. de. 1861. Coupes du versant méridional des Pyrénées. Bulletin de la Société géologique de France, 2, 18 : 341-357.
- Vidal, L. M. 1878. Nota acerca del sistema Cretáceo de los Pirineos de Cataluña. Cámidos y Rudistos. Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España, 4 : 257-672.